



Innowacyjne metody w inżynierii produkcji

redakcja

Jerzy Lipski

Antoni Świć

Agnieszka Bojanowska



MONOGRAFIE

Innowacyjne metody w inżynierii produkcji

Monografie – Politechnika Lubelska



Politechnika Lubelska
Wydział Zarządzania
ul. Nadbystrzycka 38
20-618 Lublin

Innowacyjne metody w inżynierii produkcji

redakcja
Jerzy Lipski
Antoni Świć
Agnieszka Bojanowska



Politechnika Lubelska
Lublin 2014

Recenzent:

prof. dr hab. inż. Krzysztof Santarek, Politechnika Warszawska

Fotografia na okładce: Arkadiusz Gola

Skład i redakcja techniczna: Tomasz Piech

Publikacja wydana za zgodą Rektora Politechniki Lubelskiej

© Copyright by Politechnika Lubelska 2014

ISBN: 978-83-7947-039-6

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

Wstęp.....	7
<i>Jerzy Lipski, Jakub Pizoń</i> Sztuczna inteligencja w inżynierii produkcji.....	11
<i>Tomasz Cieplak, Piotr Dudek, Mirosław Malec</i> Zastosowania maszyn uczących się w modelu chmury obliczeniowej.....	25
<i>Marek Błaszczak, Piotr Dąbrowski</i> Koncepcja systemu doradczego interpretującego kody błędów sterowania silnikiem samochodowym.....	38
<i>Dawid Skrzypczyński, Jerzy Stamirowski, Arkadiusz Gola</i> Algorytm doboru robotów dla podsystemu transportu i manipulacji w zautomatyzowanych elastycznych systemach wytwarzania	50
<i>Monika Kulisz, Jerzy Lipski</i> Modelowanie zjawisk nieliniowych w procesie frezowania	64
<i>Agnieszka Skoczyła, Kazimierz Zaleski, Sebastian Ślisz</i> Wpływ grubości płyt stalowych przecinanych laserem na wybrane właściwości warstwy wierzchniej wycinanych elementów.....	78
<i>Piotr Penkała</i> The influence of current MMA welding on the mechanical properties of welded joints	89
<i>Grzegorz Kłosowski</i> Modelowanie dyskretnego systemu produkcyjnego wg metody Kanban	101
<i>Agnieszka Bojanowska</i> CRM na rynku gier wideo	120
<i>Joanna Wyrwisz</i> Wykorzystanie narzędzi marketingu online do budowania interakcji z klientami.....	132
<i>Kazimierz Szatkowski</i> Szacowanie kosztów technicznego przygotowania produkcji.....	143
<i>Katarzyna Czop</i> Koszty logistyki – wybrane aspekty ewidencyjne i zarządcze	154
<i>Jolanta Słonieć</i> Study of applicability of using the project management methodology PRINCE2 in the management of a specific project.....	167
<i>Jacek Dziwulski, Wiesław Harasim</i> The impact of cultural behavior management organizations.....	180

Wstęp

Inżynieria produkcji zaistniała dość niedawno jako dyscyplina nauki, jednak wielu naukowców prowadziło już znacznie wcześniej badania w tym obszarze. Jest to obszar bardzo rozległy bo obejmuje, między innymi, zasady projektowania wyrobów i procesów, jak również podstawy sterowania, eksploatacji, organizacji oraz zarządzania procesami wytwarzania. Wyniki tych badań były publikowane i wykorzystywane w bardzo różnych obszarach działalności inżynierów zajmujących się zawodowo przygotowaniem produkcji, wytwarzaniem z użyciem bardzo różnych technologii, procesami pomocniczymi i logistycznymi oraz zarządzaniem. Prace badawcze mające na celu aplikację najnowszych osiągnięć w tym obszarze były i są prowadzone w kilku jednostkach Politechniki Lubelskiej. Monografia powstała w celu zaprezentowania wybranych osiągnięć pracowników naukowo-dydaktycznych w szeroko rozumianej tematyce Inżynierii Produkcji. Dobór tematów był podyktowany obszarem badań reprezentowanym przez Instytut Technologicznych Systemów Informacyjnych, Katedrę Organizacji Produkcji, Katedrę Podstaw Inżynierii Produkcji, i Katedrę Marketingu. Uważamy, że równie ważnym zadaniem tej monografii, poza popularyzacją dorobku naukowego autorów i środowiska Politechniki Lubelskiej, jest opracowanie publikacji, w której mogliby studenci wyższych lat studiów i doktoranci zapoznać się z kierunkami rozwoju tej młodej dyscypliny nauki.

Zawartość monografii składa się z trzech spójnych tematycznie części: sztuczna inteligencja i jej zastosowania, organizacja i zarządzanie oraz techniki wytwarzania.

Pierwszy rozdział wprowadza czytelnika w tematykę wykorzystania metod sztucznej inteligencji w Inżynierii Produkcji. Opisano szereg zastosowań takich metod jak sieci neuronowe, algorytmy genetyczne oraz systemy ekspertowe do optymalizacji i wspomagania zadań sterowania produkcją.

W rozdziale drugim „Zastosowania maszyn uczących się w modelu chmury obliczeniowej” autorzy nawiązują również do tematyki sztucznej inteligencji. W rozdziale tym dokonano omówienia podstawowych aspektów związanych z analizą danych oraz z wykorzystaniem algorytmów maszyn uczących się, działających jako usługi chmury obliczeniowej.

W rozdziale trzecim „Koncepcja systemu doradczego interpretującego kody błędów sterowania silnikiem samochodowym” przedstawiono koncepcję praktycznego zastosowania systemu ekspertowego w diagnostyce silnika samochodowego. Zaproponowano model systemu ekspertowego interpretującego kody błędów komputerowych systemów pokładowych sterowania silnikiem samochodowym a także opisano opracowany program interpretujący błędy układu zasilania, wspomagający proces diagnozy usterki oraz naprawę uszkodzonego elementu.

Rozdział czwarty „Algorytm doboru robotów dla podsystemu transportu i manipulacji w zautomatyzowanych elastycznych systemach wytwarzania” dotyczy zagadnień projektowania zautomatyzowanych systemów produkcyjnych o sparametryzowanym poziomie elastyczności a w szczególności doboru robotów w zautomatyzowanych systemach wytwarzania.

Rozdział piąty został zatytułowany „Modelowanie zjawisk nieliniowych w procesie frezowania”. Opisano w nim sposób modelowania zjawisk nieliniowych występujących w procesie frezowania. Model zawiera trzy funkcjonalne moduły: obliczenia szerokości wióra, generowania siły skrawania oraz dynamiki oddziaływania narzędzia i przedmiotu obrabianego. Model zrealizowany został w środowisku Simulink. Uzupełnieniem części teoretycznej jest prezentacja wyników eksperymentów symulacyjnych z wykorzystaniem opracowanego modelu.

Rozdział szósty porusza problemy powstające podczas projektowania technologii cięcia laserem. Jest on zatytułowany ”Wpływ grubości płyt stalowych przecinanych laserem na wybrane właściwości warstwy wierzchniej wycinanych elementów” zawiera wyniki badań chropowatości powierzchni oraz mikrotwardości warstwy wierzchniej stali S235JR po cięciu laserem.

Rozdział siódmy dotyczy technologii procesów spawalniczych. Ten rozdział nosi tytuł “The influence of current MMA welding on the mechanical properties of welded joints”. Zawiera omówienie wyników badań własnych wytrzymałościowych złączy spawanych elektrodami otulonymi.

W rozdziale ósmym czytelnik zapozna się z ”Modelowaniem dyskretnego systemu produkcyjnego wg metody Kanban” zawiera on opis modelu symulacyjnego ssącego systemu sterowania produkcją. Model symulacyjny zrealizowano w programie Matlab. Opracowany model symulacyjny wykorzystano do rozwiązywania praktycznego problemu, uzyskując zadowalające wyniki.

Rozdział dziewiąty pt.”CRM na rynku gier wideo” dotyczy budowania relacji z klientami na rynku gier video z wykorzystaniem systemów Customer Relationship Management. Autorka rozdziału scharakteryzowała rynek gier wideo wraz z jego produktami, dokonała charakterystyki klienta na rynku tych produktów oraz wskazała na możliwe do zastosowania narzędzia i techniki CRM.

Rozdział dziesiąty został poświęcony zagadnieniom „Wykorzystania narzędzi marketingu online do budowania interakcji z klientami”. Przedstawiono możliwości komunikacji marketingowej *online* z wykorzystaniem blogów, jako instrumen-

tów umożliwiających skuteczną interakcję z klientami. W rozdziale zamieszczono charakterystykę blogów jako ważnych narzędzi internetowych, ułatwiających tworzenie więzi i proaktywnych, czy nawet partnerskich relacji z klientami.

Jak ważny jest rachunek kosztów technicznego przygotowania produkcji i jak prawidłowo przeprowadzić ich obliczenia, może czytelnik poznać w rozdziale jedenastym zatytułowanym „Szacowanie kosztów technicznego przygotowania produkcji”. Rozdział poświęcony został nowym metodom wyznaczania kosztów technicznego przygotowania produkcji, w tym zwłaszcza kosztów pośrednich.

Koszty są również tematem rozdziału dwunastego pt. „Koszty logistyki – wybrane aspekty ewidencyjne i zarządcze”, tym razem kosztów logistyki. Przedstawiono definicje kosztów logistyki, ich klasyfikację oraz omówiono wybrane problemy związane z identyfikacją i ewidencją kosztów logistyki. Wskazano także na możliwości zastosowania decyzyjnych rachunków kosztów w obszarze logistyki.

W rozdziale trzynastym pt. „Study of applicability of using the project management methodology PRINCE2 in the management of a specific project” autorka przedstawia interesujące wyniki badań możliwości i efektów zastosowania metody PRINCE2 zarządzania projektami na przykładzie specyficznego przedsięwzięcia. Zamieszczony przykład (studium przypadku) wykazał możliwość istotnej poprawy efektywności przedsięwzięcia, w tym zmniejszenia jego kosztów.

Ostatni czternasty rozdział jest zatytułowany „The impact of cultural behavior management organizations” został poświęcony wybranym aspektom i podejściom do kultury organizacyjnej w zarządzaniu. Podjęto w nim również próbę oceny kultury organizacyjnej w organizacjach przyszłości.

Zamieszczone w monografii opisy metod projektowych, badań technologii wytwarzania, metod analizy i optymalizacji kosztów a także zasad zarządzania i marketingu wyrobu łączy wspólny cel. Celem tym jest opracowanie konstrukcyjne i technologiczne wyrobów przy zoptymalizowanych kosztach wytwarzania.

Obecna monografia jest już drugim opracowaniem zawierającym wyniki i kierunki badań w obszarze „Inżynierii Produkcji”. Pierwsza ukazała się w 2012 roku: Lipski J., Świć A., Bojanowska A. [Red.]: ***New methods in industrial engineering and production management*** – Lublin: Politechnika Lubelska, 2012. Naszym zamiarem jest kontynuacja wydawania monografii o tej tematyce co dwa lata. Pozwoli to na pewne podsumowanie osiągnięć naukowych Politechniki Lubelskiej w obszarze Inżynierii Produkcji i ukierunkuje dalsze badania.

Zespół redaktorów monografii kieruje szczególne wyrazy podziękowania do prof. dr hab. inż. Krzysztofa Santarka za wnikliwą recenzję i zawarte w niej cenne uwagi. Pozwoliły one na lepszą organizację treści i poprawiły jakość publikacji.

Redaktorzy monografii Jerzy Lipski
 Antoni Świć
 Agnieszka Bojanowska

Jerzy Lipski¹, Jakub Pizoń²

Sztuczna inteligencja w inżynierii produkcji

Słowa kluczowe: sieci neuronowe, algorytmy genetyczne, systemy eksperckie, Inżynieria Produkcji

Streszczenie

W artykule przeanalizowano możliwości aplikacyjne metod sztucznej inteligencji do rozwiązywania problemów z obszaru Inżynierii Produkcji. Wymieniono i scharakteryzowano kluczowe obszary zastosowania tych metod, dla których publikowane są w literaturze światowej efekty techniczne i ekonomiczne. Zaproponowano także nowe potencjalne obszary zastosowań.

1. Wprowadzenie

Inżynieria produkcji, jako nauka zajmująca się złożonymi interdyscyplinarnymi problemami związanymi z zagadnieniami planowania, projektowania, implementowania, zarządzania i zabezpieczenia systemów produkcyjnych, oraz systemów logistycznych, wymaga stosowania zaawansowanych metod. Metody te muszą zapewniać zarządzanie dużymi zbiorami danych zarówno w zakresie pozyskania, skutecznego gromadzenia, przechowywania jak i generowania poprawnych decyzji w zakresie pojawiających się problemów.

Skuteczne rozwiązania z zakresu inżynierii produkcji muszą uwzględniać wiedzę z obszaru nauk technicznych, ekonomicznych, humanistycznych i społecznych, a także wiedzę informatyczną zarządzania.

Niemniej jednak, kluczowym elementem, w którym inżynieria produkcji różni się od pozostałych dyscyplin technicznych jest szczególna orientacja na czynnik ludzki. Dzieje się tak dlatego, że najlepiej zorganizowane systemy wytwórcze działają na drodze ciągłego doskonalenia środowiska pracy, w którym zaangażowanie pracownika ma niejednokrotnie największy wpływ na wydajność, koszty i jakość pracy. Z kolei, innowacyjność i kreatywność pracowników stanowi ogromny zasób dla

¹ Dr hab. inż. Jerzy Lipski – Katedra Organizacji Przedsiębiorstwa Politechnika Lubelska

² Mgr inż. Jakub Pizoń – doktorant Studiów Doktoranckich Wýdz. Mechanicznego P. L.

dalszego rozwoju systemu produkcji. Dlatego też, odpowiednio wykształcona kadra oraz zasoby sprzętowo finansowe są niezbędne dla realizacji kluczowych zadań inżynierii produkcji. Zadania te to zwiększenie wydajności produkcji przy zachowaniu, ekonomicznie uzasadnionej, jakości oraz jednoczesnym obniżeniu kosztów.

W celu realizacji tych zadań niezbędne jest zaangażowanie kompetentnej kadry inżynierskiej, zdolnej tworzyć zespoły dysponujące odpowiednim potencjałem wiedzy eksperckiej, dla rozwiązywania złożonych problemów w czasie odpowiadającym potrzebom wymagającego rynku konsumenckiego.

Niestety, nie zawsze jest możliwe utworzenie takiego zespołu pracowników, ze względu na brak środków w przypadku małych firm, czy też braku odpowiednich specjalistów na rynku pracy. Dlatego, niezbędne jest tworzenie narzędzi informatycznych pomagających sprostać coraz to nowym wyzwaniom w pracy inżyniera. Narzędzia te mogą mieć formę konfigurowalnych systemów aplikujących czasami złożone metody matematyczne trudne do zastosowania w warunkach przemysłowych bez wsparcia informatycznego.

Jednym z takich narzędzi są metody sztucznej inteligencji w postaci algorytmów, których efekty działania posiadają pewne znamiona inteligencji ludzkiej. Z wykorzystaniem tych algorytmów budowane są aplikacje wspomagające pracę inżynierów w wielu obszarach. Zanim jednak takie programy powstaną niezbędne jest przeprowadzenie badań naukowych dających odpowiedź na pytanie, jakiego rodzaju narzędzia sztucznej inteligencji należy zastosować w poszczególnych obszarach aplikacyjnych.

Celem artykułu jest próba holistycznego spojrzenia, na zagadnienie aplikacji metod sztucznej inteligencji do rozwiązywania problemów w inżynierii produkcji. W części pierwszej przedstawiono zarys tetryczny stosowanych metod. Natomiast w drugiej części zaprezentowano zastosowania wymienionych metod dla rozwiązań problemów specyficznych dla tej dziedziny nauki.

2. Zadania inżynierii produkcji

Współczesny świat charakteryzuje duże tempo zmian, które dokonywane są, nieustannie w wielu różnych obszarach. Jednym z czynników intensyfikujących ten proces są technologie wytwarzania, które stanowią katalizator dla kolejnych przemian i rozwoju w zakresie tworzenia urządzeń produkcyjnych jak i produktów konsumenckich powszechnego użytku. Innowacyjne technologie generują ciągłe zmiany. Codziennie pojawiają się nowe modele telefonów komórkowych, telewizorów, samochodów także maszyn technologicznych służących do ich wytwarzania. Odkrywane są nowe metody produkcji, tańsze i wytrzymalsze materiały, które otwierają perspektywy dla innowacji rewolucjonizujących sposoby i techniki wytwarzania.

Drugim czynnikiem wpływającym na tempo otaczających zmian są zjawiska społeczne w postaci narastającego konsumpcjonizmu dóbr, napędzanego przez rozwój Internetu i postępującą globalizację. Dzięki, której rozprzestrzeniają się zarówno trendy jak i kreowane są globalne mody w zakresie muzyki, ubioru oraz sposobu bycia.

Konsumenci są świadomi procesu starzenia się produktów i strategii marketingowych, w związku z innowacjami technologicznymi jak i najnowszymi modami, wymagają by użytkowane produkty charakteryzowała relatywnie dostępna cena jak i wysoka, jakość.

Internet, jako globalna sieć komputerowa umożliwia szybki dostęp do wiedzy na temat produktów i usług jak również pozwala na konsultacje w zakresie najnowszych technologii. Dzięki czemu, konsumenci zdobywają odpowiednie informacje na temat walorów danego produktu, które pozwalają im łatwo ocenić, a w konsekwencji podjąć decyzję zakupową o wyborze odpowiedniego dobra dostarczanego przez preferowanego producenta.

Dodatkowo, proces globalizacji potęgowany jest przez koncentrację kapitału w rękach międzynarodowych korporacji. Korporacje te preferują sprzedaż dużych wolumenów produktów w obszarze danego regionu czy też całego świata. Co więcej, globalizacja wiąże się ze wzmożoną konkurencją, która może zagrozić krajowym producentom, którzy jeżeli nie będą dostatecznie szybko dostosowywać się do rynku nie będą w stanie konkurować z globalnymi graczami [5].

W wyniku powyższych zjawisk, rynek wymaga produkowania coraz to nowych wyrobów, wykorzystujących najnowsze nowinki technologiczne, dostarczonych w krótkim czasie, tworzonych z dobrych materiałów, a także konstruowanych zgodnie z poszanowaniem odpowiednich norm ochrony środowiska.

Szereg, tak stawianych, warunków brzegowych wymaga od inżynierów produkcji, wiedzy, umiejętności i dużej efektywności projektowanych procesów.

Dlatego też, potrzebne są narzędzia, które będą mogły wspomagać inżynierów konstruktorów i technologów w ich zadaniach. Takie właśnie narzędzia powstają w oparciu o metody sztucznej inteligencji.

3. Sztuczna inteligencja

Pojęcie sztucznej inteligencji powstało w połowie XX wieku. Natomiast dopiero na początku XXI wieku wyniki badań z zakresu sztucznej inteligencji znalazły powszechne zastosowanie w urządzeniach automatyki przemysłowej, w systemach doradczych budowanych na potrzeby medycyny, wojska czy zarządzania finansami. Stosowane są też na szeroką skalę w algorytmach gier komputerowych. [3]

Literatura przedstawia różnorodne definicje sztucznej inteligencji:

- Sztuczna inteligencja jest nauką o maszynach realizujących zadania, które wymagają inteligencji, gdy są wykonywane przez człowieka,

- Sztuczna inteligencja stanowi dziedzinę informatyki dotyczącą metod i technik wnioskowania symbolicznego przez komputer oraz symbolicznej reprezentacji wiedzy stosowanej podczas takiego wnioskowania,
- Sztuczna inteligencja obejmuje rozwiązywanie problemów sposobami wzorowanymi na naturalnych działaniach i procesach poznawczych człowieka za pomocą symulujących je programów komputerowych [9],

Innymi słowy, należy przyjąć, że sztuczna inteligencja to, dział informatyki zajmujący się konstruowaniem maszyn i algorytmów, których działanie posiada znamiona inteligencji. Rozumie się przez to zdolność do samorzutnego przystosowywania się do zmiennych warunków, podejmowania skomplikowanych decyzji, uczenia się, rozumowania jakiegoś tekstu abstrakcyjnego itp.

Przedmiotem badań sztucznej inteligencji jest szukanie i określanie reguł rządzących inteligentnymi zachowaniami człowieka i wykorzystanie ich w algorytmach i programach komputerowych potrafiących te zasady wykorzystać [8].

Stąd w sensie teoretycznym sztuczna inteligencja podobnie jak inżynieria produkcji jest zagadnieniem interdyscyplinarnym i łączy w sobie zagadnienia informatyki, psychologii, matematyki, elektroniki, neurofizjologii, filozofii, bioniki. Natomiast w aspekcie technicznym sztuczna inteligencja przyjmuje postać komputerowych baz wiedzy i faktów, inteligentnych czujników, urządzeń rozpoznawania i syntezy mowy oraz zobrazowania graficznego. Także systemy komputerowe, są zdolne, w pewnym stopniu, odtwarzać cechy inteligencji naturalnej [2].

Przykładem rozwiązań sztucznej inteligencji są, już powszechnie stosowane, programy do rozpoznawania tekstów, obrazów, dźwięków, translatory, dowodzenie twierdzeń z logiki i matematyki, uczenie maszyn i gry symulacyjne.

Należy nadmienić, że wszystkie sztuczne systemy działają w sposób mniej bądź bardziej poprawny, naśladując procesy zachodzące w naturze. Niemniej jednak, ich obserwowana ułomność wynika zarówno z niekompletnej wiedzy o rzeczywistych mechanizmach, jak i problemach technicznej reprezentacji środków realizacji określonych procesów. [2]. Dlatego też, tworzenie takich systemów wymaga zaangażowania odpowiednich środków finansowych oraz angażuje pracę specjalistów inżynierii wiedzy. Dodatkowo, wykorzystanie systemu sztucznej inteligencji wymaga budowy i ciągłego uaktualniania zasobów danych. Wiąże się to z opracowaniem systematycznych metod pozyskiwania wiedzy takich jak: kwestionariusze w przypadku ekspertów, czy też odpowiednich schematów danych dziedzinowych dla systemów komputerowych monitorujących procesy. Konieczne jest także zapewnienie odpowiedniej dostępności zgromadzonych danych, oraz spełnienia dodatkowych warunków związanych ze specyfiką wybranej metody sztucznej inteligencji i badanego zagadnienia.

Niestety, nawet spełnienie tych warunków nie zawsze gwarantuje powstanie wymiennie skutecznego systemu zdolnego do rozwiązania zaobserwowanych problemów. Niemniej jednak, pomimo pojawiających się trudności, metody sztucznej inteligencji takie jak:

- systemy eksperckie (ang. expert systems) składające się z bazy wiedzy oraz zbioru reguł przyczynowo skutkowych;
- sieci neuronowe (ang. neural networks), które w zarówno w budowie i „uczeniu się” naśladują funkcjonowanie środowiska biologicznych neuronów;
- algorytmy genetyczne (ang. genetic algorithms) mające za zadanie poszukiwanie najlepszych rozwiązań oraz umożliwiające ciągłe doskonalenie i rozwój poprzez coraz lepsze dostosowanie do warunków [2];
- sieci semantyczne (ang. semantic web) przechowujące wiedzę w strukturze obiektów i powiązaniach między ich cechami, pozwalające na porównywanie odpowiadających sobie cech, dzięki zastosowaniu elementów logiki rozmytej [4];

znajdują zastosowanie w ramach rozwiązań stosowanych w inżynierii produkcji.

Dzieje się to przede wszystkim, dlatego, że w dobie powszechnej informatyzacji, rozwoju systemów samouczących się (np. Google Prediction), wzrostu mocy obliczeniowej komputerów i rozwoju technologii baz danych, aplikacja tych metod staje się bardziej dostępna dla inżynierów i firm komercyjnych.

4. Metody sztucznej inteligencji w inżynierii produkcji

Stosowanie metod sztucznej inteligencji w inżynierii produkcji wymaga precyzyjnego zdefiniowania problemów z tej dziedziny nauki, a także doboru właściwych do ich rozwiązywania metod sztucznej inteligencji. Jak pokazują liczne przykłady, stosowanie tych metod w praktyce przemysłowej daje pozytywne rezultaty zarówno w sensie technicznym jak i ekonomicznym. Poniżej zaprezentowano podstawowe idee wybranych metod w ujęciu problematyki inżynierii produkcji.

4.1. Systemy eksperckie

Jednym z istotnych zadań systemu eksperckiego w inżynierii produkcji jest analiza i opracowanie procesu przygotowania produkcji wybranych elementów maszyn. W wyniku analizy można otrzymać odpowiedź na pytanie, jakie problemy decyzyjne mają być rozwiązane, oraz w jaki sposób ma być wygenerowane rozwiązanie będące odpowiedzią systemu. W celu określenia perspektyw zastosowania systemów ekspertowych należy analizować zadania przygotowania produkcji w zakresie opisu konstrukcji wybranych elementów maszyn, charakterystyki technologicznej systemów wytwarzania, związków między konstrukcją danego elementu a strukturą procesu technologicznego oraz możliwości opracowania alternatywnych nowych rozwiązań konstrukcyjnych. W celu wypełnienia bazy

wiedzy należy przeprowadzić konsultacje z ekspertami pracującymi w danym zakładzie, gdyż oni dysponują szczegółową wiedzą o uwarunkowaniach i zasobach produkcyjnych. Dodatkowo analizie powinna zostać poddana dokumentacja konstrukcyjno – techniczna wybranych standardowych elementów maszyn i wiedza z tych analiz powinna zostać zapisana w bazie wiedzy.

Systemy ekspertowe mogą zostać zastosowane nie tylko do przygotowania konstrukcyjnego i technologicznego produkcji, ale i zarządzania produkcją obszaru działań prognozowania zbytu, planowania zapotrzebowania na materiały, tworzenia harmonogramu produkcji i podobnych zadań.

Tym, co jest charakterystyczne dla systemów eksperckich jest oddzielenie bazy wiedzy od logiki rozumowania na podstawie zgromadzonej wiedzy. Logika rozumowania ma postać zbioru reguł w systematycznej postaci pozwalającej na logiczną weryfikację kolejnych warunków.

Tak zbudowany system jest w stanie, w trybie dialogowym, wygenerować poprawne odpowiedzi poszukiwane przez użytkownika. Odpowiedzi te dotyczą, między innymi, z jakich metod i z jakimi parametrami skorzystać w produkcji dla uzyskania pożądanego parametru wyrobu. Dzięki temu, osoba projektująca proces może przygotować kilka możliwych do realizacji wariantów technologii dla przedmiotu analizy.

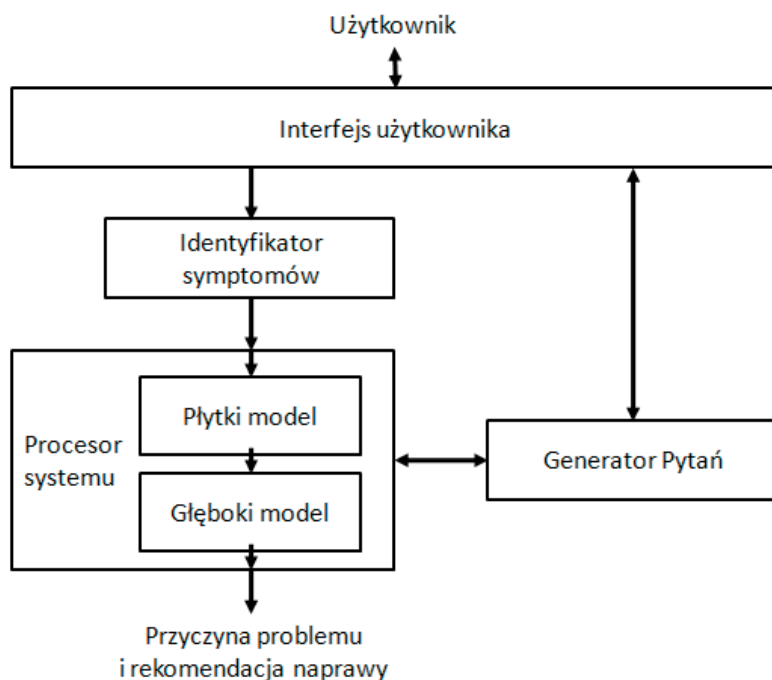
4.1.1. Przykłady zastosowań

Dziedziny techniczne bazujące na ogromnych zbiorach danych wymagają by odpowiednia wiedza w zakresie projektowania procesów i ich parametrów była łatwo dostępna i jawna. Systemy eksperckie tworzone zgodnie z zasadami inżynierii wiedzy idealnie spełniają powyższe kryteria. Dlatego też, systemy te charakteryzuje wysoka aplikacyjność w tym obszarze zastosowań. Znajdują one szerokie zastosowanie w optymalizacji wielu procesów produkcyjnych.

Jednym z przykładów zastosowań systemu eksperckiego jest proces diagnostyki maszyn obrabiarek sterowanych numerycznie. Problem diagnostyki, maszyn technologicznych sterowanych numerycznie, stanowi bardzo ważne zagadnienie dla zapewnienia, jakości procesów produkcyjnych. Przede wszystkim wymaga zgromadzenia wiedzy i doświadczenia na poziomie trudnym do osiągnięcia dla inżynierów niespecjalistów w tej dziedzinie. Rozwiązaniem tego problemu jest skonstruowany system ekspertowy wypełniony specjalistyczną wiedzą [4]. Zaprojektowany system to hybryda pomiędzy modelem głębokim systemu i modelem płytkim.

Płytki model reprezentuje heurystyczną metodę, która przybliża identyfikację miejsca niesprawności diagnozowanego systemu. Natomiast głęboki model, na podstawie struktury i zachowania maszyny sterowanej numerycznie, oraz zapi-

sanej wiedzy eksperckiej, postępując według strategii głębokiego rozumowania lokalizuje dokładnie usterkę. Hybrydowe połączenie tych dwóch modeli zapewnia dużą precyzję systemu diagnostycznego. Na podstawie zgromadzonej wiedzy został zaprojektowany prototypowy system diagnostyczny w bazie wiedzy, którego utworzono tylko 500 zasad wnioskowania. W ten sposób dzięki hybrydyzacji systemu osiągnięto zmniejszenie bazy danych oraz usprawnienie procesu diagnostyki. System był realizowany w Asia Institute of Technology w Bangkoku w Tajlandii [1]. Schemat systemu wnioskowania przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat systemu wnioskowania o przyczynie niesprawności maszyny technologicznej[1]

Innym przykładem zastosowania systemu sztucznej inteligencji w inżynierii produkcji jest system ekspercki zbudowany w celu dokonywania wyboru systemu produkcyjnego dla skonstruowanych elementów maszyn.

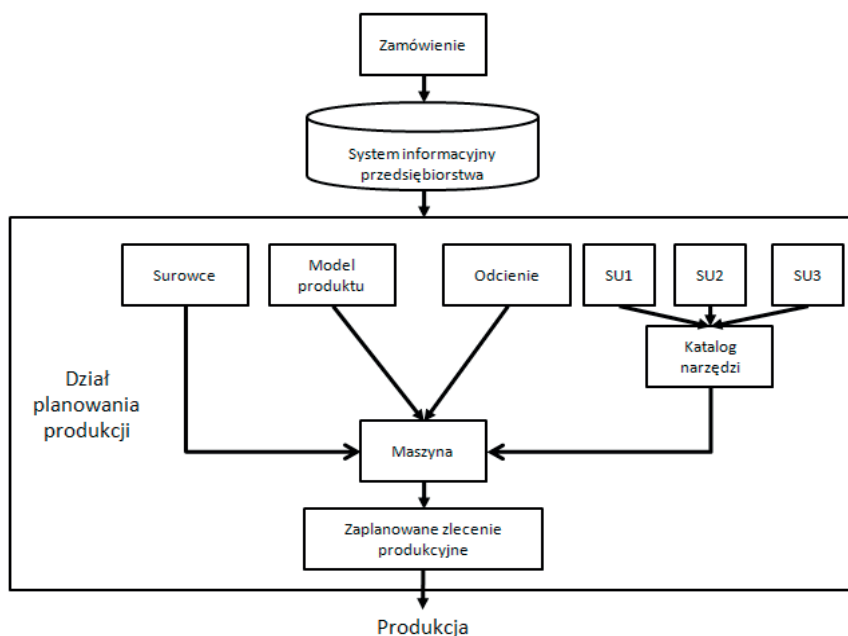
Proponowany system jest oparty na wiedzy i integruje geometryczny model części oraz bazę metod wytwarzania, a także system bazy wiedzy o aplikacyjności poszczególnych metod oraz generuje kod technologii. Nowo dodany model jest klasyfikowany za pomocą porównania do zgromadzonych już w bazie modeli.

W momencie dopasowania nowego modelu do zgromadzonych, generowany jest szablon procesu produkcji dla danego modelu. Przy czym model zostaje sklasyfikowany i zapisany stanowiąc bazę dla kolejnych modeli.

Zbudowany system posiada możliwość integracji z systemami CAD/CAM. Implementacja systemu pozwoliła na uzyskanie konkretnych korzyści w postaci usprawnień procesu przygotowania produkcji takich jak:

- samoorganizacja projektowania i produkcji części zakwalifikowanych do rodzin modeli geometrycznych,
- wyświetlanie modelu geometrycznego w programie CAD w trakcie konsultacji,
- poprawa interfejsu użytkownika,
- automatyzacja procesu przydzielania części lub modelu do rodziny modeli.

Współczesne systemy eksperckie, na ogół, spełniają funkcję doradczą w zakresie gromadzenia i zarządzania wiedzą. Stanowią niezbędne uzupełnienie systemów opartych na innych metodach sztucznej inteligencji. Przykładem takiego rozwiązania jest system generowania zleceń produkcyjnych pochodzących z różnych źródeł rys.2, opracowany przy pomocy systemu eksperckiego i sieci neuronowej. Celem tego systemu jest poprawa planowania produkcji w zakresie budowy harmonogramu zleceń produkcyjnych.



Rys. 2. Schemat ilustrujący proces zamówienia [7]

Ze względu na fakt, że stosowane dotychczas konwencjonalne systemy informatyczne wspomagające planowanie produkcji nie implementowały inteligentnych technik adaptacyjnych, nie były zdolne do rozwiązywania problemów NP trudnych. Jednak tego typu problemy leżą u podstaw generowania zleceń produkcyjnych wykorzystujących dysponowane zdolności produkcyjne stanowisk roboczych.

Dla rozwiązania tego problemu, zaproponowano inteligentny wieloźródłowy system zakładający koordynację dwóch różnych metod naśladujących inteligencję tj. systemu eksperckiego i sieci neuronowej. W systemie tym sieć neuronowa ma za zadanie identyfikować odpowiednią maszynę, która spełnia wymagane warunki, a system ekspercki ma zaproponować odpowiednie oprzyrządowanie. Stworzony system składa się z koordynatora, obserwatora i systemu harmonogramowania. Koordynator ma za zadanie kontrolować przepływ informacji między źródłami, natomiast obserwator stale monitoruje wewnętrzny system informacyjny przedsiębiorstwa. W wyniku, czego system harmonogramowania odpowiednio programuje realizację zlecenia zapewniając możliwie duże, w danych warunkach, wykorzystanie zasobów.

Zaimplementowany system całkowicie automatyzuje proces tworzenia zleceń i znacząco usprawnia realizację procesu głównego [7].

4.2. Sieci neuronowe

Sieci neuronowe charakteryzuje rozwój w dwóch kluczowych kierunkach. Pierwszym z nich jest rozwój ukierunkowany na budowę modeli symulacyjnych w postaci aplikacji komputerowych bez fizycznej realizacji sprzętowej. Z drugiej strony, buduje się także systemy wykorzystujące modele neuronowe do sterowania fizycznymi obiektami technicznymi przy użyciu sprzętu komputerowego i układów hybrydowych dopasowująco-sterujących. Takie rozwiązanie ma w większości zastosowanie w układach sterowania w czasie rzeczywistym, gdzie zdolność do równoległego przetwarzania, charakterystyczna dla sieci neuronowych, jest najlepiej spożytkowana.

Typowym obszarem dla zastosowań sieci neuronowych jest przede wszystkim całokształt zagadnień związanych z rozpoznawaniem obrazów. Sieci pozwalają na klasyfikację, grupowanie i przetwarzania obrazu. W tym zakresie zastosowań można zaobserwować w literaturze następujące szczegółowe zadania, dla rozwiązania, których z powodzeniem mogą być wykorzystane sieci neuronowe:

- **autoasocjacja**, polegająca na rekonstrukcji zamazanego bądź zafałszowanego obrazu na podstawie zbioru wzorców;
- **heteroasocjacja**, czyli zadanie polegające na powiązaniu obrazów wejściowych z obrazami wygenerowanymi, jako wyjściowe;

- **klasyfikacja**, to zadanie polegające na przypisywaniu obrazów wejściowych do odpowiednich zbiorów zdefiniowanych, jako klasy. Klasy zostały wygenerowane w oparciu o wzorce uzyskane ze zgromadzonych danych.
- **detekcja regularności**, odpowiada na pytanie, jakie pojawiają się istotne cechy obrazów wejściowych. Po czym grupuje zidentyfikowane własności według podobieństwa bez wcześniejszej znajomości wzorców opisujących klasy.

4.2.1. Przykłady zastosowań

W inżynierii produkcji sieci neuronowe mogą służyć, między innymi, do rozwiązywania takich problemów jak, grupowanie postaci konstrukcyjnych elementów maszyn. Rozpoznanie, z zastosowaniem sieci neuronowej, pozwala znaleźć podobne elementy w danych modelach geometrycznych i dzięki temu wykorzystać już opracowane procesy projektowo–konstrukcyjne dla podobnych elementów. Pozwala to zmniejszyć koszty tworzenia kolejnych procesów. Dodatkowo poprzez zastosowanie sieci neuronowych do porównań elementów, uzyskiwana jest wiedza potrzebna do ich grupowania, a przez to następuje usprawnienie procesu konstrukcyjnego wyrobów w technologii grupowej opisu części maszyn.

Sieci neuronowe znalazły także zastosowania do rozwiązania problemu opracowania harmonogramu stanowisk roboczych. Problemu, który uważany jest za szczególnie trudne zagadnienie optymalizacji kombinatorycznej. Przede wszystkim ze względu na to, że dotyczy niepewności spowodowanych przez zewnętrzny wpływ uwarunkowań biznesowych produkcji oraz zmienność wewnętrznych parametrów produkcji. Dlatego też, system oparty o sieć neuronową pozwala na symulację jak bardzo zmieni się produkcja w zależności od wprowadzonych zmian.

Jest to szczególnie istotne w sytuacji, gdy należy ustalić koszt zmiany procesu produkcyjnego, ze stosowanego układu na inny, zgodnie z przewidywanym harmonogramem produkcji.

Zaprojektowany system może uwzględniać cztery źródła zakłóceń produkcyjnych w postaci: nieprawidłowego sposobu wykonywania pracy, awarii maszyn technologicznych, problemów z uzyskaniem jakości, oraz czynnika czasu w wykonywaniu poleceń produkcyjnych.

Zaimplementowanie systemu pozwoliło zoptymalizować proces zmian harmonogramowania produkcji, a także otworzyło nowe perspektywy w zakresie badań symulacji zmian harmonogramu produkcji [6].

4.3. Sieci semantyczne

Sieci semantyczne znajdują zastosowanie w obszarze problemów przechowywania wiedzy o strukturze obiektów i powiązań między ich cechami, jak również pozwalają na porównywanie cech przy pomocy implementacji elementów logiki rozmytej.

Pojęcie sieci semantycznej wyewoluowało z pojęcia pamięci semantycznej, która określa sposób zapamiętywania opierający się na asocjacji kolejnych elementów, dzięki czemu po zastosowaniu odpowiedniego rodzaju relacji uzyskujemy związki między poszczególnymi zagadnieniami. Stąd sieci semantyczne postrzega się, jako rozwinięcie zapisu wiedzy w postaci reguł i stwierdzeń, daje to możliwość określenia relacji pomiędzy faktami. Fakt, może stanowić cechę opisywanego elementu. Co więcej, sieci mają możliwość określenia własności obiektów na podstawie obiektów nadrzędnych. Sieć porządkowana jest przez takie rodzaje relacji jak: „mieć właściwość”, „położony”, „czy jest częścią”. Struktura ma możliwość uzupełniania informacji oraz wzbogacenie sieci poprzez wprowadzenie wag, co pozwala na przekazanie bardziej skomplikowanej wiedzy.

4.3.1. Przykłady zastosowań sieci semantycznych w inżynierii produkcji

Wymienione właściwości nadają się idealnie do zapisu wiedzy w inżynierii produkcji, która musi radzić sobie z zarządzaniem ogromnymi ilościami technicznych informacji. Ta metoda pozwala tworzyć zorientowane opisy elementów, jak również dokonywać porównań. Warty podkreślenia zastosowaniem metody sieci semantycznej jest sposób określania kosztów produkcji.

Określenie jasnej relacji poszczególnych elementów procesu produkcji pozwala dokładnie i jednoznacznie przypisywać koszty do jego konkretnych elementów, bądź też określać koszt ogólny na podstawie kosztów jednostkowych. Co jest szczególnie istotne z perspektywy ekonomicznej kalkulacji wymiaru finansowego produkcji [4].

4.4. Algorytmy genetyczne

Algorytmy genetyczne stanowią narzędzie do optymalizacji funkcji celu (nazywanej także funkcją dopasowania), poprzez przeszukiwanie przestrzeni rozwiązań. Może to być dowolna funkcja zapisana w dowolny sposób. Niemniej jednak ważne jest by po podstawieniu wartości możliwe było obliczenie jej wyniku. Wspólnymi cechami algorytmów genetycznych, odróżniającymi je od innych, tradycyjnych metod optymalizacji, są:

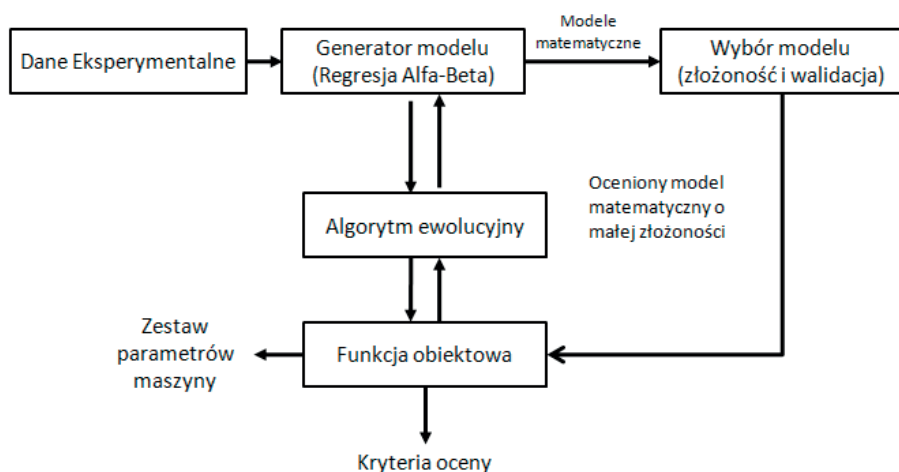
- stosowanie operatorów genetycznych, które dostosowane są do postaci rozwiązań,
- przetwarzanie populacji rozwiązań, prowadzące do równoległego przeszukiwania przestrzeni rozwiązań z różnych punktów przestrzeni stanu, w celu ukierunkowania procesu przeszukiwania wystarczającą informacją jest jakość aktualnych rozwiązań,
- celowe wprowadzenie elementów losowych.

Klasyczne algorytmy genetyczne rozpoczynają przeszukiwanie przestrzeni rozwiązań od wartości umownych wybranych losowo, optymalizując wraz z kolejnym krokiem [9].

4.4.1. Przykłady zastosowań algorytmu genetycznego w inżynierii produkcji

Przykładem zastosowania algorytmu genetycznego może być system doboru odpowiednich parametrów obróbki na podstawie danych doświadczalnych przy wykorzystaniu optymalizowanego modelu regresji alfa – beta optymalizowanej przy pomocy metod statystycznych.

Przy pomocą regresji określa się modele, które następnie przy wykorzystaniu ewolucyjnych obliczeń optymalizuje. Symboliczna regresja alfa – beta została użyta do budowy modeli matematycznych przez oszacowanie dystrybucji algorytmu. System sprawdzono na dwóch procesach obróbki w zakresie kilku rodzaju produkcji. Uzyskane wyniki były satysfakcjonujące, gdyż system generuje zestaw parametrów, które poprawiają proces obróbki [10].



Rys. 3. System ekspercki doboru parametrów procesu obróbki [10]

4.5. Nowe metody sztucznej inteligencji

Rozwój nowoczesnych technologii takich jak big data, chmura obliczeniowa oraz Google Prediction otwiera nowe perspektywy zastosowań metod sztucznej inteligencji w ramach inżynierii produkcji szczególnie w zakresie zarządzania dużymi zbiorami danych, systemów samouczących się i predykcji.

Obecnie, wymienione technologie są szeroko stosowane w obszarach biznesowych, w systemach finansowych, bussines intelligence i innych. Można się spodziewać, że wraz z rozwojem wiedzy zastosowania takich metod pojawiają się również w ramach inżynierii produkcji.

5. Podsumowanie

Metody sztucznej inteligencji, pomimo znacznej złożoności, jako interdyscyplinarne narzędzia, bardzo dobrze wpisują się w zakres problemów badawczych podnoszonych w dziedzinie inżynierii produkcji. Aplikacyjność tych metod pozwala na kreowanie systemów zarówno w zakresie pojedynczych zastosowań jak i ich kombinacji. Ta właściwość metod pozwala budować systemy informatyczne rozwiązujące problemy inżynierii produkcji w stopniu nieosiągalnym dla metod konwencjonalnych.

Wdrażanie nowych metod zarządzania danych w postaci chmur obliczeniowych, zagadnień big data, a także nowoczesnych systemów predykcji wykorzystujących dynamiczne sieci neuronowe stawia przed metodami sztucznej inteligencji nową perspektywę zastosowań. Niemniej jednak za główny kierunek rozwoju należy uznać dalszą automatyzację i autonomizację procesów produkcyjnych. Procesy ten powinny korzystać z nowoczesnych metod sztucznej inteligencji w zastosowaniach do systemów sterowania. Szczególnie w tych aspektach, gdzie istnieje duże ryzyko popełnienia kosztownych błędów oraz w tych miejscach, gdzie występuje zagrożenie dla zdrowia i życia pracowników.

Bibliografia

- [1] Bohez E., Thieravarut M., *Expert system for dianossing computer numerically controlled machines: a case study*, Computeris in Industry 32, 1997, s. 233-248.
- [2] Jagielski J., *Inżynieria Wiedzy*. Zielona Góra, Oficyna wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, 2005.
- [3] Kasperski M., *Sztuczna Inteligencja*, Gliwice, Helion, 2003.
- [4] Knosala R., *Zastosowania metod sztucznej inteligencji w inżynierii produkcji*. Warszawa, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 2002.

- [5] Komitet Inżynierii Produkcji, *Istota inżynierii produkcji*, Warszawa, Komitet Inżynierii Produkcji Polska Akademia Nauk, 2012.
- [6] Li H., *A production rescheduling expert simulation system*, European Journal of Operational Research, 2000, 124, s. 283-293.
- [7] Lopez-Ortega O., Villar-Medina I., *A multi-agent system to construct production orders by employing an expert system and a neural network*, Expert Systems with Applications, 2009, 36, s. 2937–2946.
- [8] Różanowski K., *Sztuczna inteligencja: rozwój, szanse i zagrożenia*. [red.] Sienkiewicz P., Zeszyty Naukowe, Zeszyt 2. Warszawa, Warszawska Wyższa Szkoła Informatyki, 2007, str. 110.
- [9] Rutkowski L., *Metody i techniki sztucznej inteligencji.*, Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2012.
- [10] Torres-Treviño Luis i inni. *An expert system for setting parameters in machining processes.*, Expert Systems with Applications, 2013, 40, s. 6877-6884

Tomasz Cieplak¹, Piotr Dudek², Mirosław Malec³

Zastosowania maszyn uczących się w modelu chmury obliczeniowej

Słowa kluczowe: *chmura obliczeniowa, maszyny uczące się, sztuczna inteligencja, Google Prediction API, usługi internetowe, usługi SaaS*

Streszczenie

Usługi modelu chmury obliczeniowej wykorzystywane są przez użytkowników najczęściej do komunikacji, zarządzania plikami oraz szeroko pojętymi procesami integracji danych. Ilość przechowywanych informacji oraz moc obliczeniowa centrów danych, stanowiących trzon usług chmurowych, pozwala na tworzenie zaawansowanych systemów analizy danych. W artykule podjęto próbę omówienia podstawowych aspektów związanych z analizą danych z wykorzystaniem algorytmów maszyn uczących się, działających jako usługi chmury obliczeniowej.

1. Wprowadzenie

Maszynowe uczenie się nie jest nową dziedziną wiedzy – prace nad tym tematem sięgają lat ‘50 i ‘60 ubiegłego wieku. Jest to dziedzina, która szuka efektywnych sposobów na konstruowanie systemów, które dążą do samodoskonalenia. Maszyny te (zaprogramowane komputery) doskonalą się bez zbytej ingerencji człowieka, poprzez analizę doświadczeń występujących w środowisku, w jakim działają. Co ciekawe, maszynowe uczenie się jest dziedziną bardzo interdyscyplinarną, ponieważ opiera się na dziedzinach takich jak: probabilistyka, teoria sterowania, filozofia, biologia i psychologia. Wraz z rozpowszechnieniem informatyki, od niedawna do tego grona dołączyły również dziedziny: inżynieria oprogramowania, automatyka, statystyka i ekonometria. Tworzenie systemów wymaga rozwiązywania problemów natury teoretycznej i praktycznej. Teoretyczne problemy są związane

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Zarządzania, e-mail: t.cieplak@pollub.pl

² Politechnika Lubelska, Wydział Zarządzania, e-mail: piotr.dudek10@gmail.com

³ Politechnika Lubelska, Wydział Podstaw Techniki, e-mail: m.malec@pollub.pl

z budowaniem abstrakcyjnych modeli systemów uczących się oraz z ich taksonomią. To także klasyfikacja i precyzyjne określenie pojęć determinujących całość dziedziny, jej podmiotowość, cechy, funkcje i wyodrębnienie. Praktyka natomiast koncentruje się na wydajności i skuteczności.

Biorąc pod uwagę pogłębienie się tej dyscypliny, należy ją bardziej traktować jako subdyscyplinę sztucznej inteligencji. Podział ten wynika ze wzrostu zakresu badań interdyscyplinarnych, o których wspomniano wcześniej. Dzięki tak różnorodnemu połączeniu otrzymaliśmy dziedzinę ściśle powiązaną z innymi naukami, przed którą stoi związanych z tym wiele problemów, które muszą zostać rozwiązane, aby możliwy stał się dalszy rozwój.

2. Chmura Obliczeniowa

Chmura obliczeniowa to stosunkowo nowe pojęcie, które obecnie zyskuje na popularności. „Chmura” jest niczym innym jak świadczoną usługą o ściśle określonych cechach. Z technicznego punktu widzenia jest to połączenie dwóch metod przetwarzania danych: Grid i Ulility Computing’u .

- Grid Computing – Model przetwarzania równoległego. Polega na tym, że duża liczba serwerów jest połączona w klastr (ang. grid), co powoduje, że moc obliczeniowa jest sumowana, dzięki czemu powstaje struktura o wysokiej mocy obliczeniowej.
- Utility Computing – Model bazujący na wirtualizacji i agregowaniu zasobów (ang. pools). Całość zasobów informatycznych jest łączona w całość otrzymując „pojemnik” z określoną mocą obliczeniową, przestrzenią, przepustowością łączy. W zależności od potrzeb wyznaczane są maszyny wirtualne o określonych parametrach.

Przetwarzanie dużych ilości danych wymaga wysokiej mocy obliczeniowej. Niewiele firm jest w stanie zbudować i utrzymać własne, profesjonalne centrum danych.

W podstawowej klasyfikacji model chmury obliczeniowej został podzielony na trzy warstwy. Pierwsza, najbliższa platformie sprzętowej, to IaaS. Kolejna warstwa to PaaS (ang. Platform as a Service), w której użytkownik nie ma dostępu do systemu operacyjnego, ale w zamian może wykorzystywać elastyczną, skalowalną strukturę służącą do tworzenia i uruchamiania aplikacji. SaaS (ang. Software as a Service), stanowi trzecią warstwę – aplikacji, które udostępniane są jako usługi dla użytkowników.

Chmura obliczeniowa, jako usługa, wraz z sprzętem i API (ang. Application Programming Interface) jest bardzo dobrym rozwiązaniem dla przetwarzania równoległego dużej ilości danych. Omawiane narzędzie jest poniekąd systemem mainframe, ponieważ w krótkim czasie zwraca wyniki dla dużej ilości danych.

Jednym z przykładowych systemów, które działają w oparciu o omawiana algorytmy, jest usługa związana z gromadzeniem danych, sortowaniem ich, oraz szukaniem tych najważniejszych, które mają określoną i wysoką wartość. System Google Prediction API, który zostanie przedstawiony w dalszej części artykułu, wykorzystuje algorytmy uczenia się, do prognozowania za pomocą metod statystycznych. Algorytmy te mogą być wykorzystywane do zadań jakie wykonuje człowiek, które wymagają inteligencji.[1]

3. Uczenie się maszyn

Codzienne życie wymaga od człowieka „radzenia” sobie z różnymi sytuacjami czy problemami. Wykonując pewne czynności konieczne jest nabycie pewnego zasobu wiedzy, aby te czynności wykonać. Nawet zwierzęta posiadają pewne umiejętności, które pomagają im przetrwać. Umiejętności te, w każdym przypadku zostały nabyte w różnych okolicznościach. Sposób nabycia wiedzy czy umiejętności nazwany został „uczeniem się”.

Proces ten nie jest jednoznacznie sformułowany. Uczenie się można różnie definiować – w najprostszej definicji jest to zmiana, najczęściej pod wpływem otoczenia i innych procesów [2]. Ale wspomnianą zmianą może też być zapominanie. Zmiany, zatem, aby miały charakter pożądany, muszą iść ze sobą w poprzek. Zmiana na lepsze dotyczy efektywności, skuteczności czy też zwiększenia funkcjonalności.

Funkcje jednostki są wyznaczone przez cywilizację, nauczycieli, rolę, pełnioną w społeczeństwie – z kolei maszynom dyktują je użytkownicy i sami twórcy. Pozytywne zmiany w procesie uczenia się mogą być również mieszane, czyli takie, w których pozytywna zmiana wpływa negatywnie na jedną funkcję i jednocześnie ulepsza inną. Może się również zdarzyć, że zmiana może być w całości negatywna, i wtedy nie jest tożsama z uczeniem się systemu. Tym sposobem możemy ocenić jakość systemu, jego poziom rozwoju i niezawodności. System ten, skoro się „uczy”, powinien się zatem rozwijać. Cechą takiego stanu jest autonomiczność, czyli zdolność do samorozwoju bez zewnętrznej pomocy [2]. Aby zachodzące zmiany były korzystne i mogło dojść do procesu uczenia się przez program, potrzebne są czynniki zewnętrzne lub procesy (losowe lub nie), które dadzą miarodajną informację o stanie jego funkcji. Po zaobserwowaniu zmian w czynnikach, funkcje zmieniają się. Taką zmianę można nazwać uczeniem się, gdyż wynika ona z doświadczenia.

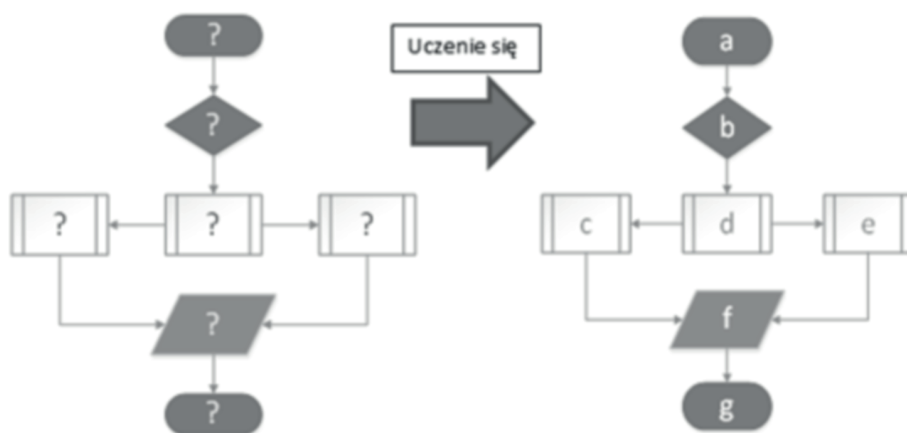
Definicja: „*Uczeniem się systemu jest każda autonomiczna zmiana zachodząca w systemie na podstawie doświadczeń, która prowadzi do poprawy, jakości jego działania*”[2].

Jest to definicja mało precyzyjna, ze względu na brak doprecyzowania pojęcia, ale daje niewielki obraz tego, jak omawiany proces wygląda. Jest on na tyle skom-

plikowany i szeroki, że jednoznaczne jego określenie jest mało prawdopodobne. Wszystko bowiem zależy od sposobu postrzegania uczenia się jako takiego. Stworzenie uogólnionego algorytmu nie jest zabiegiem prostym, ponieważ algorytm dokładnie opisuje sposób postępowania, a w niniejszym przypadku jest on bardzo rozbudowany i zależy od wielu losowych i nielosowych czynników.

3.1. Uczenie się w ujęciu algorytmicznym

W pojęciu klasycznym, systemy uczące się są programami komputerowymi o wysokiej elastyczności działania. Umożliwia to ogólny algorytm, który jest „sparametryzowany” i został wpisany w rdzeń programu. Program jest w stanie dopasować ogół rozwiązania określonego problemu, do konkretnego reprezentanta problemu. Sposób dostosowania zależy od danych historycznych i wspomnianych doświadczeń. Program przekształca sparametryzowany algorytm ogólny, do algorytmu konkretnego. Algorytm ten pozyskuje parametry, które są docelowym zasobem, jaki program gromadzi, który nosi miano wiedzy. Pojęcia wiedza i umiejętność, są dość płynne. W kontekście programu, umiejętność to wykonanie sekwencji zadań na podstawie wiedzy zdobytej na gruncie uczenia się. Wiedza, to określenie, co program wie o danych, które mu dostarczono i na tej podstawie rozróżnia obiekty i dane. Jest to wiedza deklaratywna – opisuje ona związki, obiekty oraz zaistniałe sytuacje. Umiejętność zaś, to wiedza proceduralna, która opisuje jak osiągnąć założony cel. Algorytmy pozyskiwania wiedzy i jej sukcesywnego doskonalenia to algorytmy uczenia się, które pracując, przekształcają zdobyte informacje, czyli przyszłe parametry.[2]



Rys. 1. Schemat procesu uczenia się.

Są to korzystne zmiany, o ile wszystkie powyższe zasoby zostały dobrze dobrane. Oczywiście program posiada wiedzę „wrodzoną”, którą przekazał mu programista. Widza ta, na podstawie doświadczeń, jak i w przypadku człowieka, może być uzupełniana i poprawiana w sposób autonomiczny. Ten rodzaj danych, to informacja trenująca, która ciągle ewoluuje.[2]

3.2. Geneza powstania maszyn uczących się

Skoro człowiek może się uczyć, to w jakim celu wyposażono komputer w tę cenną umiejętność? Otóż cel jest czysto ekonomiczny. Środowisko, w którym porusza się człowiek jest zmienne – nie da się dopasować ściśle określonych zestawów postępowania do szybko zmieniających się stanów rzeczywistości. Tak jak w ewolucji organizmów biologicznych, łatwiej jest nabyć wiedzę i rozwijać ją na miarę potrzeb, niż co chwila tworzyć sztywne rozwiązania na nowo. Jest to duża oszczędność czasu i zasobów.

3.3. Taksonomia uczenia się

Metody uczenia się można podzielić na wiele sposobów, najistotniejszymi z nich są:

1. metody reprezentacji wiedzy lub umiejętności,
2. sposób używania wiedzy lub umiejętności,
3. źródło i postać informacji trenującej,
4. mechanizm nabywania i doskonalenia wiedzy lub umiejętności.

Reprezentacja wiedzy – każda z dziedzin wiedzy, w jakiej programy te są wykorzystywane, ogranicza sposób, w jaki tę wiedzę można przedstawić. Zazwyczaj jest to kilka sposobów. Wśród nich można wymienić drzewa decyzyjne, reguły, rozkłady prawdopodobieństw. Bardzo często rozróżnia się tradycyjny podział na subsymboliczne i symboliczne metody reprezentacji. Pierwsza to metody przechowywania danych w sposób symboliczny, czyli w zorganizowane napisy, którym można przypisać interpretację. Wiedza reprezentowana w taki sposób jest łatwa w interpretacji przez człowieka. Subsymboliczna metoda zawiera informacje nieposiadające określonej i jasnej interpretacji. Są to najczęściej zbiory liczb, łańcuchów binarnych(algorytmy genetyczne), które reprezentują wiedzę, ale postać teże wiedzy nie jest zrozumiała dla człowieka.

Użycie wiedzy – sposób użycia wiedzy jest ściśle uzależniony od celu jej istnienia oraz jej przeznaczenia. Najczęściej jest to klasyfikacja obiektów lub wzorów, a także aproksymacja, czyli odwzorowanie obiektów lub wzorów na zbiór liczb rzeczywistych. Klasyfikacja to uczenie się pojęć, a przez pojęcie rozumie się wiedzę o przynależności obiektów pewnej dziedziny o określonej kategorii.

Informacja trenująca – źródło i postać informacji trenującej prowadzi do pojęć związanych z uczeniem się, z nadzorem i bez niego. System uczący się obserwuje odpowiednie wektory informacji i odpowiada na nie informacjami wyjściowymi.

Cały proces uczenia polega na tworzeniu algorytmów kreowania odpowiedzi. Jeśli rozważymy uczenie się z nadzorem, „uczeń” otrzymuje informację, która określa pożądane odpowiedzi dla informacji wejściowych. Są to przykłady postępowania, jakiego oczekuje się od takiego systemu. Uczenie się bez nadzoru nie posiada w ogóle takiej informacji. Uczeń nabywa wiedzę bazując tylko i wyłącznie na obserwacji sekwencji odpowiedzi. Istnieje również uczenie się przez zapytania, wtedy to informacja również pochodzi od nauczyciela i ma postać odpowiedzi na zadane pytania. To uczeń dobiera przykłady, a nauczyciel tylko udziela odpowiedzi.

Uczenie się eksperymentalnie następuje, gdy system sam gromadzi doświadczenia wyłącznie obcując ze środowiskiem. Podjęte akcje mają cel obserwacyjny oraz następujących w konsekwencji działań. Idąc tym tropem dochodzimy do uczenia się ze wzmocnieniem, które polega na eksperymentowaniu, ale wykorzystuje dodatkowe źródło informacji trenującej, która jest swoistym „krytykiem” i ocenia, jakość działania. Informacja trenująca ma charakter nie instruktażowy (nie mówi, co uczeń powinien robić), lecz wartościujący (mówi uczniowi jak dobre lub złe jest jego działanie). Jeśli jakość danych jest odpowiednia to system zostaje nagrodzony pewnymi danymi liczbowymi, które są wzmocnieniami. [3]

3.4. Mechanizm i technika nabywania wiedzy

Posiadając informacje trenującą, system tworzy nową wiedzę lub doskonali już posiadaną. Tworzy ją w pewien reprezentatywny sposób, w celu dalszego wykorzystania przy określonym zadaniu. Najbardziej popularną metodą uczenia się jest indukcja, czyli podejście do wnioskowania polegające na uogólnianiu jednostkowej informacji trenującej. Mechanizm, zgodnie z którym komputer nabywa wiedzę przez doskonalenie wiedzy, jest najczęściej wyznaczany przez metodę reprezentacji wiedzy oraz postać informacji trenującej w celu uzyskania ogólnej wiedzy. Istnieje cała rodzina tego typu algorytmów – będą one omówione w dalszej części tekstu. Uczenie nieindukcyjne to wyjaśnianie, w którym informacja trenująca jest nie tyle uogólniana, co służy do konkretyzowania wiedzy wrodzonej ucznia oraz stosowanie przy uczeniu ze wzmocnieniem. Przydatna jest również przy przypisywaniu zasług polegających na określeniu wpływu poszczególnych akcji na otrzymanie nagrody.

4. Silna i słaba sztuczna inteligencja

Nigdy nie było, i zapewne w przyszłości nie będzie zgody, co do przeznaczenia sztucznej inteligencji oraz tego, jakie ma cele. Wielu zwolenników jak i przeciwników AI, zgodziłoby się co do stwierdzenia, że dąży ona do konstruowania sztucznych systemów inteligentnych. Można spotkać cztery główne sposoby rozumienia tego pojęcia.

- system, który myśli jak człowiek,
- system, który myśli racjonalnie,
- system, który zachowuje się jak człowiek,
- system, który zachowuje się racjonalnie.

Często sztuczną inteligencję dzieli się na dwa rodzaje, określane mianem silnej i słabej. Podział bierze się z „ambitności” działania systemu i sposobu naśladowania ludzkiego myślenia.

Silna sztuczna inteligencja stawia sobie za cel dalekosiężne i ambitne doprowadzenie do powstania sztucznych systemów myślących działających na tym samym poziomie intelektualnym, co człowiek, lub przewyższającym go. W tym przypadku istnieje niejawne pokrewieństwo charakteru procesów myślowych takich systemów ze sposobem myślenia ludzi, choć nie muszą być one tożsame.

Słaba sztuczna inteligencja zajmuje się szerokim spectrum problemów szczegółowych o dobrze określonych celach i kryteriach ich osiągnięcia. Problemy te dotyczą wykonywania zadań przez systemy informatyczne, których poziom złożoności powoduje, że do ich wykonania potrzebna jest inteligencja, jeśli są one wykonywane przez człowieka. Powstałe rozwiązania mogą być użyteczne w programach silnej sztucznej inteligencji, ale ich bezpośrednia użyteczność jest wartościowa w różnych praktycznych zastosowaniach [2].

5. Transmutacje wiedzy

Transmutacje to różnego rodzaju indukcyjne lub dedukcyjne przekształcenia, którym podlega każdy typ wnioskowania. Przekształcenia te mogą być stosowane do wiedzy wrodzonej (lub uzyskanej także w wyniku uczenia się) i informacji trenującej, która służy do generowania nowej wiedzy, mającej postać opisów odnoszących się do obiektów pewnej dziedziny. Istnieje tzw. inferencyjna teoria uczenia się w której obiekty są pogrupowane w pary transmutacji o działaniu w przybliżeniu odwrotnym. Najważniejsze z nich to:

- Generalizacja/specjalizacja – transmutacje polegające na poszerzeniu albo zawężeniu zbioru obiektów, do którego odnoszą się opisy.
- Abstrakcja/konkretyzacja – transmutacje polegające na zmniejszeniu albo zwiększeniu liczby szczegółów uwzględniających w opisach.

- Podobieństwo/kontrastowanie – transmutacje polegające na generowaniu wiedzy o pewnych zbiorach obiektów na podstawie ich podobieństwa albo różnic w stosunku do innych zbiorów obiektów.
- Wyjaśnianie/predykcja – transmutacje polegające na znajdowaniu wiedzy na podstawie wiedzy wyjaśniającej wiedzę posiadaną wcześniej, albo przewidywaniu na podstawie nowej wiedzy[2].

6. Google Prediction API

Google Prediction API to oparta na chmurze obliczeniowej maszyna ucząca się, w skład której wchodzi narzędzia pomagające analizować i dodawać dane do zaprogramowanych aplikacji. Narzędzie chmurowe oferuje dużą wydajność uzyskiwaną za pomocą serwerów firmy Google. Ilość możliwych danych do przetworzenia wynosi do 2,5 GB.

Zastosowania Google Prediction API są dość szerokie, wśród nich można wyróżnić:

- klasyfikację dokumentów i wiadomości e-mail,
- systemy rekomendacyjne,
- wykrywanie spamu,
- ogólnie pojętą diagnostykę,
- analizę nastrojów klienckich,
- decyzje dotyczące przekazywania wiadomości,
- analizy przepływu klientów,
- identyfikację podejrzanych zachowań.

Google stworzyło system uczący się, nieodbiegający od zasad działania maszyn uczących się. Uczenie systemu polega na załadowaniu zbioru danych wstępnych, na podstawie których system zdobywa wiedzę. Następnie aplikacje oparte na interfejsie Prediction mogą informować jakie produkty mogą stać się pożądanymi przez klientów, czy też, że nowe wprowadzane dane są niebezpieczne lub są wiadomościami typu spam.[4]

6.1. Sposób wykorzystania Prediction API

System predykcji musi być włączony poprzez konsolę Google API. Dane stosowane do procesu uczenia wgrywane są do przestrzeni składowej Google Cloud Storage. Tworzenie zbioru danych służących do uczenia maszyny jest bardzo ważnym etapem, dlatego też do testów można skorzystać ze zbiorów danych dostępnych publicznie, udostępnianych przez repozytorium danych dla maszyn uczących się Uniwersytetu Kalifornijskiego.

Proces pozyskiwania danych z Prediction API odbywa się w czterech krokach, opcjonalnie można również dołączyć lub zmienić zestaw danych wejściowych po zakończeniu i weryfikacji modelu.

Pierwszym krokiem jest przygotowanie danych wejściowych dla maszyny uczącej się. Dane wejściowe powinny posiadać np. następujący format:

„typ” „wiadomość”,

wtedy w przypadku wykrywania spamu wiersz danych może mieć następującą formę:

„spam” „Wygraj 10 tys zł już dzisiaj, wyślij sms pod nr 787900”.

Należy dodać, że aby wynik uczenia się maszyny był najbardziej precyzyjny, należy umieścić w pliku wejściowym jak najwięcej przykładów (zalecane jest kilka tysięcy wierszy) oraz jak najwięcej cech opisujących przypadek.

Krokiem drugim jest załadowanie danych wejściowych do silnika Google API. W tym celu wewnątrz Google Data Store należy przygotować przestrzeń składowania pliku wejściowego (ang. bucket) podając nazwę określającą tworzony eksperyment (nazwa ułatwia użytkownikowi identyfikację zbioru danych). Plik wejściowy może mieć rozmiar do 2,5 GB. Najczęściej stosowaną metodą wprowadzania danych wejściowych jest plik formatu CSV, sformatowany w ten sposób, że jeden wiersz to pojedynczy przypadek. Im więcej przypadków zostanie podanych, tym lepszy efekt uczenia się maszyny zostanie osiągnięty. Minimalna ilość badanych przypadków to sześć. W pliku nie można stosować nagłówków kolumn. Nie należy też stosować pustych komórek - w takim przypadku może zostać wygenerowana przypadkowa wartość, np. pusty łańcuch znaków lub wartość zero, co może uniemożliwić proces uczenia się. W przypadku stosowania łańcuchów znaków, należy je umieszczać w cudzysłowie oraz należy wziąć pod uwagę, że wielkość liter ma znaczenie w procesie uczenia się. W przypadku danych liczbowych, wartości całkowite jak i rzeczywiste są akceptowane, jednak należy pamiętać że separatorem w przypadku liczb rzeczywistych powinna być kropka.

Przygotowane dane wejściowe można dostarczyć do systemu na kilka sposobów. Najczęściej stosowane to: skorzystanie z interfejsu Google Developer Console, zastosowanie z linii poleceń komputera lokalnego narzędzia GSUtil, wywołanie metod API z Google Cloud Storage.

Trzecim etapem jest uczenie maszyny z wykorzystaniem załadowanych danych wejściowych. Proces uczenia należy uruchomić za pomocą wywołania metody `prediction.trainedmodels.insert`. Proces uczenia, w zależności od ilości danych, może być czasochłonny. W celu uzyskania informacji na temat przebiegu procesu uczenia się można zastosować metodę `prediction.trainedmodels.get`.

Po zakończeniu procesu uczenia się maszyny, można przystąpić do kroku czwartego, czyli przesyłania zapytań. Za pomocą metody `prediction.trainedmodels.predict`, gdzie wymagany parametrem jest identyfikator modelu, użytkownik otrzyma przewidywaną odpowiedź w postaci wartości liczbowej lub kategorii

obiektu zapytania. Opcjonalnie, po weryfikacji modelu możliwe jest jego ulepszenie przez przesłanie dodatkowych danych wejściowych [5].

Możliwości wykorzystania wytrenowanego modelu jest wiele. W trakcie tworzenia modelu, najwygodniejszym sposobem jest wykorzystanie interfejsu Google API Explorer. Jednak przy wykorzystaniu modelu w środowisku produkcyjnym takie podejście staje się bardzo uciążliwe. Dlatego też w przypadku budowania aplikacji wykorzystujących Prediction API, najlepszą metodą wykorzystania modelu jest tworzenie modułów lub niezależnych programów za pomocą takich języków lub platform programistycznych jak: Python, Java oraz .NET 4.0 lub 4.5 (Prediction API Client Library for .NET). Bazując na tych narzędziach możliwe jest tworzenie aplikacji klienckich bazujących na Google Prediction API dla wielu platform, np. portale internetowe, aplikacje desktopowe MS Windows, aplikacje mobilne (systemy Android oraz Windows Phone).[6]

7. Apache Mahout API

Apache Software Foundation stworzyło API umożliwiające filtrowanie danych za pomocą wzorów matematycznych. Algorytmy te są skalowalne, czyli oferują wydajność wraz ze wzrostem ilości elementów systemu. Ze względu na przyjazną licencję, API jest łatwo dostępne dla biznesu. API służy głównie do klasyfikacji zebranych danych i uczenia się za ich pomocą. Uczenie się gwarantują specjalne dokumenty, klasyfikujące zabrane dane do odpowiednich grup:

- Collaborative filtering – bada zachowania użytkowników i na ich podstawie dokonuje rekomendacji (np. Amazon)
- Clustering – wybiera elementy z poszczególnego zbioru (takich jak strony internetowe, lub artykuły w gazetach) i organizuje je w naturalnie występujące grupy o podobnych do siebie cechach
- Classification – nabywa umiejętności dopasowania niesklasyfikowanych elementów na podstawie istniejącego podziału, i dopasowuje je do najlepiej pasującego zbioru
- Frequent itemset mining – analizuje elementy w zbiorze i identyfikuje, które powinny być wyświetlane razem.[4]

Tab. 1. Najczęstsze zastosowania platformy GraphLab.

	Przetwarzanie danych	Startupy	Usługi chmurowe	Sieci społecznościowe	Inne
Udział procentowy zastosowania platformy GraphLab	20,8	18,5	16,2	10,8	33,7

8. GraphLab

GraphLab jest platformą programistyczną stworzoną w języku C++ dla systemów Linux i MacOS [7]. Biblioteka powstała w roku 2009 z myślą o maszynach uczących się, ale znajduje też zastosowanie w przetwarzaniu danych. Jest to bardzo elastyczny zbiór bibliotek, ponieważ używany jest także do statystyki, przetwarzania danych o wysokiej wydajności, algorytmów rozproszonych czy matematyki. Tabela 1 (patrz powyżej) przedstawia użycie biblioteki.[8]

9. Praktyczne rozwiązania wykorzystujące maszyny uczące się jako usługę

Omówione powyżej przykłady maszyn uczących się działających w środowisku chmury obliczeniowej są silnikiem pozwalającym na zaawansowaną analizę dużych zbiorów danych. Twórcy systemów informatycznych coraz częściej sięgają po tego typu narzędzia, chociaż dla użytkowników warstwa analizy danych korzystająca z maszyn uczących się jest całkowicie niewidoczna [9][10].

9.1. Motoryzacja – Ford Company

Przedsiębiorstwo motoryzacyjne Ford, wchodzące w skład General Motors, wykorzystuje Google Prediction API do optymalizacji działania swoich samochodów. Narzędzie Google’a umożliwia przewidywanie zachowania kierowcy i na tej podstawie optymalizuje działanie systemów kontrolnych, które odpowiadają za zużycie paliwa i poprawiają osiągi silników hybrydowych. Narzędzie to jest bardzo wydajne i analizuje dane na bieżąco, dostarczając odpowiednich danych podczas jazdy. Ford zaprezentował swoje narzędzie w 2011 roku na konferencji w San Francisco. Narzędzie uruchamiało by się po starcie silnika i bazując na danych historycznych dopasowywało by potencjalne zachowanie samochodu. Po wybraniu miejsca, do którego użytkownik chce się udać, na przykład za pomocą komendy głosowej, program od razu przewidywał by jak auto powinno się zachowywać, i tym samym wykorzystanie mechaniki wewnątrz pojazdu zostało by odpowiednio zaprogramowane. Za pomocą algorytmów optymalizacyjnych, spalanie i zużycie części uległy by zmniejszeniu.

9.2. Prawo – system LYNXeon

Amerykańska firma 21CT specjalizująca się w wykrywaniu ogólnie pojętych przestępstw, zintegrowała swoją platformę LYNXeon z Google Prediction API.

Taki zabieg, według twórców rozwiązania, pozwala na tworzenie modeli umożliwiających śledczym na przewidywanie zachowań przestępców. Połączenie systemów maszyn uczących się jest najczęściej stosowane i innymi metodami analizy danych, takimi jak: analiza relacji, dopasowanie wzorców oraz analiza sieci społecznościowych.[11]

10. Zakończenie

Maszyny uczące mają bardzo duży potencjał, lecz dopiero dziś możliwe stało się wykorzystanie ich na tak szeroką skalę. Większość algorytmów oparta jest na metodach statystycznych, co pozwala prognozować lub symulować przyszłe zdarzenia. Mimo wieku i potencjału, ta dziedzina wiedzy była martwa przez dekady i niewiele ludzi o niej słyszało. Na podstawie powyższych przykładów można zaobserwować, że posiada ona o wiele większe możliwości niż można było przypuszczać i tylko wyobrażenia nakreśla granice jej wykorzystania.

Literatura

- [1] Shevchenko A., Shevchenko H., *How to bring artificial intelligence into the clouds computing*, Eastern European journal of enterprise technologies, Charków, Vol. 3/12 (51). Technological Center, 2011 str.66-70.
- [2] Cichosz P., *Systemy uczące się*, Warszawa, Wydawnictwa Naukowo – Techniczne, 2000.
- [3] Krzyśko M., Wołyński W., Górecki T., Skorzybut M., *Systemy uczące się. Rozpoznawanie wzorców, analiza skupień i redukcja wymiarowości*, Warszawa, WNT, 2008.
- [4] Prajapati V., *Big Data Analytics with R and Hadoop*, Packt Publishing, 2013
- [5] Google Developers <https://developers.google.com/prediction/> na dzień: 21.01.2014.
- [6] Ularu E. G., Puican F.C., Suci G., Vulpe A., Todoran G., *Mobile Computing and Cloud maturity – Introducing Machine Learning for ERP Configuration Automation*, Bukareszt, Informatica Economica, Vol. 17, nr. 1/2013, 2013, str. 40-52.
- [7] Li K., Gibson C., Ho D., i inni, *Assessment of machine learning algorithms in cloud computing frameworks*, Charlottesville, IEEE Systems and Information Engineering Design Symposium, SIEDS 2013, str. 98-103.
- [8] Behzadi, M., Mahmood, R., Barati, M., Abdullah, A.B.H., Noura, M., *A new framework for classification of distributed denial of service (DDOS) attack in cloud computing by machine learning techniques*, Advanced Science Letters Vol. 20, Nr 1, Styczeń 2014, American Scientific Publishers, 2014, str. 175-178.

- [9] Xing Q., Blaisten-Barojas E., *A Cloud Computing system in Windows Azure platform for data analysis of crystalline materials*, Concurrency Computation Practice and Experience, Vol. 25, Nr 15, Październik 2013, John Wiley and Sons Ltd 2013, str. 2157-2169.
- [10] Kłosowski G., *Artificial intelligence techniques in cloud manufacturing, Informatics methods as tools to solve industrial problems*, red. Bojanowska A., Lipski J., Świć A., Lublin, Politechnika Lubelska, 2012, str. 7-19.
- [11] Hamilton M., <http://www.21ct.com/blog/> na dzień: 05.01.2014.

Marek Błaszczak¹, Piotr Dąbrowski²

Koncepcja systemu doradczego interpretującego kody błędów sterowania silnikiem samochodowym

Słowa kluczowe; *Systemy SWD, kody błędów, diagnostyka silnika*

Streszczenie

W opracowaniu przedstawiono zagadnienia systemu diagnostycznego OBD2/EOBD wraz z interpretacją struktury kodu błędów. Zaproponowano model systemu ekspertowego interpretującego kody błędów komputerowych systemów pokładowych sterowania silnikiem samochodowym. Stworzono program interpretujący błędy układu zasilania, wspomagający proces diagnozy usterki oraz naprawę uszkodzonego elementu.

1. Wstęp

Sterowanie nowoczesnymi jednostkami napędowymi związane jest z wprowadzeniem układów elektronicznych i automatycznych które z jednej strony polepszają parametry silnika i całego układu, zmniejszają emisję zanieczyszczeń a drugiej strony zwiększają poziom złożoności wydłużający ścieżkę diagnostyczną.

Z powodu swojej złożoności nowoczesny silnik sterowany jest przez układ komputerowy lub klajstry komputerowe. Wszystkie nowe samochody korzystają ze standardu OBD 2, który służy do diagnostyki pojazdów i wykrywaniu usterek. Urządzenia diagnostyczne w większości wyświetlają tylko kod usterki, aby dowiedzieć się, co on oznacza, należy porównać odczytaną wartość z tabelami zawierającymi opisy kodów. Jest to o tyle niewygodne, że aktualny spis kodów dla standardu OBD2/EOBD obejmuje ponad 8500 pozycji dodatkowo

¹ Dr Marek Błaszczak, Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Instytut Technologicznych Systemów Informatycznych, Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin

² Mgr. inż. Piotr Dąbrowski, absolwent, Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin

w ramach tego standardu obowiązuje aż 9 różnych protokołów transmisji danych. W tym celu opracowano koncepcję stworzenia dedykowanego narzędzia do analizy ścieżki diagnostycznej wybranego kodu błędu.

2. Podstawowe informacje na temat diagnostyki

Początkowo system OBD 2 powstał głównie w celu monitorowania emisji spalin i definiował zestaw procedur diagnostycznych pozwalających na wczesne wykrycie usterek bezpośrednio wpływających na emisję toksycznych składników spalin. Aktualnie standard OBD 2 stanowi rozbudowany systemem diagnostyki pokładowej opracowany w celu monitorowania innych podzespołów i oznacza również zgodność z właściwymi normami ISO i SAE. Dzięki ujednoliceniu sposobu komunikacji, jednym przyrządem diagnostycznym można podłączyć się i odczytać dane z dowolnego pojazdu zgodnego ze standardem OBD 2, niezależnie od marki samochodu. W przypadku jakiegokolwiek usterki, program służący do odczytu danych z pojazdu wyświetla tzw. kod błędu. Błędy związane z usterkami sygnalizowane są kontrolką MIL (Malfunction Indicator Light) zwaną przez niektórych producentów Check Engine. Kod błędu DTC (ang. *Diagnostic Trouble Code*) jest to ustandaryzowany kod usterki składający się z litery (P, C, B lub U) opisującej w którym układzie samochodu wystąpił błąd oraz 4 cyfr opisujących konkretny błąd. Strukturę kodu błędu przedstawia poniższa tabela

Tab. 1. Struktura kodu błędu

P	B – nadwozie (Body) C – podwozie (Chassis) P – układ napędowy (Powertrain) U – komunikacja (Network Communication)
0	0 – kod usterki zdefiniowany przez ISO/SAE 1 – specyficzny kod producenta 2 – kod usterki zdefiniowany przez ISO/SAE 3 – kod usterki zdefiniowany przez ISO/SAE
3	Podsystem: 1 – Układ paliwowy i dolotowy 2 – Układ paliwowy i dolotowy – obwód wtryskiwaczy 3 – Układ zapłonowy 4 – Zewnętrzne układy kontroli emisji 5 – System kontroli prędkości i biegu jałowego 6 – Obwody wyjściowe komputera 7 – Przeniesienie napędu 8 – Przeniesienie napędu
01	Numer błędu

Zgodnie z tabelą, powyższy błąd P0301 oznacza przerywanie zapłonu w pierwszym cylindrze. Problemem przy odczytywaniu błędów jest częsty brak jednoznacznej odpowiedzi co oznacza dany kod. Odpowiada on tylko na pytanie na czym polega usterka, ale nie podaje przyczyny ani konkretnego rozwiązania. To czy usterka zostanie usunięta w wielu przypadkach zależy od kompetencji oraz doświadczenia osoby podejmującej się naprawy.

3. Koncepcja systemu

Przedstawiona koncepcja systemu wspomagania decyzji interpretującego najczęściej występujące kody błędów. System taki jest to system ekspertowy, który poprzez pytania rutynowe, przypisane do konkretnego kodu błędu, miałby wskazywać użytkownikowi ścieżkę diagnozy pojazdu. System ten posiadałby bazę danych, w której znajdowałyby się wszystkie kody błędów i przypisane im pytania, kierujące do konkluzji. Zawierał by też bazę wiedzy, w której przechowywano by wszystkie możliwe przyczyny(warianty) usterek. Na podstawie odpowiedzi na pytania maszyna wnioskująca wykluczyła by nieistotne możliwości usterek i podała najbardziej prawdopodobną przyczynę. Oczywiście możliwe byłoby to tylko wtedy, jeżeli baza wiedzy byłaby kompletna i zawierała wszystkie możliwe warianty, co w niektórych przypadkach mogłoby być ciężkie do realizacji. Odpowiedzią na pytania byłyby w większości słowa TAK lub NIE (true/false) oraz w niektórych przypadkach należałoby wprowadzić parametr, który zostanie porównany z wartością odniesienia (na zasadzie warunku IF .. THEN). Dodatkowym utrudnieniem jest konieczność zbudowania bazy wiedzy podzielonej na konkretne marki samochodów i różne rodzaje silników danej marki. Duża część parametrów niezbędna do diagnozy, zależna jest od rodzaju silnika.

W tabeli 2 poniżej znajdują się przykładowe kody błędów wraz z ich standardowym opisem, jaki jest dołączony do interfejsów diagnostycznych.

Opisy usterek są raczej lakoniczne i po samym opisie, normalnemu użytkownikowi, a czasem nawet doświadczonemu mechanikowi, nie jest łatwo ustalić przyczynę błędu. Diagnostyka silnika przy użyciu interfejsów diagnostycznych nie jest zajęciem bardzo skomplikowanym, jednak praktyka pokazuje, że w większości przypadków nie da się jednoznacznie stwierdzić przyczyny problemu analizując jedynie błędy zapisane w sterowniku. Zaprezentowane podejście pozwoli w miarę prosty sposób, metodą eliminacji, dojść do przyczyny większości problemów. Należy zdawać sobie sprawę, że komputer (narzędzie) raportuje skutek, a nie przyczynę. Jeśli mówi się że „brak jest zapłonu”, to winna może być świeca, cewka, kabel, moduł zapłonowy, czujnik położenia wału, zawory, tłok, wtryskiwacz, pompa paliwa... a możliwe że przyczyna jest po stronie innych układów np. czujnik detekcji jest uszkodzony lub przewód został przerwany. Jako przykład można przedstawić ścieżkę diagnostyczną błędu 525, czyli *Sonda Lambda – G39, O2 czujnik – niskie napięcie – G39*.

Tab. 2. Przykładowe błędy wraz z opisem usterki

kod błędu	opis usterki (nr komponentu)
00525	Sonda Lambda – G39, O2 czujnik – niskie napięcie – G39
00547	Czujnik kontroli ciśnienia ABS – F137, Przełącznik kontroli ciśnienia ABS – F137
00550	Regulacja kąta wyprzedzenia wtrysku, Kontrola startu wtrysku
00555	Sonda Lambda 2 – G108, Obwód grzewczy – czujnik tlenu 2 – G108
00623	Brak połączenia elektrycznego ABS – skrzynia przekładniowa, Połączenie elektrycznie transmisji / ABS
00670	Czujnik położenia nastawnika przepustnicy – G127, Czujnik pozycji przepustnicy – G127
00513	Czujnik obrotów silnika – G 28, Czujnik prędkości silnika – G28 – jałowy RPM za niski
00514	Czujnik momentu zapłonu – G 4, Czujnik pozycji wału korbowego – sygnał usterkowy – G4

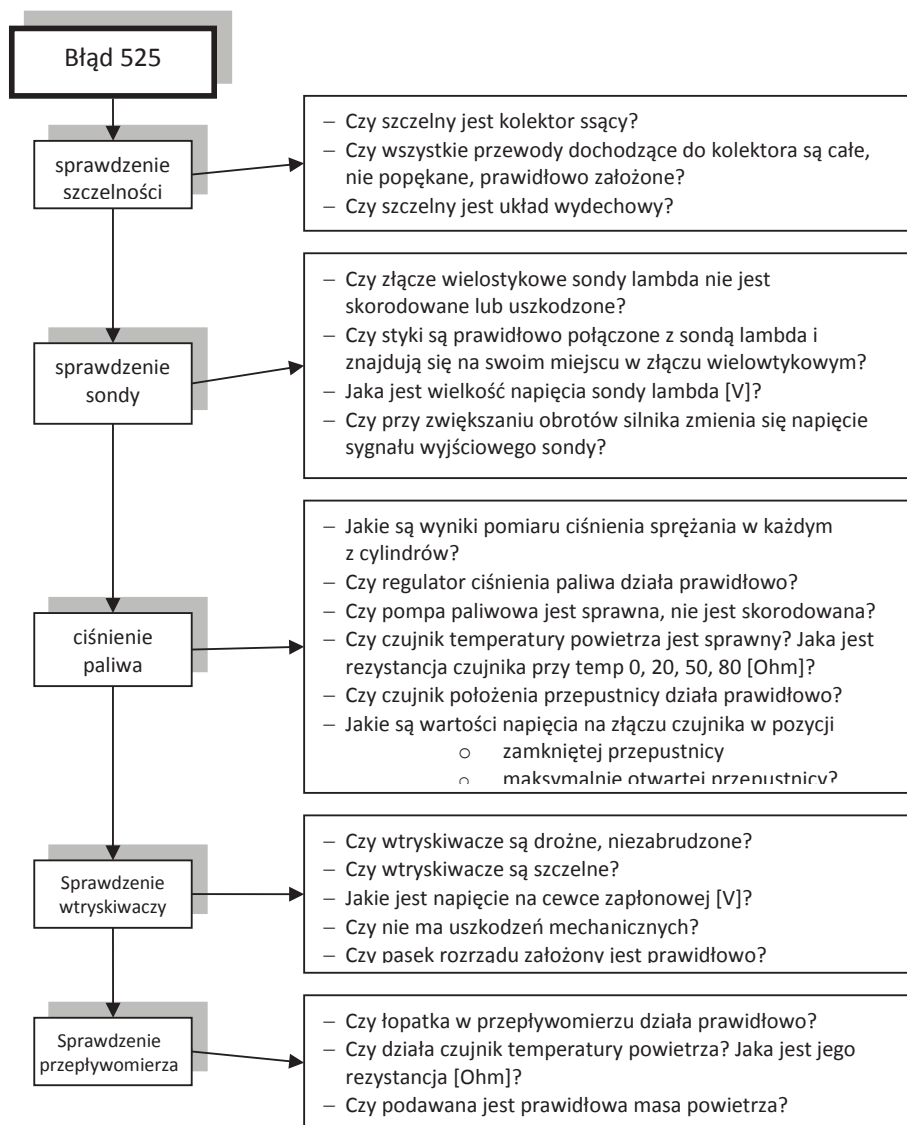
Sterownik zgłasza błąd 525. W tym przypadku przyczyny mogą być następujące:

- nieszczelność dolotu, zasysanie fałszywego powietrza,
- zbyt małe ciśnienie paliwa (pompa, regulator),
- niedrożny wtryskiwacz(e),
- brak kompresji na jednym z cylindrów,
- przestawiony rozrząd – kontrola faz rozrządu,
- przepływomierz podaje nieprawidłową masę powietrza,
- nieszczelność wydechu w okolicach sondy,
- uszkodzony sterownik,
- uszkodzona sonda, problem w okablowaniu sondy,
- słaba jakość paliwa.

Jak widać potencjalnych przyczyn może być wiele, niektóre z nich wymagają dodatkowych czynności diagnostycznych. Posiadając pewną wiedzę o działaniu systemu sterowania silnikiem można z tych błędów wywróżyc co potencjalnie jest problemem. W przypadku błędu 525 najczęstszym powodem są nieszczelności w układzie lub wadliwa sonda lambda.

Dlatego też system ekspercki powinien zaproponować w pierwszej kolejności sprawdzenie tych wariantów. Jeżeli żadne z postawionych pytań nie pomogło znaleźć odpowiedzi i błąd nadal występuje, system przechodzi do następnych możliwości aż do wyczerpania podpowiedzi. Przy odpowiedzi TAK przechodzi do następnego pytania, jeżeli odpowiedzią jest NIE proponuje odpowiednie rozwiązanie związane z pytaniem. W niektórych pytaniach wymaga wprowadzenia parametru, który porównuje do parametrów optymalnych i fabrycznych, zgodnych z rodzajem silnika. W momencie odpowiedzi NIE na któreś z pytań lub gdy wprowadzony parametr nie jest zgodny z wartością fabryczną, system powinien

podpowiedzieć co należy sprawdzić, przeczyścić wymienić itp., jakie przyrządy będą potrzebne oraz gdzie znajduje się krytyczne miejsce i w jaki sposób się tam dostać. Przyjmijmy, że odpowiedzieliśmy NIE na pytanie dotyczące działania czujnika położenia przepustnicy.

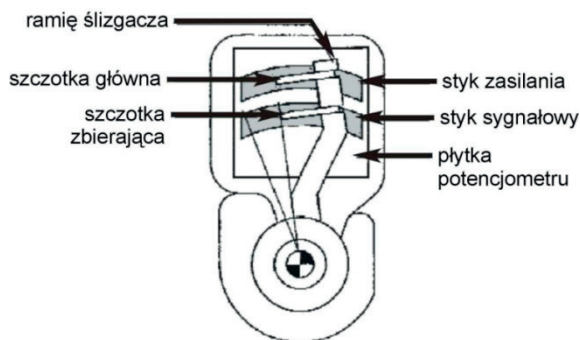


Rys. 1. Struktura analizy błędu 525

W tym przypadku system podaje wszystkie informacje potrzebne do diagnozy tego czujnika.

Mogłoby to wyglądać np. tak:

Budowa:



Rys. 2. Schemat budowy potencjometrycznego czujnika położenia przepustnicy

Funkcja:

Typowy czujnik położenia przepustnicy działa na zasadzie potencjometru obrotowego. Umieszczony jest na wsporniku przy przepustnicy powietrza poruszając się razem z trzpieniem obrotowym. Ramię ślizgacza czujnika położenia przepustnicy jest wciśnięte bezpośrednio na wałek przepustnicy. Wraz z obrotem przepustnicy połączonej z ramieniem ślizgacza następuje zmiana długości przepływu prądu wzdłuż płytki potencjometru, co powoduje zmianę rezystancji czujnika. W ten sposób następuje zmiana napięcia odniesienia na wartość sygnału odpowiadającą położeniu przepustnicy.

Możliwe przyczyny awarii:

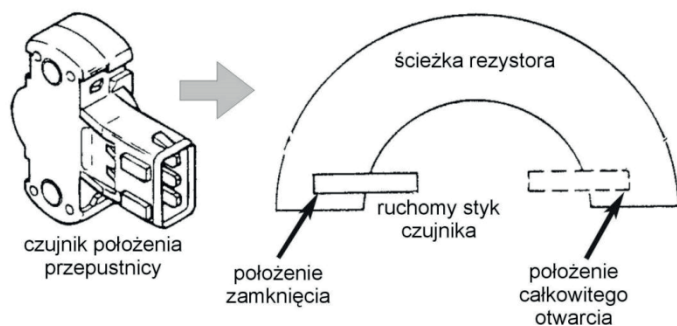
- Pęknięcia, korozja, uszkodzenie mechaniczne wtyku
- Niedokładne przymocowanie do korpusu przepustnicy
- Nieprawidłowe okablowanie

Symptomem może być:

- Obniżona moc silnika przy pełnym obciążeniu

Diagnostyka:

- Odczyt zapisu pamięci błędów Kontrola elektrycznego przyłącza przewodów czujnika, wtyczki i czujnika (pod kątem połączenia, pęknięcia i korozji)
- Pomiar rezystancji



Rys. 3. Czujnik położenia przepustnicy

Tab. 3. Pomiar rezystancji i napięcia

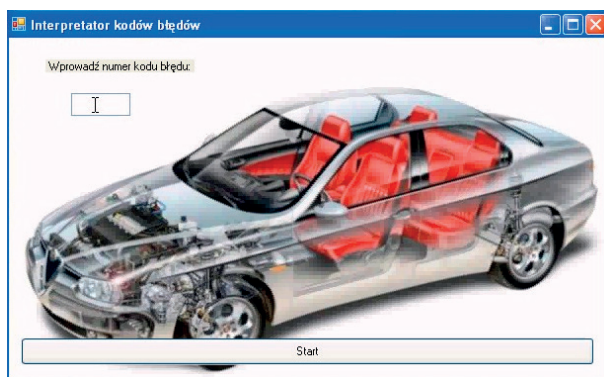
Czujnik położenia przepustnicy dane techniczne			
Złącze czujnika wyczepione (badanie złącza nie czujnika) zapłon włączony (silnik wyłączony)			
połączenie	pin komputera	wartość testowa	
brazowo / czarny; V+	26	rezystancja	napięcie
brazowy; V-	46		4,8–5,2 V
Złącze czujnika podłączone (badanie sygnału z czujnika) zapłon włączony (silnik wyłączony) przepustnica zamknięta			
połączenie	pin komputera	wartość testowa	
brazowo / czarny; V+	47	rezystancja	napięcie
brazowy; V-	46	1 – 3 kW	0,3–0,7 V
Złącze czujnika podłączone (badanie sygnału z czujnika) zapłon włączony (silnik wyłączony) przepustnica w położeniu max. Otwarcia			
połączenie	pin komputera	wartość testowa	
brazowo / czarny; V+	47	rezystancja	napięcie
brazowy; V-	46	5,5-7,5 kW	4,1–4,5 V

Informacje tego typu, rozbudowane o zdjęcia i procedury sprawdzania poszczególnych elementów byłyby bardzo pomocne dla zwykłego użytkownika samochodu oraz początkujących mechaników. Dane pomocne w diagnozowaniu rozsiane są po różnych forach oraz stronach internetowych, pomoc można znaleźć też w programach typu AutoData czy InfoTech. Nie

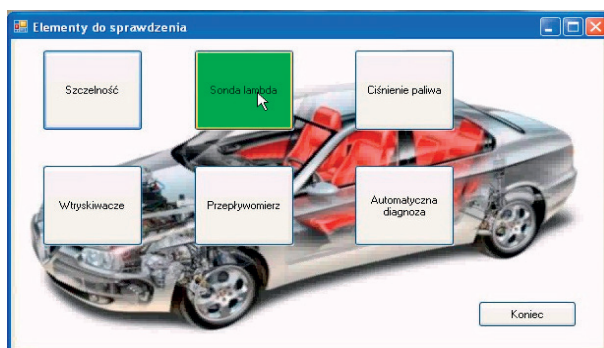
ma natomiast programu czy systemu, który interpretował by kody błędów i pomagał znaleźć rozwiązanie, krok po kroku prowadząc do celu, czyli usunięcia usterki. Niestety stworzenie bazy wiedzy do takiego programu zajęłoby bardzo dużo czasu i nie gwarantowałoby kompletności rozwiązań.

4. Program interpretujący i diagnozujący błąd 525

Program został napisany w środowisku Visual Basic 10. Diagnozuje wyłącznie błąd numer 525, czyli informacje o błędzie sondy lambda. Poprzez pytania prowadzi użytkownika przez proces diagnozy usterki. W programie została uwzględniona wyłącznie diagnoza samej sondy lambda z możliwością rozbudowania programu w przyszłości. Działanie programu przedstawiają poniższe rysunki.



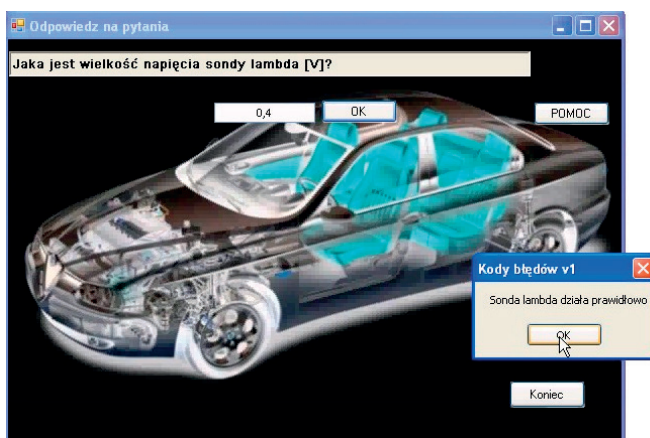
Rys. 4. Wprowadzanie numeru błędu



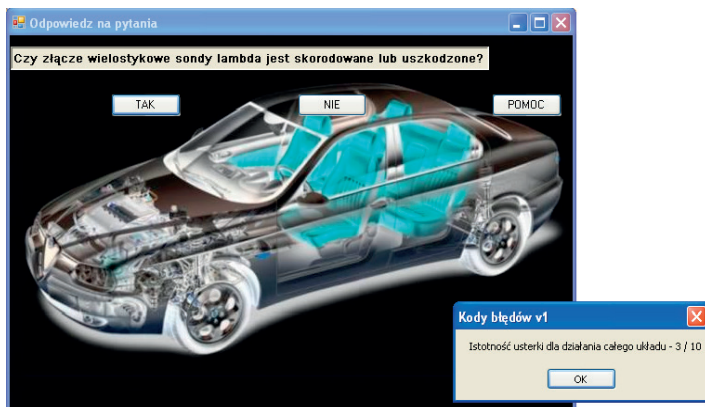
Rys. 5. Wybór elementu do diagnozy lub przebieg automatyczny



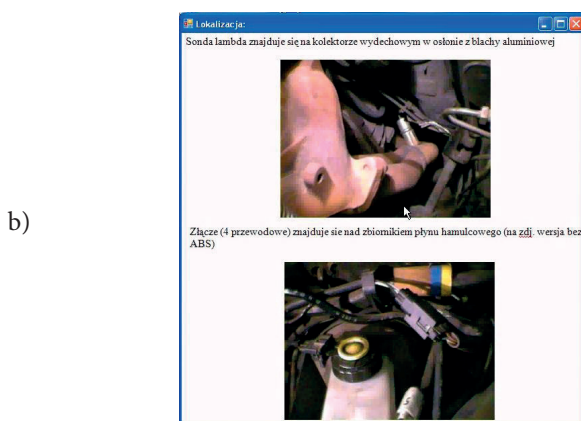
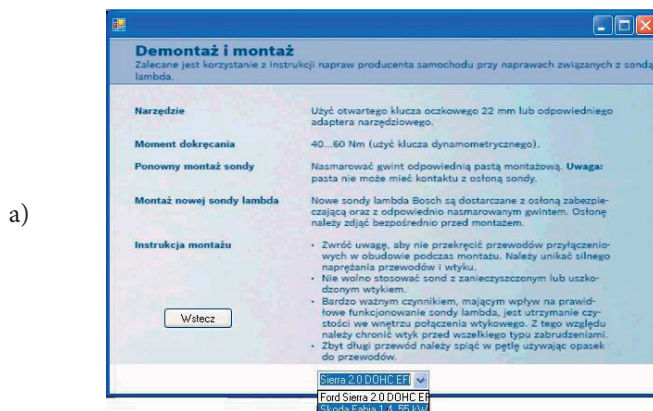
Rys. 6. Pytania pomocnicze w procesie diagnozy



Rys. 7. Komunikaty programu



Rys. 8. Informacja o poziomie istotności danej usterki.



Rys. 9. Wybrane elementy z modułu „Pomoc”: a) instrukcja demontażu i montażu dla wybranego modelu, b) lokalizacja w wybranym modelu

Podsumowanie i wnioski

Systemy wspomaganie decyzji istotnie wpływają na funkcjonowanie przedsiębiorstw oraz znacznie poprawiają efektywność i szybkość podjęcia decyzji w kluczowych sprawach. Bazują one na wiedzy dostarczonej przez eksperta i stają się bankiem informacji, dzięki którym podjęcie decyzji jest dużo prostsze. Funkcjonowanie takiego systemu w znacznym stopniu zależy od kompletności i jakości wiedzy w nim zawartej. Ważne jest więc odpowiednie i staranne przygotowanie bazy danych oraz bazy wiedzy. Pomijanie niektórych elementów czy informacji może mieć istotny wpływ na działanie systemu i warianty podane jako rozwiązanie mogą być niewłaściwe lub obciążone dużym błędem. Systemy tego typu generując rozwiązanie przedstawiają najbardziej prawdopodobną ścieżkę rozwiązania dlatego nadal potrzebne jest doświadczenie użytkownika, który wychwyci ewentualny błąd i zakwestionuje niepoprawne rozwiązanie. Celem uniknięcia tego typu przypadków należałoby opracować dodatkowe narzędzia weryfikacji typu aktywny serwer wiedzy z możliwością rejestracji zmian jako narzędzie interaktywne. Przedstawione rozwiązanie w jednym z punktów informuje użytkownika o poziomie istotności danej usterki dla funkcjonowania całego układu, jest to element dość newralgiczny i jednocześnie bardzo istotny dla użytkownika który posiada ograniczoną wiedzę w tym zakresie obsługi określonego zespołu. Zagadnienie to zostało opracowane z wykorzystaniem skali liczbowej preferencji względnych według Saaty'ego, oraz macierzy porównań parami.

Program ten może też raportować całą ścieżkę diagnozy i zapisywać do bazy wiedzy o danym samochodzie wszystkie napotkane problemy, sprawdzone i naprawiane elementy. W ten sposób przy następnej wizycie w serwisie serwisant otrzymuje pełną informację o przeprowadzonych naprawach.

Stworzenie w pełni funkcjonalnego interaktywnego systemu wymaga obszernych konsultacji potencjalnym użytkownikami, producentami samochodów oraz obszernej znajomości technik programistycznych, języków programowania, tworzenia baz danych, systemów wspomaganie decyzji itp. Wynikiem czego może powstać system który w znacznym stopniu skróci czas serwisu pojazdu, umożliwi serwisom obsługę wielu marek samochodów.

Literatura

- [1] Ehrgott M.: *Multicriteria optimization*. Springer-Verlag, Berlin, 2005.
- [2] Kwiatkowska A. M., *Systemy wspomaganie decyzji. Jak korzystać z wiedzy i informacji w praktyce*, PWN, 2007
- [3] Poe V., Klauer P., Brobst S., *Tworzenie hurtowni danych*, WNT Warszawa 2000.

- [4] Radosiński E. *Systemy informatyczne w dynamicznej analizie decyzyjnej*, WNPWN, Warszawa – Wrocław 2001.
- [5] Rudas I.J.: Hybrid Systems, W: *Encyclopedia of Information Systems*. Elsevier Inc.2004
- [6] Zadora P., Wolny W: *Hybrydowe systemy wspomagania decyzji jako nowa forma inteligentnych systemów wspomagania decyzji*, Akademia Ekonomiczna, Katowice
- [7] Zajac P.: *Silniki pojazdów samochodowych. Cz. 2, Układy zasilania chłodzenia, smarowania dolotowe i wylotowe*. Warszawa : WKiŁ, 2012.

Dawid Skrzypczyński¹, Jerzy Stamirowski², Arkadiusz Gola³

Algorytm doboru robotów dla podsystemu transportu i manipulacji w zautomatyzowanych elastycznych systemach wytwarzania

Słowa kluczowe: robot przemysłowy, projektowanie, elastyczne systemy wytwarzania, baza danych, algorytm doboru

Streszczenie

Jednym z aktualnych problemów badawczych pozostaje zagadnienie projektowania zautomatyzowanych systemów produkcyjnych o sparametryzowanym poziomie elastyczności. W obszarze tym kluczową kwestię stanowi odpowiedni dobór maszyn technologicznych oraz urządzeń realizujących operacje transportu i manipulacji. W pracy przedstawiono algorytm eliminacji krytycznej robotów przemysłowych, co stanowi pierwszy etap metodologii doboru robotów dla zautomatyzowanych systemów wytwórczych. Podano założenia na jakie należy zwrócić uwagę w procesie wyboru, a także zidentyfikowano parametry krytyczne, których spełnienie gwarantuje właściwy dobór robota. Wyjaśniono również budowę klas odpowiedzialnych za powstanie systemu automatycznego doboru.

1. Wstęp

We współczesnym przemyśle wytwórczym, funkcjonującym w nieustannie zmieniającym się, niespokojnym otoczeniu, jak również silnej konkurencji o zasięgu globalnym, przedsiębiorstwa produkcyjne często zmuszone są do zmiany

¹ mgr inż. Dawid Skrzypczyński, Politechnika Świętokrzyska, Katedra Automatyki i Robotyki, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, e-mail: davskr@gmail.com.

² dr hab. inż. Jerzy Stamirowski, prof. PŚ, Politechnika Świętokrzyska, Katedra Automatyki i Robotyki, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, e.stamirowska@upcpoczta.pl.

³ dr inż. Arkadiusz Gola, Politechnika Lubelska, Katedra Organizacji Przedsiębiorstwa, Wydział Zarządzania, e-mail: a.gola@pollub.pl.

metod i organizacji procesu wytwarzania. Wiąże się to również ze zmianą podejścia do problematyki projektowania systemów wytwórczych.

W przeszłości, systemy produkcyjne były projektowane pod kątem funkcjonowania w stabilnym środowisku. W dzisiejszym dynamicznych warunkach systemy muszą mieć możliwość produkcji zmiennego asortymentu w zróżnicowanych ilościowo partiach wyrobu. Udoskonalenie systemów produkcji wymaga racjonalnego zwiększenia ilości i/lub struktury jego podsystemów lub komponentów, ponieważ jest to zbiór jednostek, które razem współpracują ze sobą [11]. Zmiana w jednym z elementów, wpływa na inne jego podmioty oraz na zachowanie się systemu jako całości. Dlatego też każda poprawa takiego złożonego układu powinna być opracowana kompleksowo i w sposób systemowy.

W odpowiedzi na aktualne wymagania rynku, warunkiem koniecznym jest zatem projektowanie i budowa systemów produkcyjnych pozwalających na dostosowaniu wymagań do zaistniałych potrzeb przy jednoczesnym utrzymaniu wysokiej efektywności produkcji [8]. Systemami które na to pozwalają są elastyczne systemy produkcyjne (ESP) [1]. W swej budowie uwzględniają wszystkie cechy dedykowanych systemów produkcyjnych oraz zindywidualizowanej produkcji jednostkowej.

Niestety pomimo długoletnich prac badawczych zakresie budowy i projektowania elastycznych systemów produkcyjnych, dotąd nie została opracowana kompleksowa metodyka projektowania ESP [18]. W literaturze znaleźć można wiele cząstkowych rozwiązań w zakresie problematyki doboru obrabiarek w elastycznych systemach produkcyjnych [3,6,9,10,17] czy też projektowania podsystemu magazynowania w ESP [4,5,7]. Brak jest jednak rozwiązań dotyczących problematyki doboru urządzeń do realizacji operacji transportowych i manipulacyjnych.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono koncepcję algorytm doboru robotów przemysłowych wspomagający proces projektowania podsystemu transportu i manipulacji w elastycznych systemach produkcyjnych. W sposób szczególnie skupiono się na kryteriach krytycznych mających decydujący wpływ na przebieg procesu doboru i zakres możliwych konfiguracji podsystemu transportu i manipulacji projektowanego ESP.

2. Założenia dla metodyki doboru podsystemu robotów w elastycznym systemie produkcyjnym

Jednym z głównych problemów w zakresie projektowania elastycznych systemów produkcyjnych pozostaje zagadnienie związane z projektowaniem podsystemu transportu i manipulacji, a w szczególności dobór urządzeń realizujących operacje przenoszenia części obrabianych. Problem ten jest kluczowy dla ustalenia wydajności systemu, oraz w dużej mierze decyduje o jego efektywności.

Głównym celem prowadzonych prac badawczych jest opracowanie kompletnej metodyki optymalnego doboru robotów przemysłowych dla zautomatyzowanych elastycznych systemów wytwarzania. Podejście zaprezentowane w niniejszej pracy (będącej elementem prowadzonych prac), ma na celu wspomaganie projektanta w procesie decyzyjnym, poprzez wykorzystanie algorytmu umożliwiającego znalezienie optymalnego rozwiązania z punktu widzenia ograniczeń i preferencji konkretnego przedsiębiorstwa. Pozwoli to na dobór maszyn przemysłowych przez nieprzeszkoloną w tym zakresie kadrę kierowniczą, która jak pokazują badania, w głównej mierze odpowiedzialna jest za zakup nowych urządzeń [1].

Drugim celem jakie musi spełniać algorytm to dostosowanie jakościowe robota przemysłowego do określonych w zadaniu projektowym kryteriów doboru, oraz środowiska przemysłowego. Należy tu podkreślić, że w głównej mierze polega to na nieznacznym zwiększeniu parametrów technicznych takich jak udźwig, zasięg, w celu uwzględnienia pewnego „zapasu”. W praktyce, bardzo często obserwuje się jednak brak racjonalizacji w doborze urządzeń, poprzez zakup elementów wyposażenia o zdolnościach znacznie przekraczających rzeczywistych potrzeb wynikających z realizacji procesu produkcyjnego. W konsekwencji, bardzo wiele maszyn nie wykorzystuje nawet w połowie swoich możliwości.

Oczywiście dla producentów jest to bardzo dobre podejście, które sprzyja sprzedaży bardziej zaawansowanych technicznie urządzeń. Zakup drogiego wyposażenia, które nie jest w pełni wykorzystane jest podejściem nieefektywnym prowadzącym do zamrożenia kapitału w sprzęt, który nie będzie miał możliwości wygenerowania przychodu zapewniającego pokrycie kosztu jego zakupu. W dobie kryzysu należy się często także liczyć z ograniczonym budżetem inwestorów, co nakłada dodatkowe warunki racjonalnego doboru sprzętu. Dobrym rozwiązaniem jest więc takie, które ograniczy marnotrawstwo sprzętu polegające na niepełnym jego wykorzystaniu.

Aktualnie, w procesie projektowania zautomatyzowanych systemów wytwórczych, kluczową rolę stanowi robotyka, oraz jej dynamiczny rozwój, który widoczny jest głównie w szybko rozwijających się gospodarkach Europy i świata (Stany Zjednoczone, Japonia, Chiny). Roboty przemysłowe wymagają zastosowania najnowocześniejszych rozwiązań konstrukcyjnych. Wiąże się to z wysokimi wymaganiami stawianymi przez odbiorców. Oczekuje się od nich by pracowały bezawaryjnie przez długi okres czasu, w trudnych warunkach środowiskowych. Ich wykorzystanie ogranicza się nie tylko do prac monotonicznych lub niebezpiecznych. Dzięki wysokim standardom można je wykorzystywać także w środowiskach, które wymagają od urządzeń najwyższych standardów sanitarnych (tzw. *clean-room*).

W literaturze występuję następujący podział konstrukcji robotów ze względu na ich rodzaj:

- roboty o strukturze monolitycznej (stała struktura kinematyczna) – taką konstrukcję można uzupełnić o chwytaki lub akcesoria dopuszczone do użytku przez producenta,

- roboty o strukturze modułowej (zmienna struktura kinematyczna) – konstrukcję można całkowicie przekonfigurować dokładając, zabierając lub wymieniając któryś z modułów,
- roboty o strukturze pseudo modułowej – roboty te posiadają jednolitą strukturę kinematyczną z możliwością wymiany niektórych elementów (zazwyczaj ostatnich ogniw w łańcuchu kinematycznym robota) [19].

Podstawowym kryterium jakim kierują się producenci w wyborze robotów przemysłowych jest jednak jego cena. W głównej mierze ma ona wpływ na decyzję zakupu. Należy również uwzględnić koszty związane z przebudową linii technologicznej, zakupieniem dodatkowego osprzętu, zatrudnieniem nowych pracowników odpowiedzialnych za obsługę. Znacząco zwiększa to koszt początkowy. Pomimo, że wydatek może zwrócić się dość krótkim okresie czasu – nawet po dwóch latach, początkowa wartość inwestycji jest uznawana często jako znaczna. Dlatego należy zaproponować sposób który w znacznym stopniu zminimalizuje koszty.

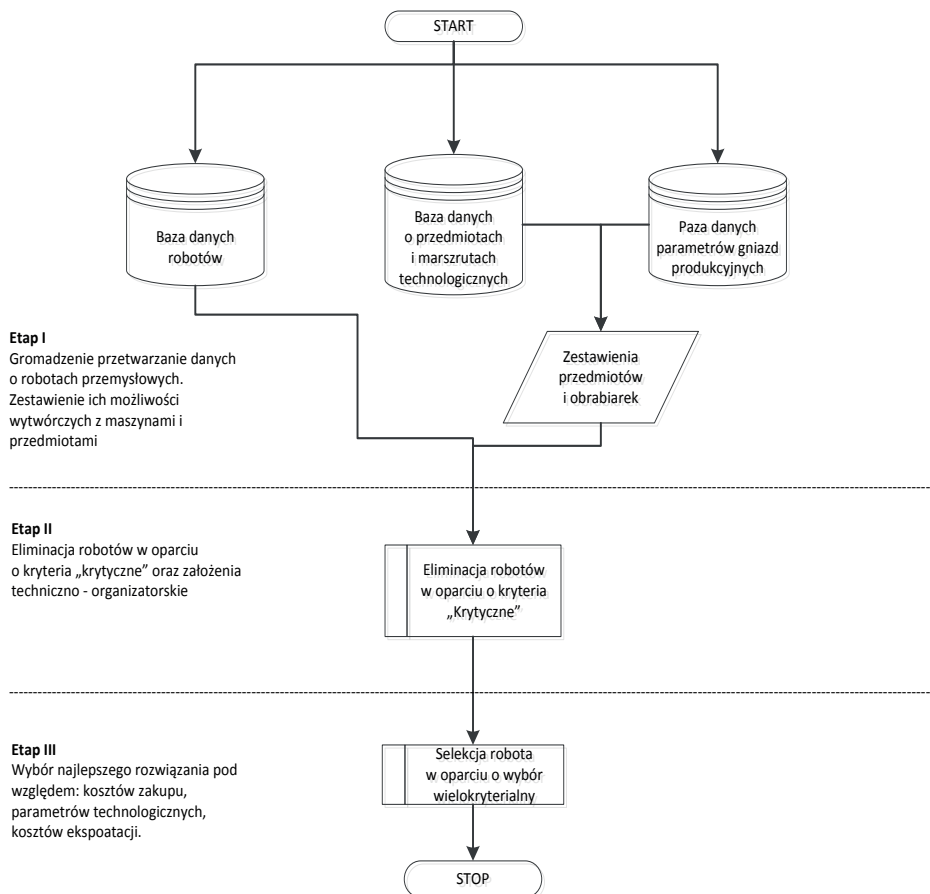
Proponowane podejście opiera się na trójetapowym przebiegu doboru robotów (rys. 1). Bazuje ono na opracowanych lub zaadoptowanych metodach polegających na gromadzeniu danych ich eliminacji i ostatniej fazie – analizie wielokryterialnej. W algorytmie wyróżnić można trzy zasadnicze etapy:

- Etap I: Zbieranie i przetwarzanie danych o robotach, procesie technologicznym i marszrutach technologicznych; zebranie założeń technologicznych wyrobów, maszyn oraz zapis całej technologii wyrobu.
- Etap II: eliminacja krytyczna polegająca na odrzuceniu robotów nie spełniających kluczowych założeń projektowych lub zaleceń.
- Etap III: końcowy etap polegający na wyborze optymalnym, opierający się na analizie optymalnej.

Podzielenie algorytmu na etapy pozwala na jego uproszczenie. Daje również możliwość sprawdzenia ilości robotów jakie pozostają. Jeśli liczba robotów które pozostaną po drugim etapie jest za mała należy zrezygnować z niektórych wymogów krytycznych o ile nie są one kluczowe w systemie (np. udźwig).

3. Zapis wiedzy o robotach dla elastycznego systemu produkcyjnego

Podstawowym elementem umożliwiającym opracowanie kompleksowego narzędzia wspomagającego proces doboru robotów przemysłowych jest możliwość zastosowania odpowiednich narzędzi informatycznych umożliwiających modelowanie projektowanego systemu wraz z powiązaniem pomiędzy poszczególnymi jego składnikami. Opracowanie takiego narzędzia, bez wcześniejszego zbudowania modelu systemu jest zadaniem bardzo trudnym, a czasami – przy rozbudowanych systemach – wręcz niemożliwym [12].



Rys. 1. Schemat ogólny algorytmu doboru robotów w ESP

Źródło: opracowanie własne

W procesie projektowania bardzo często stosuje się metody obiektowe. Pozwalają one na pełny opis wszelkich składników systemu, nawet tych najbardziej rozbudowanych. Podstawowe etapy budowy tego systemu można podzielić na:

- identyfikację obiektów uczestniczących w procesie,
- opis powiązań między obiektami, sposób wymiany informacji,
- opis dynamiki obiektu,
- zachowanie systemu [14].

Na wstępie należy uwzględnić dla jakiego systemu przewidziano scenariusz. Możliwości optymalizacyjne i ich znaczenie dla sektora przemysłowego, w perspektywie średnio i długookresowej świadczą o zainteresowaniu firm produkcyjnych tym tematem oraz o możliwości poczynienia badań w tej dziedzinie. Dzięki

możliwościom jakie oferują języki opisowe można opisać system dla następujących systemów produkcyjnych:

- DML – Dedicated Manufacturing Line,
- FMS – Flexibility Manufacturing Systems,
- FFMS – Focused Flexibility Manufacturing Systems,
- RMS – Reconfigurable Manufacturing Systems.

Celem głównym dla algorytmu optymalizacyjnego dostosowanego do wszystkich typów systemów produkcyjnych jest dokonanie najlepszego wyboru z pośród określonego i zdefiniowanego zbioru robotów $\gamma = \{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n\} = \{\gamma_i\}$, gdzie $i = 1, 2, \dots, n$ maszyna która będzie spełniać wszystkie kryteria i zalecenia projektowe zdefiniowane w fazie budowy systemu.

Realizacja tego zadania wymaga odpowiedniego zapisu wiedzy o robotach, umożliwiającego szybkie i efektywne jej przetwarzanie i analizowanie. W przypadku obiektów typu robot przemysłowy wiedza pozwalająca na jednoznaczne określenie wszelkich jego cech charakterystycznych (z punktu widzenia procesu doboru) jest wiedzą jawną, umieszczoną głównie w różnorodnych katalogach lub stronach internetowych. Dlatego istnieje możliwość do zapisania jej w postaci funkcji (rekordu) informacji w postaci zmiennych o charakterze informacyjnym, technicznym oraz ekonomicznym [13]:

$$\gamma_i = (i_b, t_b, e_i) \quad (1)$$

gdzie: γ_i – wiedza o i-tym robocie, i_b – dane o charakterze informacyjnym, t_b – dane o charakterze technicznym, e_i – dane o charakterze ekonomicznym.

Analiza danych katalogowych wiodących producentów robotów pozwoliła na wyodrębnienie i scharakteryzowanie dwudziestu parametrów które, są niezbędne w procesie doboru robota przemysłowego. Parametry te zostały przedstawione w tabeli 1.

Opcjonalność niektórych parametrów uzależniona jest od wartości innego parametru wymaganego.

Niestety dostęp do danych katalogowych jest dość utrudniony. Jak już wspomniano w artykułach [15,16] osoby odpowiedzialne za dobór niejednokrotnie zmuszone są do korzystania z różnorodnych wersji tych samych katalogów. Przykładem jest to konieczne w celu określenia zużycia prądu, liczby przyłączy (ang. *power consumption*). Jak wspomniano ciężko ten parametr znaleźć w katalogach przeznaczonych na rynek polski – jest natomiast zamieszczany w katalogach angielskojęzycznych, rosyjskojęzycznych itd. Utrudnia to w znacznym stopniu, a czasem wręcz uniemożliwia zbudowanie pełnej bazy danych zawierających najważniejsze informacje o charakterze ekonomicznym, dotyczące robotów przemysłowych. Wskazane jest zatem aby ujednolicić sposób przedstawiania danych katalogowych, w sposób wygodny dla projektantów oraz użytkowników systemu.

Tab. 1. Parametry niezbędne w procesie zapisu wiedzy o robotach

Lp.	Rodzaj eliminacji	Opis	Typ danych: (i) informacyjny, (t) techniczny, (e) ekonomiczny	Informacja wymagana (w), opcjonalna (o)
1	Cena	Określenie maksymalnej ceny robota. cena będzie zależeć również od tego czy jest to nowy robot czy używany.	e	w
2	Dokładność	Dokładność którą musi osiągnąć robot.	t	w
3	Hałas	Określenie maksymalnego hałasu wydawanego przez robota.	i	w
4	Komunikacja	Możliwości komunikacji robota z innymi częściami systemu. Parametr powiązany z programatorem.	i	w
5	Konsumpcja prądu	Określenie maksymalnej konsumpcji prądu. Zapotrzebowanie robota na energię elektryczną.	e/t	w
6	Masa robota	Porównanie dopuszczalnej masy robota która określona jest w klasie opisującej pomieszczenie.	t	w
7	Nowy / używany	Sprawdzenie czy jest możliwość kupienie po znacznie niższych cenach używanego robota.	i	o
8	Okres gwarancyjny	Sprawdzenie łącznego okresu gwarancyjnego oraz wsparcia technicznego.	i	o
9	Pozycja montażu	Sprawdzenie czy istnieje możliwość instalacji robota w pozycji przewidzianej przez system: podłoga, ściana, sufit.	t/i	w
10	Producent	Sprawdzenie producenta robota.	i	w
12	Programator	Sprawdzenie właściwości programatora określonego w systemie.	t	w
13	Przestrzeń robocza	Sprawdzenie czy robot ma wymagany zasięg.	t	w
14	Przyłącze sieciowe	Właściwości przyłącza sieciowego: dopuszczalna tolerancja, częstotliwość, zabezpieczenia.	t	w
15	Stopień ochrony	Sprawdzenie wymaganego parametru IPXX obudowy.	t	w
16	System sterowania	Określenie wymaganego systemu sterowania.	t	o

17	Temperatura pracy	Sprawdzenie czy możliwa jest praca w określonych przez system warunkach temperaturowych.	i	w
18	Udźwąg robota	Sprawdzenie trzech rodzajów udźwągów (znamionowego, dodatkowego, łącznego)	t	w
19	Układ sterowania	Sprawdzenie właściwości układu sterowania: dostępność łączy, ciężar, wymiary, magistrale, stopień ochrony itd.	t	o
20	Wsparcie procesu technologicznego	Należy sprawdzić czy dany robot posiada wsparcie programowe danego procesu (spawanie paletyzacja itd.)	i	w

Źródło: opracowanie własne

4. Eliminacja robotów w oparciu o kryteria krytyczne.

Eliminacja robotów w oparciu o kryteria „krytyczne” (Etap II) jest pierwszym krokiem w procesie doboru. Jej celem jest „usunięcie” ze zbioru γ maszyn, które nie spełniają założeń:

- związanych z parametrami technicznymi (np. nie mają wymaganego udźwigu, przestrzeni roboczej itp.),
- nie spełniają założeń przewidzianych przez projektanta systemu,
- nie posiadają zdolności technologicznej realizacji żadnego z zabiegów w procesie technologicznym wyrobu (np. manipulacji przedmiotem).

W algorytmie agregacji robota przemysłowego w strukturę systemu produkcji, należy wziąć pod uwagę między innymi następujące parametry:

- liczbę osi programowalnych tj. stopni swobody (3 osie podstawy odpowiedzialne za pozycję i 3 osie ramienia zapewniają dowolne ustawienie tj. orientację w przestrzeni),
- zasięg pracy robota,
- dokładność i powtarzalność ruchów,
- wagę przedmiotu obrabianego jak i całego robota,
- udźwąg,
- zaimplementowane opcje dodatkowe.

Mnogość parametrów które to w dokładny sposób mogą opisać system jest znaczna. Istotne są również wymagania stawiane przez system. Wszystkie parametry przedstawiono w tabeli 2.

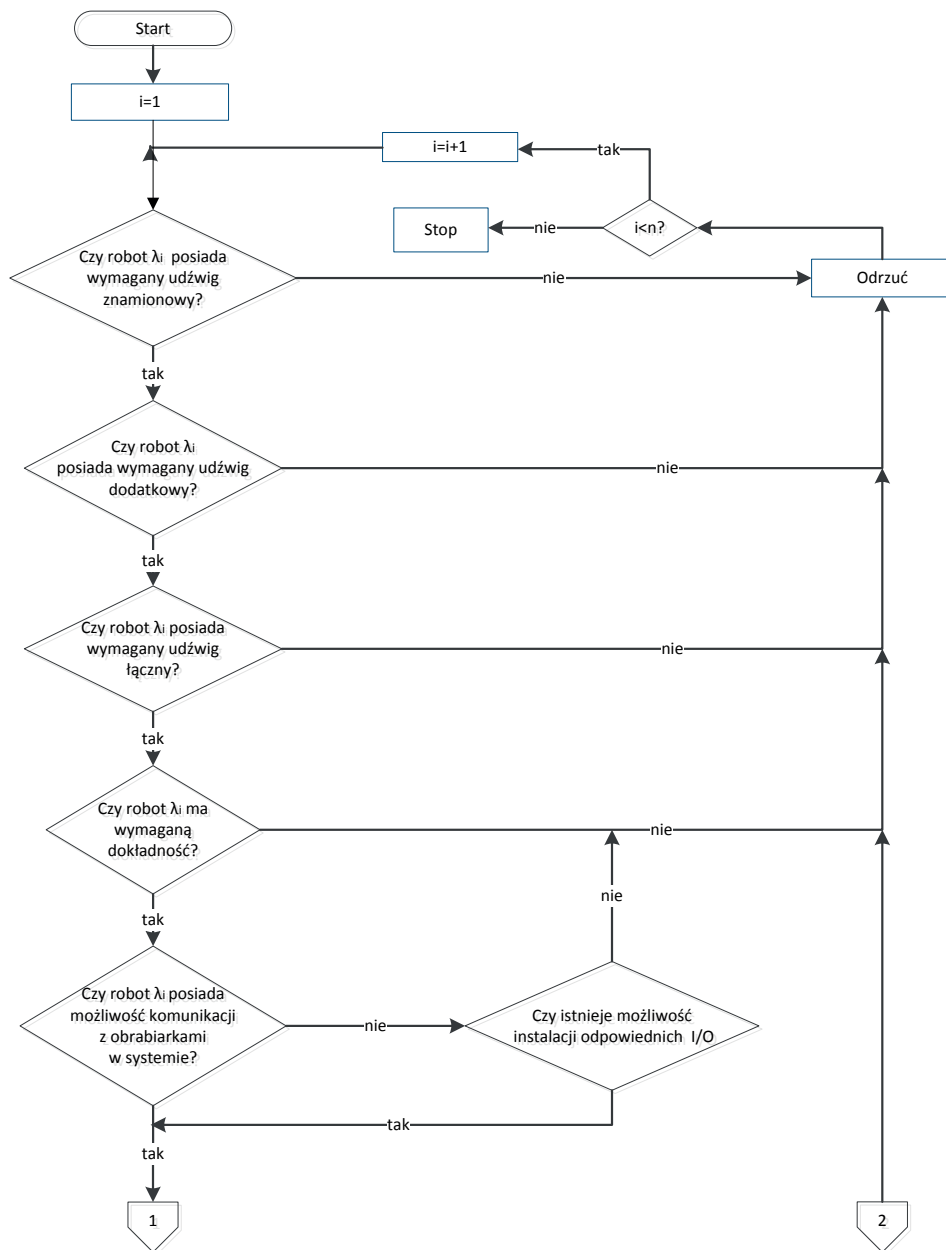
Tab. 2. Parametry krytyczne wymagane przez system

Lp.	Parametr robota		Kryterium powiązane z procesem technologicznym	
1	Udźwig (znamionowy, łączny)	>	Masa przedmiotu	
2	Dokładność robota	≥	Wymagana dokładność przez projektanta	
3	Stopień ochrony IPXX	≥	Rodzaj pomieszczenia	Pomieszczenie
4	Sposób montażu	⊂	Zdefiniowane możliwości montażu robota	
5	Temperatura pracy	≥	Maksymalna temperatura panująca w pomieszczeniu	
6	Masa robota	≤	Maksymalna dopuszczalna masa urządzeń manipulacji	
7	Wielkość przestrzeni roboczej	±	Wielkość gniazda produkcyjnego	
8	Wsparcie procesu technologicznego robota	⊂	Rodzaj procesu technologicznego wykonywany w ESP	

Źródło: opracowanie własne

Dzięki zapisaniu procesu technologicznego w bazie danych w bardzo łatwy sposób można zaprojektować algorytm wstępnej selekcji robotów – algorytm parametrów „krytycznych” (rys. 2).

Przedstawiony algorytm ma na celu pozostawienie w bazie danych tylko takich urządzeń które spełniają zarówno parametry ważne w punktu widzenia procesu technologicznego, ale także spełniają zalecenia lub preferencje projektanta (np. producent robota, programator).



Rys. 2. Algorytm eliminacji robotów w oparciu o kryteria „krytyczne” (fragment)

Źródło: opracowanie własne

5. Baza danych dla modelu danych w ESP

Bardzo dobrym narzędziem pozwalającym na dokładne zaplanowanie struktury danych już na etapie projektowania jest język UML. Język ten opracowano jako graficzną notację pozwalającą opisać projekty oprogramowania w podejściu obiektowym [2]. Przy projektowaniu bazy danych należy głównie zwrócić uwagę na model danych, na tyle obszerny i rozbudowany aby pozwalał na pełny zapis wszelkich danych katalogowych, ograniczeń systemu oraz wszelkich preferencji projektanta.

Przy projektowaniu należy zwrócić uwagę na model w sposób, który pozwoli zaprojektować bazę danych. Model musi być jednolity z bazą danych. Wszelkie pola w modelu danych muszą odpowiadać odpowiednim polom w bazie danych. Pozwoli to na pełny zapis procesu technologicznego. W procesie projektowania należy również wykorzystać metody. Metody w modelu danych to funkcje które odpowiedzą na kluczowe pytania pochodzące od procesu.

Przykład na rys. 3 pokazuje klasę C_Robot która, w bazie danych odpowiada kilku tabelom.

C_Robot	
-Nazwa : string	
-Producent : object	
-Udzwig : object	
-Dok³adnosc : double	
-Stopien_ochrony : string	
-Sposob_montazu : object	
-Temperatura_Pracy : int	
-Masa : int	
-Wsparcie_procesu_tehnologicznego : object	
-Poziom_halasu : int	
-Podstawa : object	
-Konsumpcja_pradu : int	
-Pozycja_montazowa : object	
-Temperatura_pracy : object	
-Wymiary : object	
-Pomieszczenie : object	
+przestrzen_robocza() : bool	

6.

Rys. 3. Klasa C_Robot w UML

Źródło: opracowanie własne

W tabeli tej zamieszczono najważniejsze dane dotyczące robotów oraz przykłady typów danych jakich należy użyć. Dzięki wykorzystaniu funkcji *przestrzen_robocza* możliwa jest odpowiedź na pytanie czy przedmiot znajduje się w przestrzeni roboczej manipulatora wykorzystując odwrotne zadanie kinematyki oraz wymiary robota.

Ze względu na znaczną ilość danych prezentowany model ma duże znaczenie dla modelowania zachowań systemu. Pozwala określić jak poszczególne zmiany

w strukturze wpłyną na jego zachowanie, a także określić w sposób jednoznaczny czy wybór robota był odpowiedni. Dzięki temu możliwe jest wyeliminowanie wąskich gardeł i przestojów produkcji.

Choć nie jest to konieczne, dla przejrzystości czasem należy zmienić nazwy niektórych atrybutów w bazie danych. Do kluczowych klas należą te, które definiują system, marszruty, robota i producenta. Po zadaniu odpowiednich wymagań pozwolą na jednoznaczną odpowiedź co do wyboru modelu i robota. Dodatkowe wymogi przedstawione w poprzednich rozdziałach również mogą być uwzględnione.

7. Wnioski

Dla projektantów zautomatyzowanych systemów produkcyjnych bardzo ważną kwestią pozostaje poszukiwanie nowych metod projektowania, które to pozwolą na budowę systemów o wymaganym poziomie elastyczności oraz względnie niskich kosztach. Konsekwencją jest powstanie nowych form elastycznych systemów produkcyjnych, takich jak dedykowane elastyczne systemy produkcyjne (FFMS) czy też rekonfigurowalne systemy produkcyjne (RMS). Niniejsze systemy wytwórcze posiadają możliwość dostosowania do określonego poziomu elastyczności i wielkości produkcji bądź na etapie projektowania systemu, bądź też w trakcie jego eksploatacji

Przedsiębiorstwa produkcyjne konsekwentnie i w sposób ciągły starają się doskonalić swoje możliwości wytwórcze, dlatego też należy dążyć do ciągłego znajdowania nowych metod analizy i projektowania systemów produkcyjnych. Dla dalszego rozwoju elastycznej automatyzacji niezbędne wydają się prace nad doskonaleniem metodologii projektowania oraz rozwojem komputerowych systemów wspomagających projektanta. W procesie złożonego procesu projektowania systemów dla obecnych i przyszłych scenariuszy produkcji należy zapewnić odpowiednie metody, które to pozwolą na szybki dobór wszelkich urządzeń uczestniczących w procesie. Prace te powinny prowadzić do budowy systemów o elastyczności pozwalającej jeszcze lepiej zaspokajać bieżące, jak i przyszłe potrzeby użytkowników.

Literatura

- [1] Gania I., *Elastyczne systemy produkcyjne (ESP)*, Logistyka, nr 5/2006, s. 33-37.
- [2] Garcia-Molina H., Ullman J. D., Widom J., *Systemy baz danych*. Wyd. Helion, Gliwice 2011.

- [3] Gola A., Montusiewicz J., Świć A., *Computer Aided FMS machine tools subsystem selection using the Evolutionary System of Multicriteria Analysis*, Applied Computer Science, Vol. 7, No. 1, 2011, pp. 18-29.
- [4] Gola A., Osak M., *Modelowanie podsystemu obrabiarek w ESP części klasy korpus z wykorzystaniem programu Enterprise Dynamics*, Problemy Nauki i Techniki, nr 6/2011, s. 66-73.
- [5] Gola A., Osak M., *Zastosowanie symulacji komputerowych w projektowaniu podsystemu magazynowania ESP z wykorzystaniem programu Enterprise Dynamics*, [w:] K. Bzdyra, Informatyczne systemy zarządzania, Wyd. Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2012, s. 23-36.
- [6] Gola A., Świć A., *Computer-Aided Machine Tool Selection for Focused Flexibility Manufacturing Systems Using Economical Criteria*, Actual Problems of Economics, No. 10 (124) 2011, pp. 383-389.
- [7] Gola A., Świć A., *Design of storage subsystem of flexible manufacturing system using the computer simulation method*, Actual Problems of Economics, No. 4 (142) 2013, pp. 312-318.
- [8] Gola A., Świć A., *Directions of Manufacturing Systems' Evolution from the Flexibility Level Point of View*, [in:] Knosala R. (ed.) Innovations in Management and Production Engineering, Oficyna Wyd. Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2012, s. 226-238.
- [9] Gola A., Świć A., *Komputerowo wspomagany dobór obrabiarek w ESP części klasy korpus z wykorzystaniem systemu <<OPTSELECT>>*, [w:] Knosala R. (red.) Komputerowo zintegrowane zarządzanie. Tom 1, Oficyna Wyd. Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2011, s. 433-443.
- [10] Gola A., Świć A., Kramar V., *A multiple-criteria approach to machine-tool selection for focused flexibility manufacturing systems*, Management and Production Engineering Review (2011), Vol. 2, No. 4, pp. 21-32.
- [11] Kłosowski G., *Enhancing the optimization capabilities of simulation software with OptQuest for Arena Rockwell*. [Red.] Lipski J., Świć A. (editors), *Optimization of Production Processes*, Lublin University of Technology, Lublin 2013, s. 19-33.
- [12] Kłosowski G., *Cloud Manufacturing Concept as a Tool of Multimodal Manufacturing Systems Integration*, Foundation of Management, Vol. 04, No. 01, 2012, pp. 17-42.
- [13] Paszek A., *Budowa systemu zarządzania wiedzą w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Część 1: metodyka*, Zarządzanie Przedsiębiorstwem, nr 2/2009, s. 58-64.
- [14] Piątek Z., *Robotyka przemysłowa w Polsce i na świecie – sytuacja na rynku po kryzysie*, <http://automatykab2b.pl/>, 2010.
- [15] Stamirowski J., *Modelowanie systemów montażowych w języku UML*, Technologia i Automatyzacja Montażu, 3/2005, s. 3-8.

- [16] Stamirowski J., Skrzypczyński D., *Projektowanie zrobotyzowanego podsystemu transportu i manipulacji dla zautomatyzowanych elastycznych systemów produkcyjnych. Zarys problematyki.* [w:] Lipiński J., Janczarek M. M. (red.), *Projektowanie i sterowanie procesami*, Politechnika Lubelska, Lublin 2013, s. 32-35.
- [17] Świć A., Gola A., *Elements of Design of Production Systems – Methodology of Machine Tool Selection in Casing-Class FMS*, *Management and Production Engineering Review* (2010), Vol. 1, No. 2, pp. 73-81.
- [18] Zawadzka L., *Podstawy projektowania elastycznych systemów sterowania produkcją. Problemy techniczno-ekonomiczne*, Gdańsk, Wyd. Politechniki Gdańskiej, 2000.
- [19] http://pl.wikipedia.org/wiki/Robot_przemys%C5%82owy

Monika Kulisz, Jerzy Lipski

Modelowanie zjawisk nieliniowych w procesie frezowania

Słowa kluczowe: *frezowanie, tłumienie, modelowanie komputerowe, symulacja komputerowa*

Streszczenie

W artykule opisano modelowanie zjawisk nieliniowych procesu frezowania. Model zawiera trzy funkcjonalne moduły: obliczenia szerokości wióra, procesu generowania siły skrawania oraz dynamiki oddziaływania narzędzia i przedmiotu obrabianego. W budowanym modelu założono, że współczynnik tłumienia ξ zależy od stopnia zagłębienia ostrza narzędzia w materiał przedmiotu obrabianego. Przeanalizowano trzy warianty funkcji tłumienia $\xi(t)$: liniową, pierwiastkową drugiego stopnia oraz pierwiastkową trzeciego stopnia. Przedstawiono wyniki symulacji procesu: przemieszczeń względnych narzędzia i przedmiotu pod wpływem siły skrawania oraz wpływ współczynnika tłumienia na częstotliwość drgań układu.

Wstęp

Kształtowanie elementów maszyn i urządzeń za pomocą wysokowydajnościowej obróbki frezowaniem znajduje szerokie zastosowanie w produkcji. Ciągłe prowadzone są badania mające na celu poprawę wydajności procesu przy zachowaniu ograniczenia kształtowo wymiarowego wyrobów. Badania te wspomagane są poprzez symulację komputerową.

Narzędziem informatycznym stosowanym do symulacji procesów jest m.in. Simulink – integralny podprogram Matlab'a firmy MathWorks. Pozwala on na symulacje modeli zapisanych zarówno w postaci równań matematycznych, jak i schematów blokowych. Ma on wbudowaną bogatą bazę funkcji matematycznych. Może być stosowany do symulacji zjawisk liniowych oraz nieliniowych. Model opracowany w Simulinku ma budowę modułową, co pozwala na dalszą jego rozbudowę i modyfikację. Zaletą takiego rozwiązania jest również możliwość wizualizacji zjawisk na każdym etapie konstrukcji modelu.

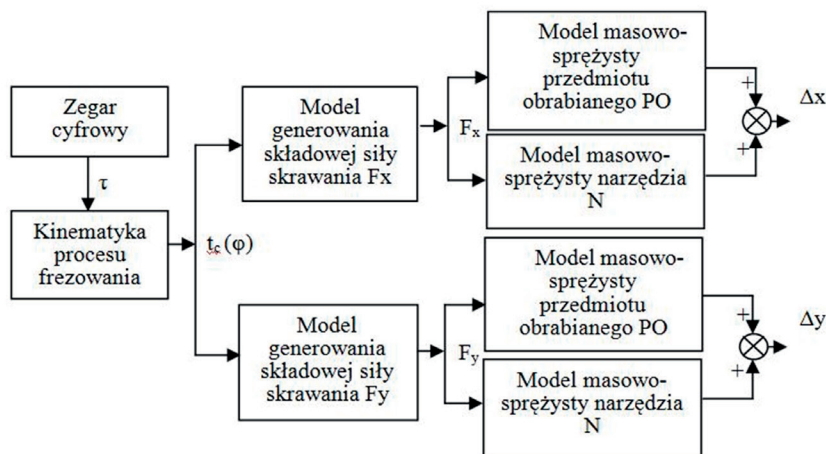
Modelowanie procesu następuje w trzech etapach. Pierwszym z nich jest zdefiniowanie schematu blokowego opisującego analizowane zjawiska na podstawie

opisu matematycznego równaniami różniczkowymi. Następnie przeprowadzana jest symulacja zaprojektowanego procesu. Polega ona na rozwiązaniu numerycznym równań różniczkowych w dziedzinie czasu. Ostatnim etapem jest przedstawienie wyników symulacji w formie graficznej oraz ich analiza.

1. Struktura modelu i założenia

Do modelowania i symulacji zjawisk nieliniowych w procesie frezowania zmodyfikowano opracowany [1] model liniowy pokazany na rys. 1. Modyfikacja polegała na uzależnieniu tłumienia od nieliniowo zmieniającej się szerokości skrawania. Ponieważ z doświadczeń wielu badaczy wynika, że zwiększaniu się szerokości skrawania towarzyszy wzrost tłumienia, co może być zjawiskiem korzystnym w tym procesie, przeprowadzono symulację pozwalającą na zobrazowaniu zmian trajektorii narzędzia względem przedmiotu. Obserwowano także jak będzie się zmieniała częstotliwość drgań zarówno narzędzia jak i przedmiotu gdy będzie się zmieniało tłumienie.

Model ten zawiera blok generujący dyskretny czas oraz blok realizujący opis matematyczny kinematyki procesu skrawania, czego efektem jest otrzymanie bieżącej szerokości warstwy skrawanej przez ostrze frezu w funkcji jego obrotu. Mając bieżącą szerokość warstwy skrawanej, możliwe jest obliczenie składowych siły skrawania, co jest dokonywane w następujących blokach modelu. Efektem działania składowych siły skrawania F_x i F_y na narzędzie i przedmiot obrabiany (obiekty masowo sprężyste), są względne przemieszczenia Δx i Δy . Obliczenie tych wielkości następuje to w kolejnych blokach modelu [2].



Rys. 1. Struktura modelu procesu frezowania

Źródło: Lipski J., Kulisz M.: Modelowanie i symulacja procesu frezowania, red. Świć A., Lipski J., Systemy technologiczne w inżynierii produkcji, Lublin 2013, s. 60.

2. Modelowanie tłumienia układu

Modelowany dynamiczny układ masowo-sprężysty może być opisany równaniem ogólnym:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx = F(t) \quad (1)$$

gdzie: m – masa układu przedmiotu/narzędzia;
 c – współczynnik proporcjonalności siły tłumienia;
 k – współczynnik sztywności;
 $F(t)$ – siła działająca na układ.

Po podzieleniu równania (1) obustronnie przez m i przyjęciu następujących założeń:

$$\frac{c}{m} = 2\xi\omega_0, \quad \frac{k}{m} = \omega_0^2, \quad \frac{F(t)}{m} = F_{jm}(t) \quad (2)$$

Równanie (1) otrzymuje następującą postaci:

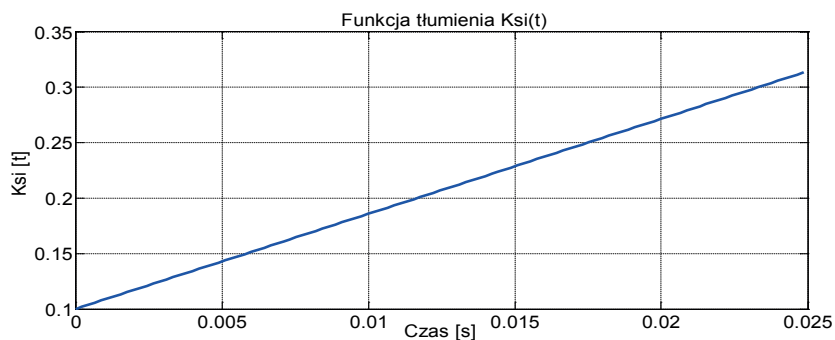
$$\ddot{x} + 2\xi\omega_0\dot{x} + \omega_0^2x = F_{jm}(t) \quad (3)$$

gdzie: ξ – bezwymiarowy współczynnik tłumienia;
 ω_0 – częstość drgań własnych;
 F_{jm} – siła wymuszenia odniesiona do jednostki masy.

W budowanym modelu założono, że współczynnik tłumienia ξ zależy od stopnia zagłębienia ostrza narzędzia w materiał przedmiotu obrabianego. Oznacza to zmianę jego wartości w czasie kontaktu narzędzia z przedmiotem. Podczas frezowania współbieżnego współczynnik tłumienia będzie zwiększał się podczas zagłębiania się narzędzia w przedmiot obrabiany.

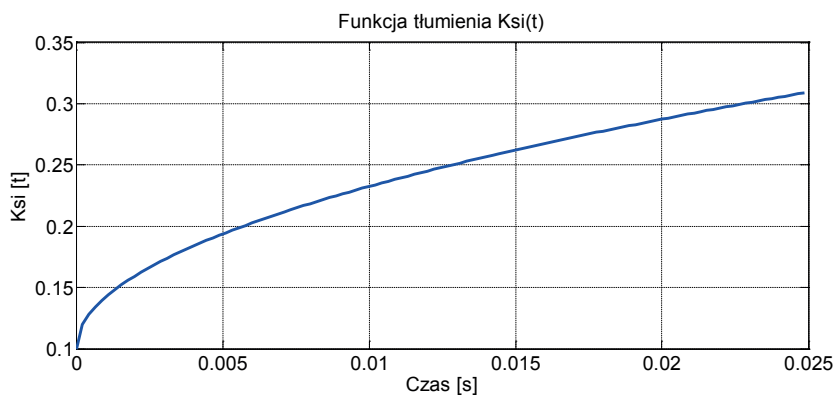
W pracy przeanalizowano trzy warianty funkcji tłumienia $\xi(t)$ o następujących postaciach:

- a) funkcję liniową $\xi(t)=0.1+0.11*t$ (Rys. 2);
- b) funkcję pierwiastkową drugiego stopnia $\xi(t)=0.1+0.15*\sqrt{t}$ (Rys. 3);
- c) funkcję pierwiastkową trzeciego stopnia $\xi(t)=0.1+0.17*\sqrt[3]{t}$ (Rys. 4).



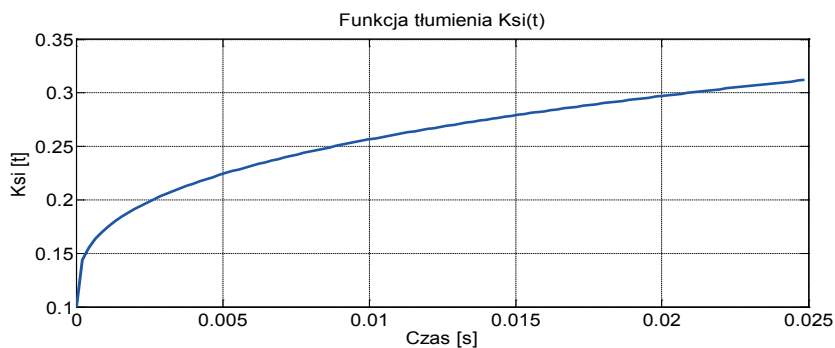
Rys. 2 Funkcja tłumienia $\xi(t)=0.1+0.11*t$

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 3 Funkcja tłumienia $\xi(t) = 0.1 + 0.15 * \sqrt{t}$

Źródło: opracowanie własne.



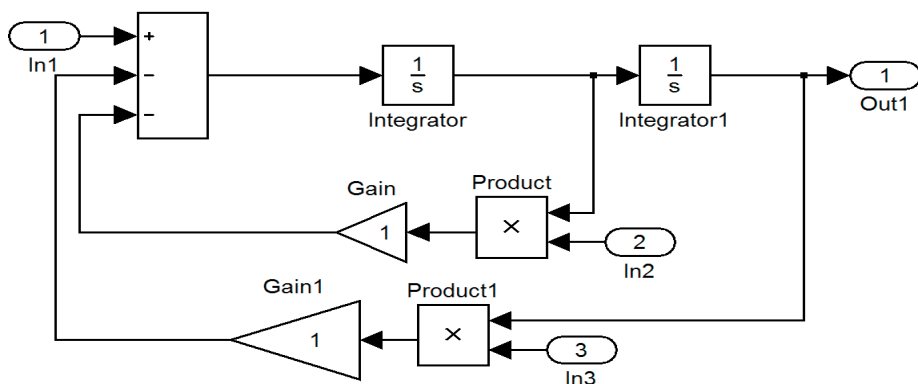
Rys. 4. Funkcja tłumienia $\xi(t) = 0.1 + 0.17 * \sqrt[3]{t}$

Źródło: opracowanie własne.

Zakładając, że: $x_1 = x$, $x_2 = \dot{x}_1$, $\dot{x}_2 = \frac{d^2x}{dt^2}$, układ równań stanu przyjmuje postać:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = F_{jm}(t) - 2\xi\omega_0 x_2 - \omega_0^2 x_1 \end{cases} \quad (4)$$

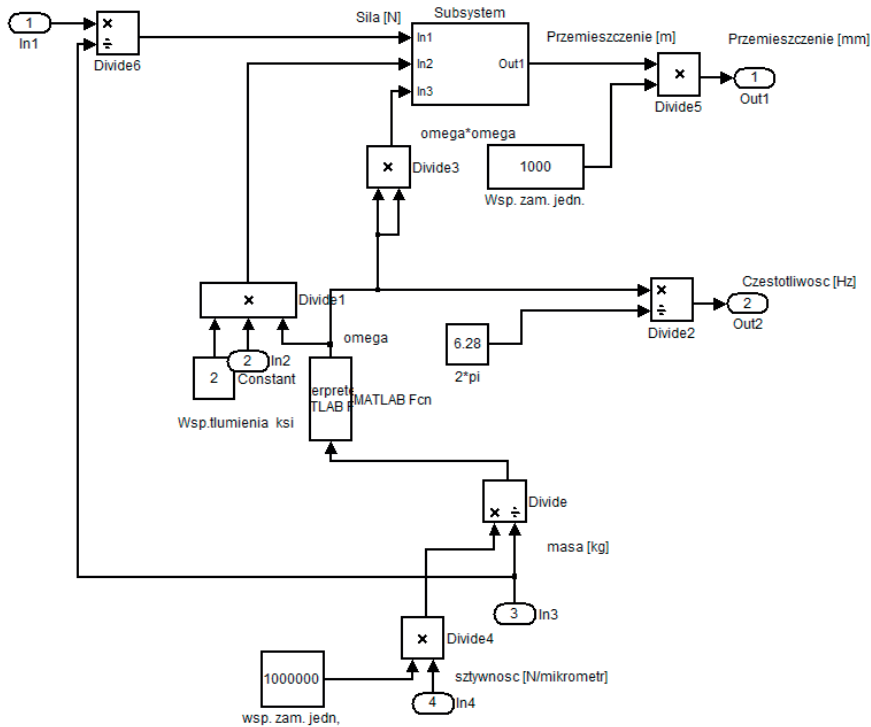
Schemat blokowy realizujący układ równań (4) w Simulinku przedstawia rys. 5.



Rys. 5. Schemat blokowy modułu w Simulinku rozwiązującego równanie różniczkowe (4) opisujące układ masowo-sprężysty z tłumieniem

Źródło: Lipski J., Kulisz M.: Modelowanie i symulacja procesu frezowania, red. Świć A., Lipski J., Systemy technologiczne w inżynierii produkcji, Lublin 2013, s. 66.

W celu określenia poszczególnych modeli opisujących właściwości narzędzia i przedmiotu obrabianego powyższy moduł został wyposażony w dodatkowe zewnętrzne bloki obliczeniowe adaptujące go w zależności od funkcji jakie ma spełniać. Schematy modeli są takie same, inne są tylko dane wejściowe i wyjściowe modelu. Przykładowy schemat przedstawia rys. 6.



Rys. 6. Model systemu masowo sprężystego uzupełniony o elementy pozwalające na jego parametryzację

Źródło: Lipski J., Kulisz M.: Modelowanie i symulacja procesu frezowania, red. Świć A., Lipski J., Systemy technologiczne w inżynierii produkcji, Lublin 2013, s. 66.

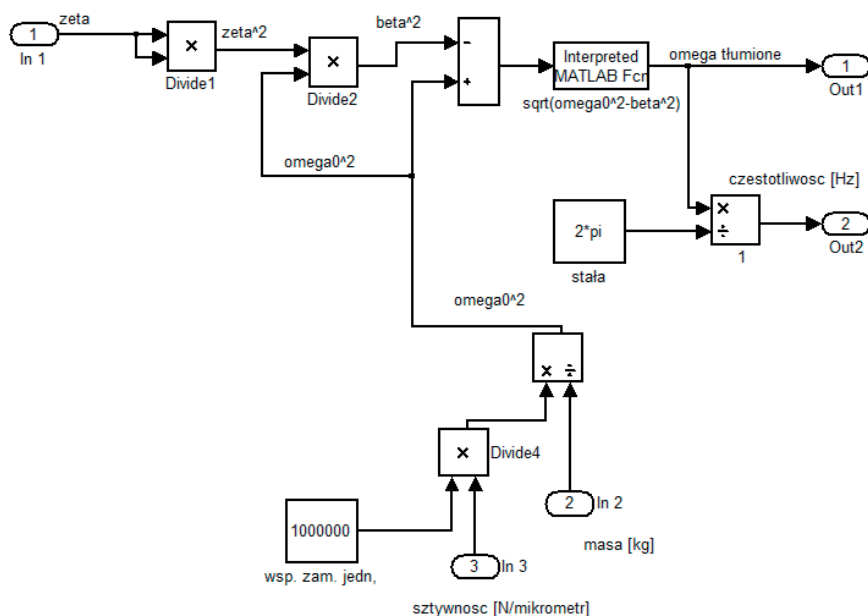
Częstości drgań układu dynamicznego z uwzględnieniem tłumienia można wyznaczyć z zależności:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} \quad (5)$$

gdzie: ω – częstość drgań układu dynamicznego z tłumieniem;
 ω_0 – częstość drgań własnych;
 β – tłumienie układu.

Korzystając z równania (1) i (2) oraz przyjmując oznaczenie: $\beta = \frac{b}{2m}$, tłumienie układu można opisać również następująco: $\beta = \xi\omega_0$.

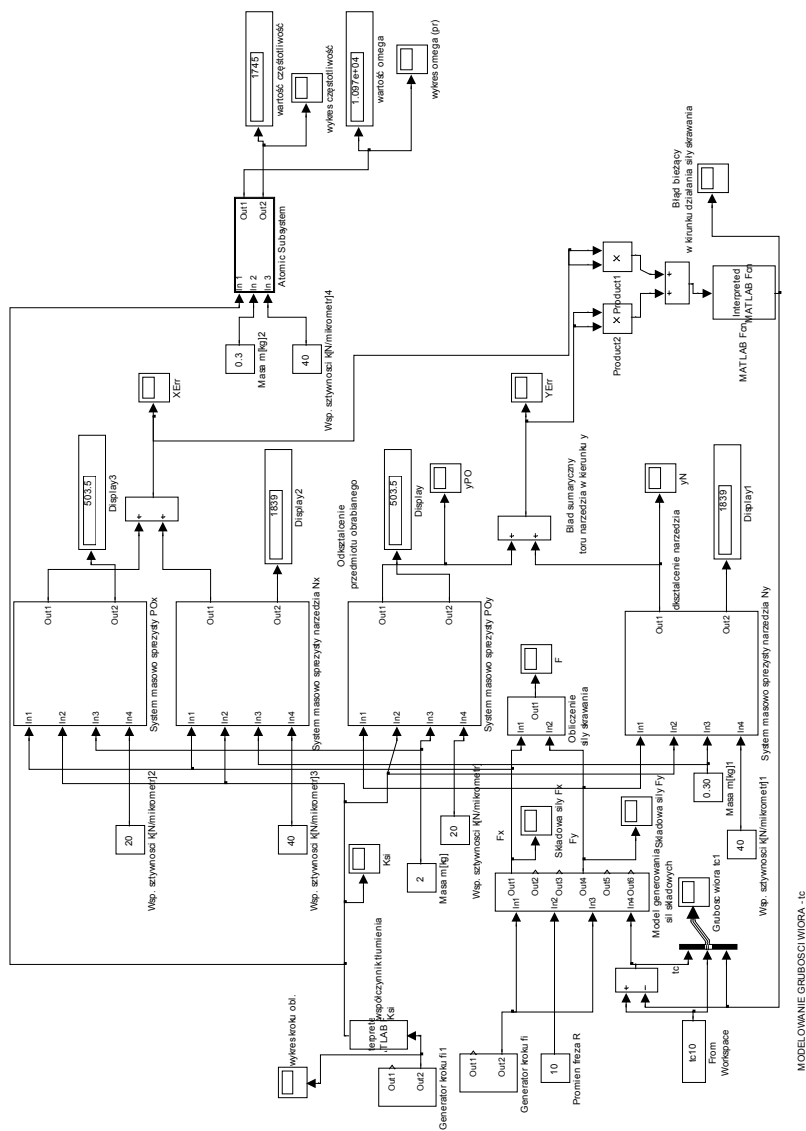
Schemat bloku liczącego częstość drgań układu dynamicznego przedstawia Rys. 7.



Rys 7. Model systemu liczącego częstotliwość drgań układu dynamicznego

Źródło: opracowanie własne.

Całkowity model procesu frezowania zbudowany w systemie Simulink na podstawie zaprojektowanych bloków funkcyjnych zgodnie z założonym schematem z rysunku Rys.1. przedstawia Rys. 8.



Rys. 8. Schemat blokowy modelu procesu frezowania

Źródło: opracowanie własne.

3. Symulacja modelu frezowania w systemie SIMULINK

Podczas symulacji procesu frezowania przyjęto wartości współczynników zamieszczone w Tab.1. Współczynniki te przyjęto na poziomie stosowanym przez różnych badaczy[2,3]. Ponadto przeprowadzony został eksperyment, dla takich samych parametrów obróbki, podczas którego zmierzone zostały składowe siły skrawania. Wartość siły z eksperymentu jest na takim samym poziomie, jaki otrzymano z symulacji.[1] Wynika stąd, że współczynniki i parametry obróbki zostały założone prawidłowo.

Tab. 1. Parametry symulacji

Parametry przykładowej symulacji procesu frezowania							
Materiał PO	K_{tc} [N/mm ²]	K_{rc} [N/mm ²]	D [mm]	m_{PO} [kg]	m_N [kg]	k_{PO} [N/μm]	k_N [N/m]
Alumi- nium	12,58	280	20	2	4	20	40

Źródło: Lipski J., Kulisz M.: Modelowanie i symulacja procesu frezowania, red. Świć A., Lipski J., Systemy technologiczne w inżynierii produkcji, Lublin 2013, s. 68.

Określono również inne parametry procesu:

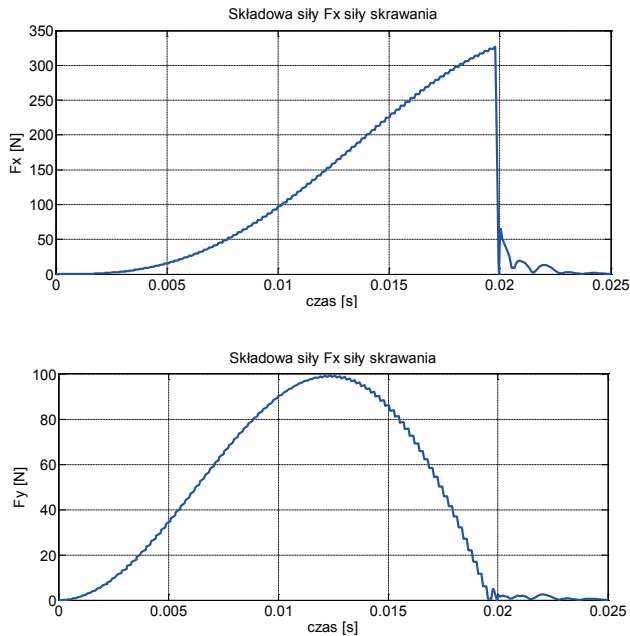
- posuw na ostrze $f_z = 0,1$ mm/ostrze
- prędkość skrawania $v_c = 47,1$ m/min,

Zakładając obserwację zjawisk podczas procesu skrawania jednym ostrzem frezem o dwóch ostrzach droga kątowa tego ostrza wyniosła $\pi/2$, w czasie 0,025s. Odpowiada to przyjętej prędkości skrawania.

Wielkościami wyjściowymi zamodelowanego procesu przyjęto: składowe x i y siły skrawania w funkcji czasu oraz odpowiadające im odkształcenia przedmiotu i narzędzia, sumaryczne zmiany szerokości wióra spowodowane tymi odkształceniami a także częstość i częstotliwość drgań układu dynamicznego z tłumieniem.

4. Wyniki przeprowadzonych symulacji

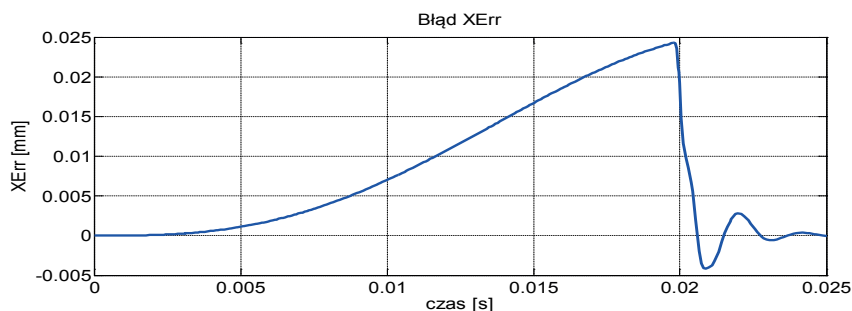
Siła skrawania ma charakter pulsacyjny wyraźnie to przedstawia Rys. 9, na których przedstawione zostały składowe siły skrawania. Składowa F_x rośnie z różną prędkością do max, zaś w momencie utraty kontaktu narzędzia z przedmiotem szybko spada do zera wywołując impulsowe wymuszenie układu masowo sprężystego. Składowa F_y osiąga maksymalną wartość w połowie czasu skrawania a następnie maleje do zera.



Rys. 9. Przebieg zmian składowych siły skrawania w czasie symulacji procesu

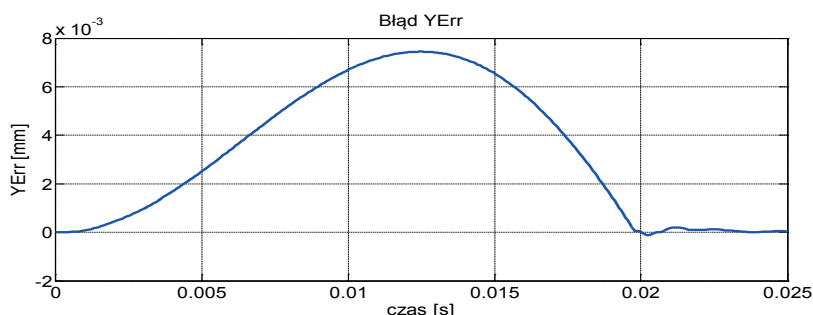
Źródło: opracowanie własne.

Dynamika procesu frezowania przyczynia się do trudności w ustaleniu zmian współczynnika tłumienia. Zwiększa się on wraz ze stopniem zagłębienia ostrza narzędzia w przedmiot obrabiany. Ta zależność nie jest jednak liniowa. Przeprowadzono symulację dla trzech wariantów funkcji tłumienia $\xi(t)$: funkcji liniowej $\xi(t)=0.1+0.11*t$, pierwiastkowej drugiego stopnia $\xi(t)=0.1+0.15*\sqrt{t}$ oraz pierwiastkowej trzeciego stopnia $\xi(t)=0.1+0.17*\sqrt[3]{t}$. Na podstawie wyników symulacji można stwierdzić, że nieliniowość tłumienia układu nie ma znaczącego wpływu na odkształcenia wywołane składowymi x i y siły skrawania. W przyjętej skali jak na Rys.10. nie można zaobserwować różnic pomiędzy poszczególnymi wariantami funkcji tłumienia.



Rys. 10. Wykres wartości względnych przemieszczeń narzędzia i przedmiotu obrabianego w osi x

Źródło: opracowanie własne.

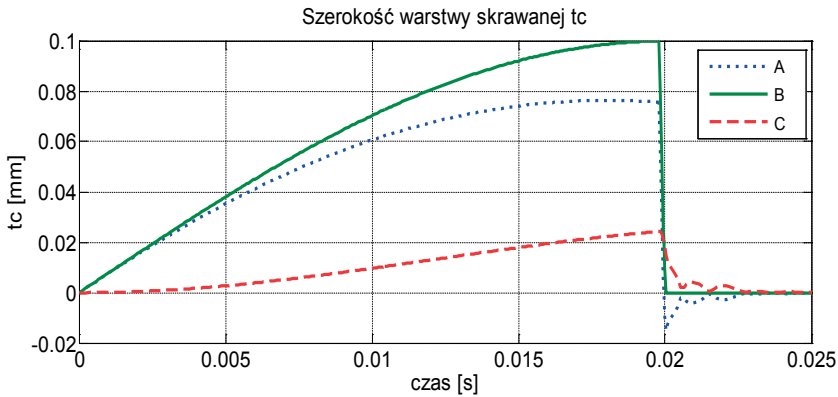


Rys. 11. Wykres wartości względnych przemieszczeń narzędzia i przedmiotu obrabianego w osi y. W 0,02 s następuje wyjście narzędzia z przedmiotu obrabianego co pobudza układ masowo-sprężysty do drgań własnych.

Źródło: opracowanie własne.

Na wykresach odkształceń Rys. 10., Rys. 11. Można zaobserwować dwie charakterystyczne fazy. Pierwsza w czasie do 0,02 s obrazuje zmiany wartości odkształceń spowodowanymi zmianą składowych sił skrawania. Druga po czasie 0,02 s, kiedy następuje wyjście narzędzia z przedmiotu obrabianego, co pobudza układ masowo-sprężysty do drgań oscylacyjnych i przyczynia się do oscylacyjnych zanikających przemieszczeń. Mogą one być istotne, jeśli nie zostaną wytłumiane, podczas kolejnych cykli obróbkowych.

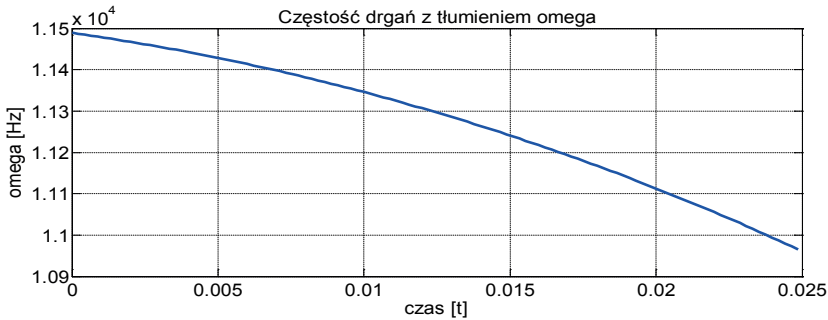
Wynik przeprowadzonej symulacji procesu frezowania współbieżnego z tłumieniem i zmiany szerokości warstwy skrawanej t_c spowodowana wzajemnym przemieszczeniem narzędzia i przedmiotu obrabianego został przedstawiona na Rys. 12. Po czasie 0,02 s można zaobserwować wyjście narzędzia z przedmiotu obrabianego, przez co narzędzie nadal drga nietłumione przez przedmiot obrabiany.



Rys. 12. Zmiana szerokości warstwy skrawanej t_c poprzez odkształcenia sprężyste narzędzia i przedmiotu obrabianego czasie pracy jednego ostrza freza. A – skorygowany przebieg zmian szerokości warstwy skrawanej wynikający z dynamiki procesu, B – teoretyczny przebieg zmian szerokości warstwy skrawanej wynikający z kinematyki skrawania, C – wykres wartości wzajemnych przemieszczeń ostrza i przedmiotu w kierunku siły skrawania.

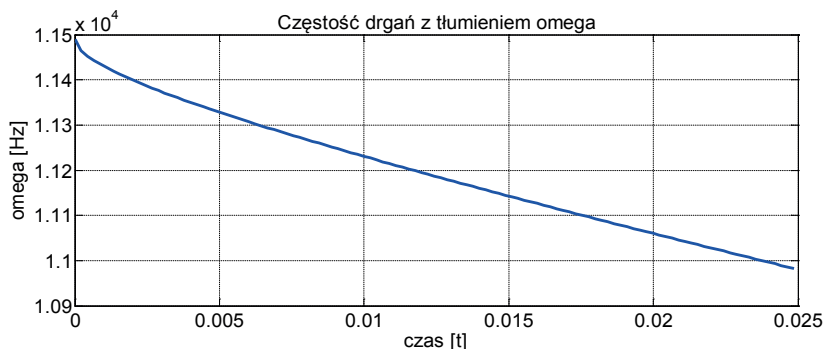
Źródło: opracowanie własne.

Analizując proces frezowania przy założonych trzech wariantach funkcji tłumienia $\xi(t)$ z symulacji otrzymano różne wykresy częstości drgań układu z tłumieniem. Ich postacie zostały przedstawiona na Rys.13., Rys.14. oraz Rys.15.



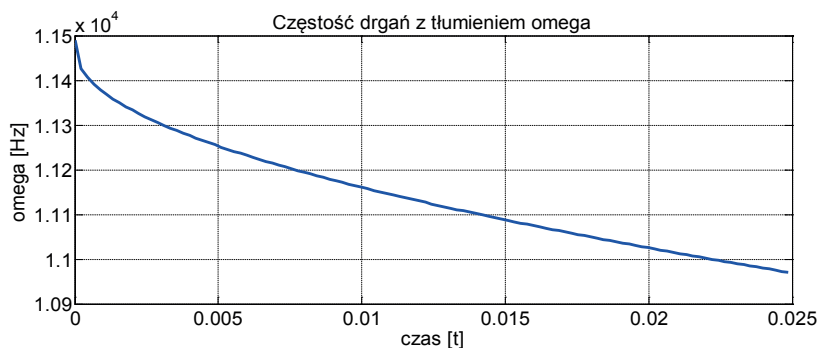
Rys. 13. Częstość drgań układu dynamicznego z tłumieniem w postaci funkcji $\xi(t)=0.1+0.11*t$

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 14. Częstość drgań układu dynamicznego z tłumieniem w postaci funkcji $\xi(t) = 0.1 + 0.15 \cdot \sqrt{t}$

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 15. Częstość drgań układu dynamicznego z tłumieniem w postaci funkcji $\xi(t) = 0.1 + 0.17 \cdot \sqrt[3]{t}$

Źródło: opracowanie własne.

5. Wnioski

Przedstawiony w artykule model procesu frezowania współbieżnego z tłumieniem wraz zrealizowany w systemie Simulink na podstawie zaprojektowanych bloków funkcyjnych jest użytecznym narzędziem do analizy zjawisk dynamicznych zachodzących w trakcie skrawania. Został on rozbudowany o zapis nieliniowości funkcji tłumienia. Na podstawie wyników symulacji można stwierdzić, że wpływ nieliniowości tłumienia układu na odkształcenia wywołane składowymi x i y siły skrawania nie jest znaczący. Rozpatrując trzy warianty funkcji tłumienia $\xi(t)$ z symulacji otrzymano różne wykresy częstości drgań układu z tłumieniem.

Literatura

- [1] Lipski J., Kulisz M., *Correction of the cutting tool path for milling operations with circular interpolation*, edit. Lipski J., Świć A., Bojanowska A., Informatics methods as tools to solve industrial problems, Lublin, 2012.
- [2] Lipski J., Kulisz M., *Modelowanie i symulacja procesu frezowania*, red. Świć A., Lipski J., Systemy technologiczne w inżynierii produkcji, Lublin, 2013.
- [3] Smith A., Tlustý J., *An overview of modeling and simulation of the milling process*, Trans. ASME J. Engng. Ind. 113, 1991.

Agnieszka Skoczylas¹, Kazimierz Zaleski¹, Sebastian Ślisz²

Wpływ grubości płyt stalowych przecinanych laserem na wybrane właściwości warstwy wierzchniej wycinanych elementów

Słowa kluczowe: cięcie laserem, chropowatość powierzchni, mikrotwardość, stal S235JR

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań chropowatości powierzchni oraz mikrotwardości warstwy wierzchniej stali S235JR po cięciu laserem. Stwierdzono, że chropowatość powierzchni oraz mikrotwardość warstwy wierzchniej zależy od grubości arkusza przecinanej blachy. Ze wzrostem grubości blachy zwiększa się chropowatość powierzchni cięcia oraz mikrotwardość warstwy wierzchniej.

1. Wprowadzenie

Wiązka lasera jest stosowana w wielu dziedzinach przemysłu. Znajduje ona zastosowanie w takich gałęziach przemysłu jak: lotniczy, samochodowy, maszynowy. Jest ona bardzo często wykorzystywana do następujących operacji: cięcie, drążenie otworów, spawanie oraz w obróbce powierzchniowej.

Cięcie laserem stanowi obecnie alternatywną metodę podziału materiału do cięcia mechanicznego. Do zalet tego procesu można zaliczyć: dużą prędkość cięcia (przewyższającą wielokrotnie prędkości stosowane podczas obróbki mechanicznej), elastyczność, szerokie spektrum zastosowań, brak bezpośredniego oddziaływania poprzez zgniot lub nacisk na obrabiany materiał, bezkontaktowość, programowalność i całkowitą automatyzację procesu [6, 10]. Wiązka lasera, jako narzędzie, w sposób termiczny oddziałuje na przedmiot obrabiany, powodując zmiany właściwości mechanicznych elementów konstrukcyjnych, co stanowi uboczny skutek zastosowanej technologii [12].

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin

² Absolwent Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej, pracuje w The Corium Centre, Cirencester, GL7 1YJ, United Kingdom

Pojęcie jakości po procesie cięcia laserem odnosi się do zespołu cech charakterystycznych związanych z warstwą wierzchnią. Kryterium, które pozwala ocenić wpływ parametrów na jakość wycinanego elementu, jest określone w normie PN-EN 9013:2002. Jako wyznaczniki jakości brane są pod uwagę:

- chropowatość powierzchni,
- odchyłka prostopadłości (pochylenie powierzchni cięcia),
- kształt zarysu rowka,
- obecność gratu,
- podtopienia,
- zakres tolerancji wymiarowej i geometrii wycinanych części,
- zakres strefy wpływu ciepła i zmian struktury w głąb materiału,
- skład chemiczny warstwy wierzchniej,
- odkształcenia cieplne wycinanych elementów [2].

Istotnym kryterium pozwalającym ocenić jakość elementów maszyn jest chropowatość powierzchni. Jakość powierzchni powstałej w procesie cięcia laserem jest efektem nałożenia się różnych procesów hydrodynamicznych i termicznych [3]. Realizowane prace potwierdziły istnienie charakterystycznych stref o różnej chropowatości powierzchni po cięciu laserem. Mniejsze wartości uzyskano w okolicach wejścia promienia w przedmiot przecinany, większe wartości – przy jego wyjściu. Miejscem rozdziału jest najczęściej środek grubości materiału. Podział na strefę wejścia i strefę wyjścia widoczny jest bardziej dla próbek o większej grubości.

Analizując wpływ grubości przecinanego materiału na chropowatość powierzchni, zauważalny jest wzrost parametrów chropowatości wraz z grubością [3, 7].

Na stan powierzchni po cięciu laserem wpływ mają także parametry technologiczne procesu: prędkość cięcia, moc lasera, położenie ogniskowej oraz ciśnienie gazu towarzyszącego procesowi.

Czynnikiem wpływającym istotnie na wynik cięcia laserem jest prędkość cięcia. Wzrost prędkości cięcia pozwala na uzyskanie mniejszej chropowatości wycinanego elementu. Spowodowane jest to krótszym kontaktem roztopionego materiału ze szczeliną cięcia.

Rozpatrując wpływ mocy lasera i ciśnienia gazu na jakość powierzchni, można stwierdzić, że zauważalny jest wzrost chropowatości powierzchni przy równoczesnym wzroście obu tych parametrów procesu. Zależność tę można wytłumaczyć zwiększeniem się ilości energii, która topi materiał w szczelinie cięcia oraz powoduje powstawanie rowków o większej głębokości [4, 5, 8].

Proces cięcia laserem wiąże się z obecnością na przecinanej powierzchni „prążków”, które są skutkiem pozostałości materiału w stanie ciekłym. Częstotliwość występowania prążków na powierzchni uzależniona jest od prędkości cięcia i pozostaje ona w liniowej korelacji z chropowatością powierzchni. Ukształtowana

w ten sposób powierzchnia jest obszarem kruchym, powodującym powstawanie naprężeń własnych oraz źródłem nieciągłości w materiale [8, 9].

Rozkład mikrotwardości warstwy wierzchniej przedmiotów po cięciu laserem jest bardzo ważnym parametrem jakości tych przedmiotów po obróbce. Charakteryzuje on zakres strefy wpływu ciepła oraz zmiany struktury w głąb materiału, co pozwala na wskazanie ewentualnych zmian zachodzących w składzie chemicznym warstwy wierzchniej. Właściwości powstałej strefy wpływu ciepła podczas cięcia wiązką lasera zależą przede wszystkim od rodzaju ciętego materiału, jego grubości oraz parametrów procesu [7, 10].

Realizowane badania w pracy [7] pozwoliły stwierdzić, że powierzchnia blachy OH18N9 po cięciu laserem ulega utwardzeniu w zróżnicowanym stopniu w zależności od grubości ciętej blachy. Największy wzrost mikrotwardości powierzchni zaobserwowano dla blach o wyższych grubościach. W przypadku blach cienkich (o grubości 1,5 mm i 2 mm) nie odnotowano wyraźnego wzrostu mikrotwardości.

Newralgicznymi punktami elementów wycinanych laserem są naroża oraz krawędzie, gdzie odnotowuje się w niektórych przypadkach ponad pięciokrotny wzrost mikrotwardości warstwy wierzchniej w stosunku do mikrotwardości wyjściowej [10].

Oddziaływanie skoncentrowanej, koherentnej wiązki lasera na powierzchnię przecinaną powoduje powstanie naprężeń własnych, które mogą zalegać do głębokości około 2 mm od powierzchni cięcia. Obecność ich jest skutkiem wysokiego gradientu temperatur w obszarze oddziaływania wiązki. Maksimum powstałych naprężeń występuje w narożach wycinanego elementu [1, 11].

Dotychczas przeprowadzone prace badawcze analizujące wpływ cięcia laserem na wybrane właściwości warstwy wierzchniej dotyczyły głównie stali wysokostopowych [7], stali nierdzewnych [5] oraz stali do ulepszania cieplnego [8]. Brak jest prac, które w sposób kompleksowy ukazywałyby wpływ cięcia laserem na wybrane właściwości warstwy wierzchniej stali niestopowych.

Stal S235JR jest to stal niskowęglowa konstrukcyjna, która znajduje szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach przemysłu, np. w budowie maszyn rolniczych. Stąd tak istotne jest poznanie wpływu grubości płyty stalowej na wybrane właściwości warstwy wierzchniej elementów wycinanych laserem. Jako czynniki wynikowe przyjęto chropowatość powierzchni i mikrotwardość warstwy wierzchniej.

2. Metodyka badań

W badaniach wykorzystano próbki ze stali S235JR (oznaczenie według PN-EN 10027-1). Skład chemiczny oraz wybrane właściwości przedstawiono w tabeli 1.

Próbki w postaci prostopadłościennych elementów o wymiarach 5 x 100 x d mm (d – oznacza grubość arkusza blachy) zostały wykonane przy wykorzystaniu wycinarki laserowej CO₂ o symbolu CP –3000, firmy PRIMA North America. Grubość arkusza blachy, z którego wycinano próbki, wynosiła od 2 do 10 mm.

Proces cięcia laserem został przeprowadzony przy wykorzystaniu parametrów przedstawionych w tabeli 2. Parametry procesu były tak dobierane dla każdej grubości blachy, aby nastąpiło jej przecięcie.

Tab. 1. Procentowy skład oraz właściwości wytrzymałościowe stali S235JR

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Fe
0,22	1,1	0,1-0,35	0,05	0,05	0,3	0,3	0,3	reszta
Wytrzymałość na rozciąganie Rm [MPa]					380 – 470			
Twardość					ok. 160 HV			

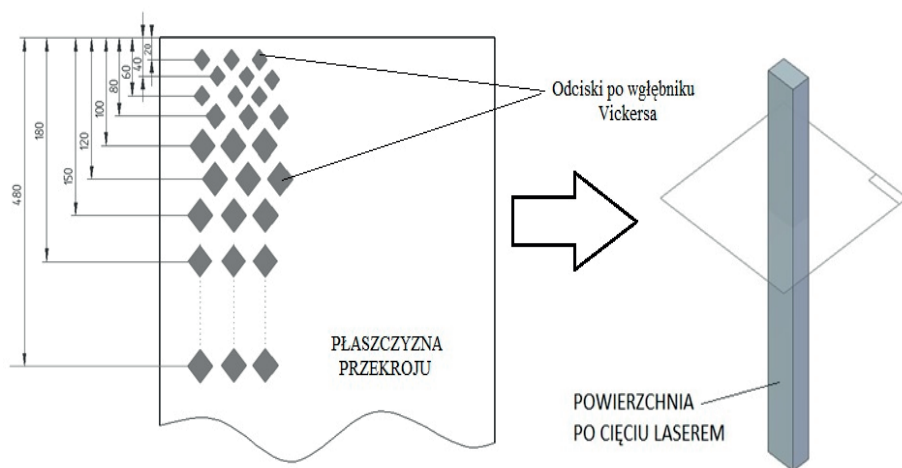
Tab. 2. Parametry procesu cięcia laserem

Grubość próbki [mm]	Prędkość cięcia [mm/min]	Moc [W]	Rodzaj gazu	Ciśnienie gazu [bar]	Ognisko-wa [mm]
2	3800	2500	tlen	1,8	-1
3	3200	2500		1,2	-0,5
4	2700	2600		0,7	-1,5
6	2200	2500		0,5	0,5
8	1400	2600		0,7	0,5
10	1200	2600		0,7	0,5

Pomiary chropowatości powierzchni przeprowadzono za pomocą profilografometru laboratoryjnego Surtronic 3+ firmy Taylor- Hobson. Zostały one dokonane na powierzchni po cięciu laserem w przybliżeniu prostopadle do kierunku wiązki lasera. W związku z wystąpieniem charakterystycznych stref o różnej chropowatości powierzchni pomiary przeprowadzono w strefie wejścia i wyjścia wiązki w materiał. Wyjątkiem od przyjętych założeń podczas pomiarów chropowatości powierzchni są próbki o grubości 2 mm i 3 mm, na których trudno wyodrębnić strefę wejścia i strefę wyjścia.

Badania mikrotwardości wykonano metodą Vickersa, przy masie obciążnika 100 g (HV 0,1), wykorzystując mikrotwardościomierz LM 700AT firmy LECO. Z próbek po cięciu laserem zostały wycięte prostopadłościanny, które następnie poddano standardowej obróbce przygotowawczej do pomiarów mikrotwardości.

Pomiary przeprowadzono na zglądach prostopadłych od głębokości 20 μm do 580 μm . Na rysunku 1 przedstawiono rozkład odcisków wgłębnika mikrotwardościomierza na zglądach poprzecznych. Na każdej próbce zostało wykonane 10 powtórzeń pomiarów na poszczególnych głębokościach. Z każdego arkusza blachy o określonej grubości badano po 6 próbek.



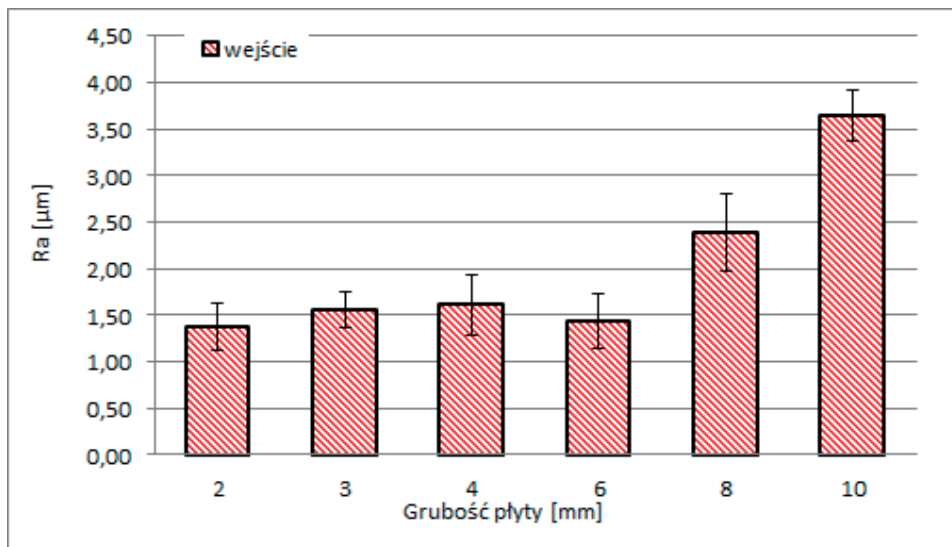
Rys. 1. Rozkład odcisków wgłębnika mikrotwardościomierza

3. Wyniki

Po przeprowadzonych próbach cięcia laserem oraz pomiarach chropowatości powierzchni i mikrotwardości warstwy wierzchniej przystąpiono do analizy otrzymanych wyników.

Na rysunku 2 przedstawiono chropowatość powierzchni w funkcji grubości przecinanego elementu mierzona w obszarze wejścia wiązki lasera natomiast na rysunku 3 – parametr R_a w funkcji grubości arkusza blachy w obszarze wyjścia wiązki. W przypadku blachy o grubości 2 mm i 3 mm nie uwzględniono obszaru wejścia i wyjścia. Chropowatość powierzchni na całej szerokości próbek o grubości 2-3 mm przyjmuje zbliżone wartości. Zgodnie z przypuszczeniami wraz ze wzrostem grubości blachy następuje wzrost parametrów chropowatości powierzchni. Wzrost grubości przecinanej blachy wiąże się z koniecznością zastosowania mniejszej prędkości cięcia, co przekłada się na dłuższy czas kontaktu roztopionego materiału z powierzchnią próbki w szczelinie cięcia. Wzrost chropowatości powierzchni wraz ze zwiększaniem się grubości arkusza blachy może być spowodowany również niewystarczającą mocą lasera.

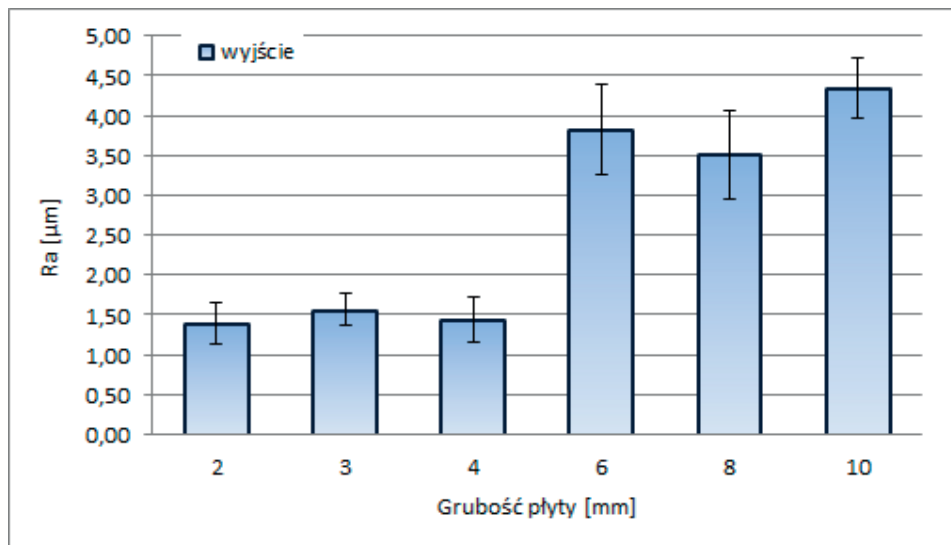
Wartość parametru Ra powierzchni cięcia blachy o grubości 10 mm w stosunku do wartości tego parametru dla blachy o grubości 2 mm zwiększyła się o 162% w obszarze wejścia wiązki lasera i o 212% w obszarze wyjścia tej wiązki.



Rys. 2. Wpływ grubości arkusza blachy na chropowatość powierzchni w obszarze wejścia wiązki lasera

Na stan powierzchni po cięciu laserem wpływ mają prążki powstałe w wyniku procesu cięcia laserem. Wysokość oraz głębokość prążków można określić za pomocą parametrów: Rt- całkowita wysokość profilu chropowatości, Rp – wysokość najwyższego zniesienia profilu chropowatości oraz Rv – głębokość najniższego wgłębienia profilu chropowatości. Wartości parametru Rt przedstawiono zbiorczo w tabeli 3. Analizując parametr Rt można zauważyć, że dla arkuszy blach o większej grubości występują duże różnice pomiędzy wartościami szczytowymi profilu chropowatości, co przekłada się na gorszą jakość powierzchni.

Kształt profilu chropowatości oraz zestawienie wybranych parametrów dla strony wejścia przedstawiono w tabeli 4. Analizując przedstawione profilogramy można zauważyć, że dla próbek o grubości 2 mm profil jest wygładzony, nie występują duże wahania pomiędzy maksymalnym a minimalnym wzniesieniami profilu chropowatości. Wzrost grubości arkusza blachy powoduje powstanie na powierzchni prążków charakteryzujących się profilem o większych odstępach oraz większych wzniesieniach i głębokościach, co powoduje pogorszenie chropowatości powierzchni.

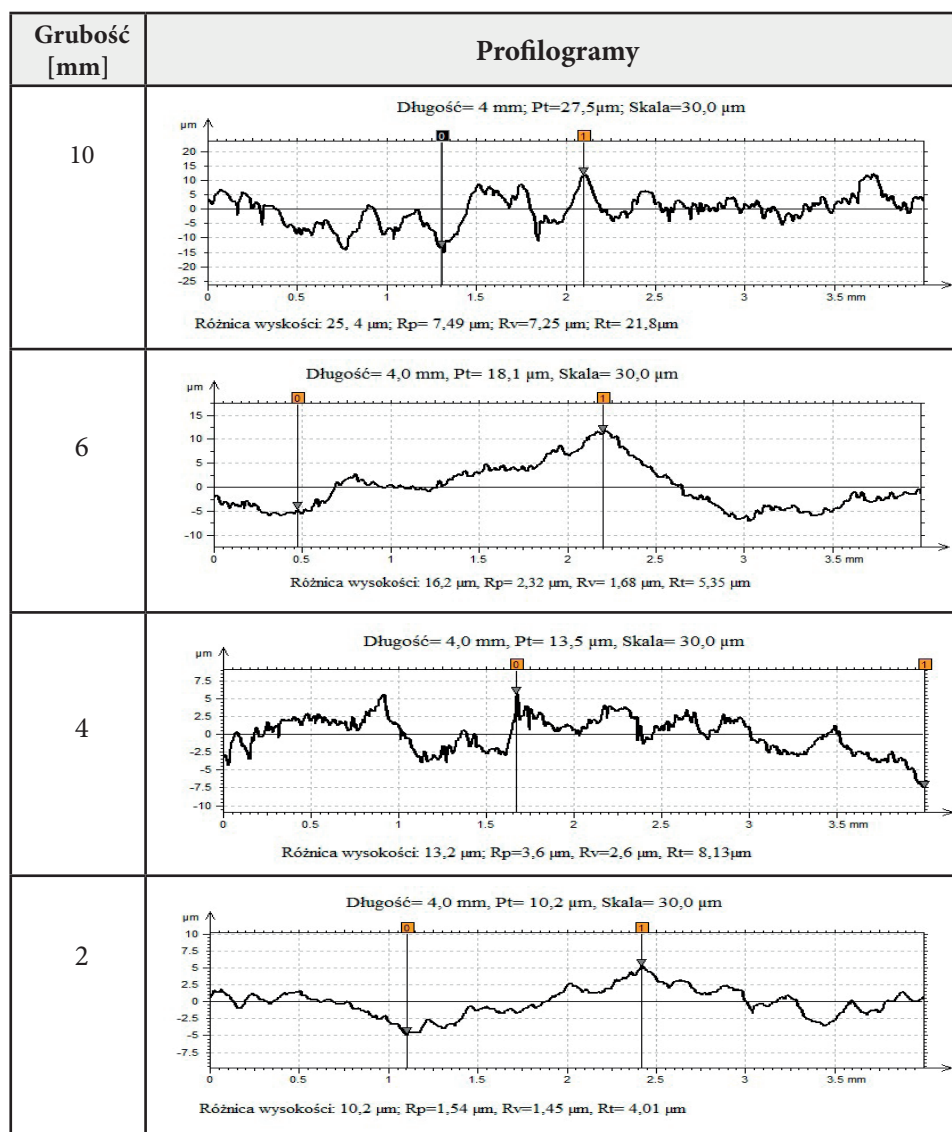


Rys. 3. Wpływ grubości arkusza blachy na chropowatość powierzchni w obszarze wyjścia wiązki lasera

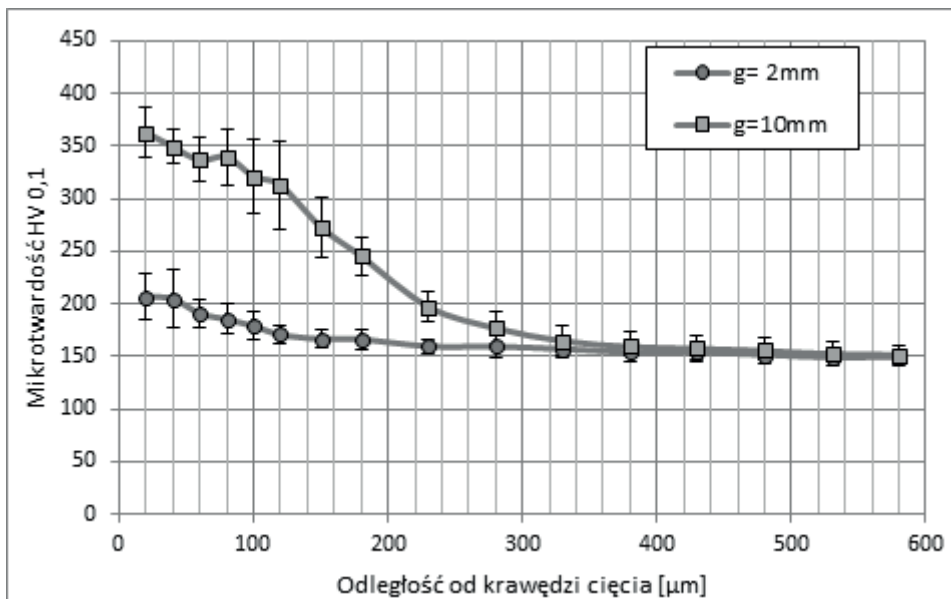
Tab. 3. Parametr chropowatości powierzchni Rt dla strony wejścia i wyjścia wiązki lasera

Grubość blachy [mm]	WEJŚCIE		WYJŚCIE	
	średnia	odchylenie standardowe	średnia	odchylenie standardowe
10	26,5	2,005	29,7	2,579
8	15,5	2,715	16,06	2,975
6	10,2	2,763	19,77	2,219
4	9,39	1,6	9,97	1,761
	średnia		Odchylenie standardowe	
3	11,07		1,756	
2	8,99		2,099	

Tab. 4. Przykładowe profilogramy dla strefy wejścia



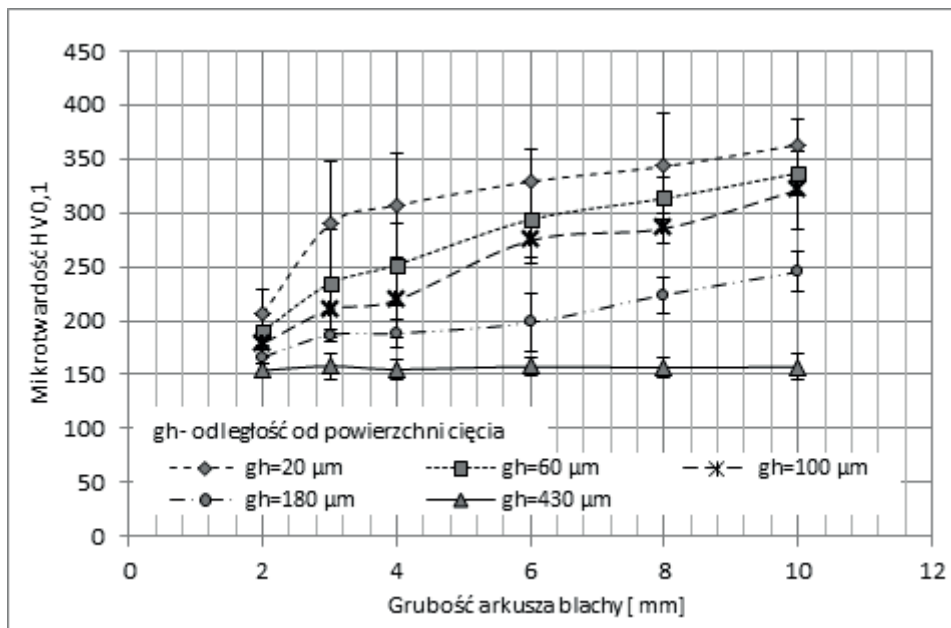
Na rysunku 4 przedstawiono przykładowe rozkłady mikrotwardości dla analizowanych grubości blach. Przeprowadzone pomiary wykazały zmiany mikrotwardości na przekroju poprzecznym. Największe utwardzenie nastąpiło przy krawędzi cięcia (bez względu na grubość ciętego materiału). Przy wzroście odległości od krawędzi cięcia uwiadcza się szybki spadek mikrotwardości. Zmiana twardości na przekroju poprzecznym oznacza, że następuje przemiana struktury kolejnych warstw, od najtwardszych po coraz mniej twarde.



Rys. 4. Mikrotwardość w funkcji odległości od krawędzi cięcia

Głębokość warstwy utwardzonej po cięciu laserem waha się od około 180 μm do około 330 μm w zależności od grubości arkusza blachy. Największe zmiany mikrotwardości odnotowano dla blachy o grubości 10 mm i wynoszą one od 134%. W przypadku blachy o grubości 2 mm nastąpił niewielki wzrost mikrotwardości (około 33%).

Wzrost mikrotwardości wraz ze wzrostem grubości przecinanej blachy może być spowodowany dłuższym czasem kontaktu wiązki lasera z materiałem obrabianym, co powoduje absorpcję promieni i wytworzenie wyższej temperatury w strefie przykrawędziowej. Rysunek 5 przedstawia wpływ grubości blachy na wartość mikrotwardości analizowaną w różnych odległościach od powierzchni cięcia. Największe zmiany mikrotwardości zaobserwowano w odległości około 20 μm od powierzchni cięcia niezależnie od grubości blachy. Związane jest to prawdopodobnie z dyfuzją węgla do warstw bliższych, powodując tym samym zwiększenie jej twardości. Zmiany te wynoszą od 33% do 134% w stosunku do mikrotwardości materiału rodzimego. W odległości około 180 μm od powierzchni cięcia dla blachy o grubości 2 mm spadek mikrotwardości do wartości wyjściowej, dla pozostałych grubości widoczny jest nadal przyrost twardości. Na głębokości $g_h = 430 \mu\text{m}$ od powierzchni cięcia mikrotwardość warstwy wierzchniej odpowiada wartości rdzenia materiału w całym zakresie grubości badanych blach. Oznacza to, że mamy do czynienia ze strukturą materiału rodzimego. Duże wahania występujące dla wyników pomiaru mogą być spowodowane powstaniem struktury o zróżnicowanym stopniu utwardzeniu.



Rys. 5. Wpływ grubości blachy na mikrotwardość warstwy wierzchniej

4. Wnioski

W pracy badano wpływ grubości arkusza blachy ze stali S235JR na wybrane właściwości warstwy wierzchniej. Jako czynniki wynikowe została przyjęta chropowatość powierzchni oraz mikrotwardość warstwy wierzchniej. Następujące wnioski podsumowują rezultaty przeprowadzonych badań:

- wzrost grubości arkusza blachy powoduje wzrost chropowatości powierzchni cięcia,
- dla blach o grubości powyżej 3 mm na powierzchni przecinanej pojawiły się charakterystyczne strefy wejścia i wyjścia wiązki lasera co powoduje zróżnicowanie chropowatości powierzchni na przekroju ciętych próbek,
- dla próbek o grubości 2 mm oraz 3 mm chropowatość powierzchni na całej szerokości przyjmuje zbliżone wartości,
- wzrost parametru R_a powierzchni cięcia blach w stosunku do wartości tego parametru dla blachy o grubości 2 mm wynosi od 4% do 162 % w obszarze wejścia i od 4% do 212 % w obszarze wyjścia w zależności od grubości przecinanego arkusza blachy,
- wzrost grubości arkusza blach przekłada się na większe zmiany mikrotwardości występujące w warstwie wierzchniej,

- głębokość zachodzących zmian waha się od 180 μm do 330 μm i zależy od grubości przecinanego materiału,
- dla blachy o grubości 2 mm nastąpił niewielki wzrost mikrotwardości.

Literatura

1. Arif A. F. M., Yilbas B. S., Abdul Aleem B. J., *Laser cutting of thick sheet metals: Residual stress analysis*, 'Optics & Laser Technology', 2009, 41, s. 224-232.
2. Banasik M., Dworak J., *Cięcie laserem CO₂ na przecinarkach sterowanych numerycznie*, 'Biuletyn Instytutu Spawalnictwa', 2002, nr 2, s. 33-37.
3. Brzozowski A., *Jakość technologicznej warstwy wierzchniej blach po cięciu laserem*, 'Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Budowa Maszyn i Zarządzanie Produkcją', 2008, nr 8, s. 13-21.
4. Czupryn M., Szulc T., *Wpływ wybranych parametrów cięcia laserowego na jego wyniki*, 'Przegląd Spawalnictwa', 2004, nr 10, s. 9-12.
5. Ghany K. A., Newishy M., *Cutting of 1.2mm thick austenitic stainless steel sheet using pulsed and CW Nd: YAG laser*, 'Journal of Materials Processing Technology', 2005, Vol. 168, s. 438-447.
6. Golnabi H., Bahar M., *Investigation of optimum condition in oxygen gas- assisted laser cutting*, 'Optics & Laser Technology', 2009, vol. 41, s. 454-460.
7. Haduch J., Szczepaniak M. A., *Wpływ wybranych parametrów technologicznych na jakość warstwy wierzchniej blachy OH18N9 po cięciu laserowym*, 'Mechanika', 2004, tom 23, zeszyt 4, s. 447-459.
8. Rajaram N., Sheikh- Ahmad J., Cheraghi S. H., *CO₂ laser cut quality of 4130 steel*, 'International Journal of Machining & Manufacture', 2003, vol. 43, s. 351-358.
9. Thomas D. J., *The influence of the laser and plasma traverse cutting speed process parameter on the cut- edge characteristics and durability of Yellow Goods vehicle applications*, 'Journal of Manufacturing Processes', 2011, vol. 13, s. 120-132.
10. Trela S., *Badania wpływu cięcia laserowego na twardość stali nisko- i średnio-węglowych*, 'Mechanik', 2004, nr. 12, s. 877-878.
11. Yilbas B. S., Arif A. F. M., Abdul Aleem B. J., *Laser cutting of rectangular blanks in thick sheet steel: Effect of Cutting Speed on thermal stresses*, 'Journal of Material Engineering and Performance', 2010, vol. 19, s. 177-184.
12. Zowczak W.: *Wpływ obróbki laserowej na właściwości mechaniczne elementów konstrukcyjnych*. Przegląd Mechaniczny, Zeszyt 23-24, 1999, s. 22-24.

Piotr Penkała¹

The influence of current MMA welding on the mechanical properties of welded joints

Keywords: MMA welding , welding current , welded joint , strenght

Abstract

The study of mechanical properties are important group of tests that can be used for basic materials, additional and bonded welds. Study behavior of the structure obtained on samples with specific dimensions, welded in the laboratory may give different results than the whole structure under the actual load and the actual ambient conditions (temperature, humidity, pressure, etc.). Laboratory tests include mostly static tensile test, static bend test and impact test. Determine the impact of current parameters of the process on the mechanical properties is an important issue for reasons of cognitive and utilitarian.

1. Introduction

The method MMA electrode coating is used, which consists of a metal core coated with compressed wrapper. Between the end of the electrode and the workpiece is produced electric arc. Arc ignition is a contact through the end of the electrode to the workpiece. The electrode melts and drops of molten metal electrodes are transferred through the arc to the molten weld metal welded to form a weld after solidification. Approaches welder electrode as its fusion to the workpiece so as to maintain a constant arc length, and at the same time moves the end of the melt, along the welding line . Melting electrode coating gives off gases that protect the molten metal from the atmosphere and then solidifies and forms a puddle on the surface of the slag, which protects the solidifying weld metal from the influence of the environment. After laying a bead slag must be mechanically removed.

¹ Instytut Technologicznych Systemów Informacyjnych, Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska

Electrode welding is used in all conditions and is therefore the most universal method throughout the welding industry. MMA method is a universal method because of the grade welded steel construction, position and place of welding. The main application is the welding of steel structures in shipbuilding and in most manufacturing industries, welding of pipelines, installation work on the construction sites, welding in the field and at altitudes and in areas with difficult access.

Welding design of machine parts is the most popular connection inseparable because they are cheap, simple and enable the achievement of significant savings in comparison with other design solutions. Welded joints replace items with large dimensions, casting or forging which is problematic for technological reasons. As compared to cast iron weight is obtained by using the structure thinner walls, the materials of higher strength, less machining excess material.

Design of welded components requires consideration of many different factors that determine the validity of construction, among which are:

- selection of suitable materials,
- appropriate configuration and arrangement of joints, preventing deformation and stress welding,
- accepting such shapes the structure to be able to use ready-made rods and without additional treatment.

Designing machines and structures using welding methods, keep in mind that the shape of parts, type and weld type selected on the basis of the strength of the weld load.

The use of appropriate methods and welding technology allows to connect the elements of the body, casings and frames as well as a responsible power units, load-bearing elements and mechanisms of control. Current technologies allow for the permanent connection of the elements of the weld strength comparable to the part made of solid material [6].

2. Characteristics of the method

MMA is one of the methods of electric arc welding which arc glows between the consumable electrode coated wrapper, and the work piece (Figure 1.). Form the molten weld the edges of the workpieces, which melted the core of the electrode coatings and metal components. The share of the parent material in the weld is usually 10-40% [1-4].

Drops of melting the metal of the electrode, the liquid crystallized weld seam and protects against oxygen and nitrogen from the air shield gas, resulting from the fusion of coatings composed mainly of CO₂, CO and H₂O, together with their degradation products. During the crystallization of the weld shielding gases help forming a slag layer.

Starts after welding arc is struck between the electrode and the metal core weld subject, the intense heat of the arc to a temperature in the inside 6 000 K melted electrode and its metal is transferred to the weld puddle. Moving the electrode coating of the core metal in the arc welding can be carried out, depending on the type of casing, thick-drop, short circuits of the weld puddle, or fine-drop as fine particles of slag, without a short-circuit arc, while the spray of metal.

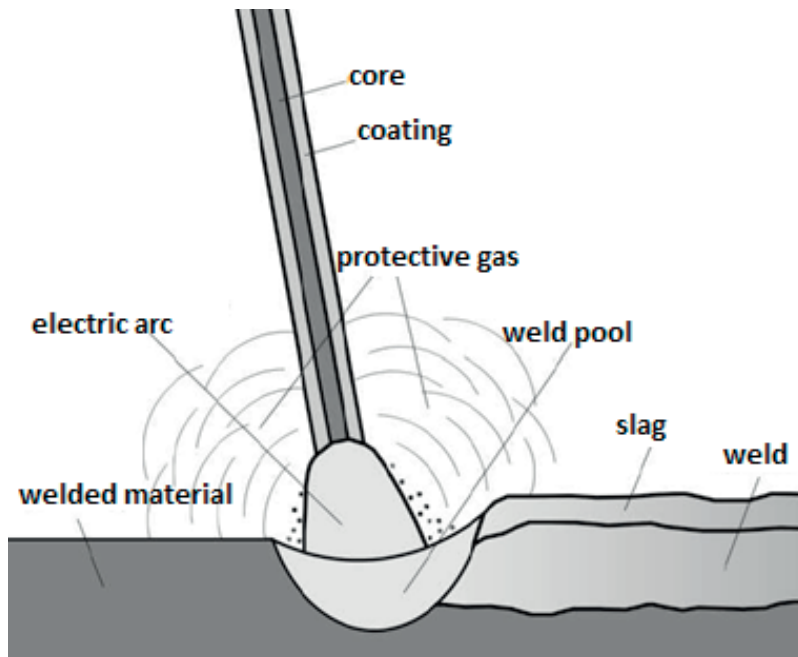


Fig. 1. *Diagram of the manual arc welding process with coated electrodes [4]*

Most of the electrodes comprises a carbonate buffer zones and cellulose, which dissociate in the arc and form a gas atmosphere containing mainly carbon dioxide, carbon monoxide, oxygen and hydrogen, protecting against access by the welding area from the atmosphere gas. These gases do not form a high conductivity of the plasma proper, therefore, the current flow is that the liquid metal droplets are pushed outside the arc and the weld puddle in the form of spray. These reactions are more intense when the electrode is connected to the negative pole, so the polarity of the applied only in the case of electrodes containing stabilizing elements in the buffer zone of the arc glow.

Introduction to cover such compounds, calcium compounds and iron oxide increases the ability of thermionic emission electrode, providing a more stable arc, less spatter and metal fine-drop transfer arc welding even when the polarity DC negative or AC.

MMA is typically a manual process, requiring great skill of the welder. Experienced welder must control several movements: the movement of the electrode along the welding line (1), the movement of the electrode in the direction of the joint (2) and sometimes non-linear movements end of the electrode (3), particularly justified in the case of layers of filling and full-grain, less penetration (Fig. 2) .

It should be at all times maintain a set distance from the edge of the end of the electrode material (recommended $0.5 \cdot d$, where d – diameter of the electrode core) and maintain its proper inclination.

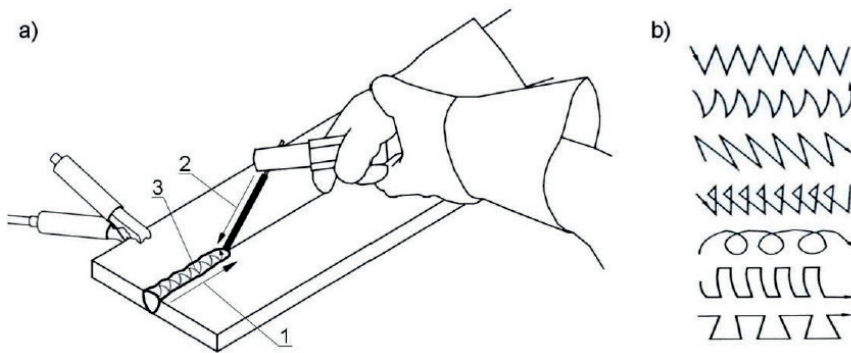


Fig. 2. The movements performed during manual arc welding with coated electrodes (a), an example of ways to keep the tip of the electrode (b) [4]

3. Type and welding current

Welding current is a parameter to the greatest extent determines the amount of heat input to the weld and the speed of melting of the electrode. The welding electrode welding can be performed:

- direct current (DC):
 - positive polarity (positive pole connected to the terminal electrodes, DC +),
 - negative polarity (negative pole connected to terminal electrodes, DC -),
- alternating current (AC).

Type of welding current flows on the stability of arc, moving in the liquid metal droplets, the shape of the weld bead and the depth of submergence. Direct current arc provides a more stable and uniform distribution of the liquid metal in the arc, limiting the number of splashing even at low currents . Furthermore, the higher the melting of the edges of the joined materials and less tendency to short-circuit arc. Some species of electrodes (mainly alkaline electrode designed for welding high – strength and high – alloy steels) require a very good arc stability, which can provide welding with positive polarity. In this configuration, the depth of fusion

is increased in comparison to the welding process with a negative polarity. AC welding is used rarely, but rather under “home“ because of the low cost of the device (welding transformer).

Current value is selected depending on the type of material being welded , the thickness, the diameter of the electrode and the welding position. When welding current should be kept constant, stable value, which does not depend on the length of the electric arc . For this reason, it is recommended to steeply sloping characteristics static power sources, which ensures the maintenance of a constant current as a function of voltage (Fig. 3). The steeper the current – voltage characteristics of the source the lower the change in current (I) when changing arc length (resulting in a change of the voltage U). To position welding may be used a source of gently sloping characteristics to adjust the length of the arc current.

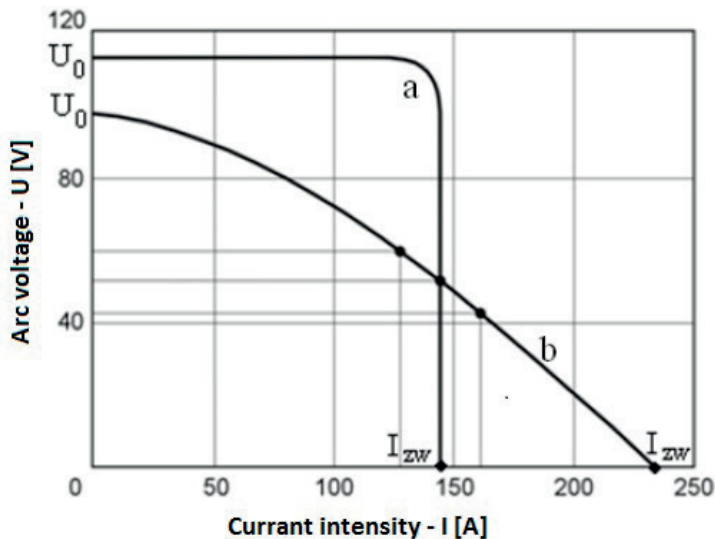


Fig. 3. Static current – voltage characteristics of sources for manual welding with coated electrodes : a - steeply sloping, b - gently sloping [1]

4. Mechanical properties research

The study of mechanical properties are important group of tests that can be used for basic materials , additional and bonded joints. Study behavior of the structure obtained on samples with specific dimensions, welded in the laboratory may give different results than the whole structure under the actual load and the actual ambient conditions (temperature, humidity, pressure, etc.). It is also difficult to play the actual state of internal stress (welding) in the actual construction, resulting

from subjecting its overlapping welding thermal cycles. The problem is also taken into account during the study of heterogeneity of a metallurgical bonded in the same joints, such as the heat – affected zone, face or ridge seam. Destructive tests can be used to determine the characteristics of the entire connection or a selected zone.

The destructive methods for testing the mechanical properties are used to control:

- basic materials,
- additional materials,
- welded joints most commonly conducted on samples taken from the control joints made of the possible behavior of the faithful implementation of a particular method of welding ,
- test joints made during the development of new bonding technology, determine the welding conditions, the use of new materials, the fabrication of prototype,
- qualifying welders.

For the preparation of studies performed static tensile test, static bending test and impact test specimens welded current 90 A, 115 A and 150A. Samples was also performed with a solid material.

5. Static stretching material testing and welded joints

Static tensile test metal is included PN-EN 10002-1 and consists of subjecting the sample to a suitably shaped tensile force in the axial direction until the break. It is performed on samples of square, round, rectangular or annular depending on the shape and dimensions of metal, weld at ambient temperature of about $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$. The basic tensile test is called static testing , although the load slowly increases at a predetermined speed. It is assumed, however, that corresponding to the specified deformation stresses appear immediately after operation of the load, that there is at any time able to balance stress of deformation. To a large extent this is true for elastic deformation, but in terms of plastic strain for many materials, such an assumption is inconsistent with reality. The standards provide for the limitation of the maximum speed of stretching. Maximal increase of stress in the elastic deformation range should not exceed 30 MPa/s. The growing burden should be slow and continuous for its maximum value.

5.1. Summary of the average results of static tensile tests of welded joints with solid material [5]

Based on the results of the tab. 1. and fig. 4 stated to the strength of the welded sample current of 150 A is equal to the strength of a solid material. This situation is well illustrated in fig. 4, where the lines charts samples tested through the remaining part of the graph, among other things, a linear increase in strain, the achievement of the elastic limit, the transition into a state of plasticity and the transition into a state of deformation practically coincide.

Table 1. Summary of the average results of the static tensile test

Kind of specimen	Cross-sectional area [mm ²]	Force (max) [N]	R _m [MPa]
Welded – 90 A	100	28976	289,76
Welded – 115 A	100	39732,33	397,32
Welded – 150 A	100	50593,33	505,93
Solid material	100	50610	506,10

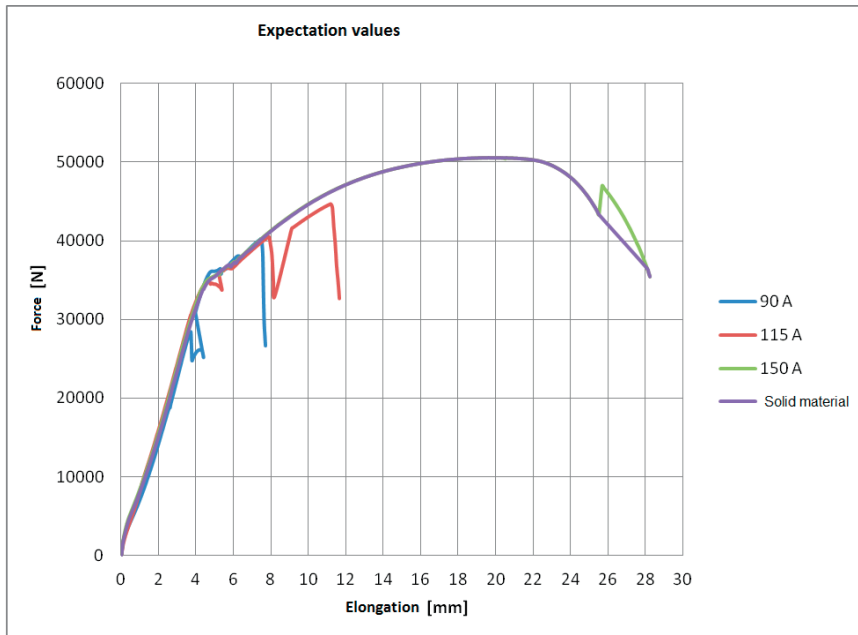


Fig. 4. Graph showing the dependence of strength and elongation for the results averaged

6. Static bending test welds and solid material

Bending test is used to check the plastic properties of the material. It consists in subjecting the sample located on the longitudinal supports two static bending slowly with a special rounded bending mandrel. The measure of the plastic properties of the test piece is the angle to which it is bent without the development of cracks and tears .

Bending test is applicable to the study of large welded joints, acting only way to determine the toughness of the joints due to the fact that when a tensile elongation of connectors is not calculated. If you try to bend portion of the fibers of the material lying on the opposite side of the mandrel bending is subject to tension (the largest on the sample surface). The welded joints, depending on how the orientation of the sample, bending can be performed with a weld face stretching or vice versa – the ridge stretch . All welding defects, especially lying within the face and root of the weld as flooding, stick or lack of fusion, act as notches, cause rapid cracking of the samples. Therefore, bending test is not only an attempt to yield the connector, but also attempting to quality.

Bend tests apply to the butt joints : flat and tubular . Attempt to bend flat butt is carried out in accordance with DIN EN 910. Static bending test is performed by placing the sample on two roller supports. Bending the connector section of the sample must be placed the sample so that the weld was in the middle between the supports. The folding process should be conducted in a manner that continuously increasing load condition in a direction perpendicular to the sample surface.

The diameter of the mandrel bending is chosen consistent with the requirements of the relevant regulations or standards. Frequently diameter should be at least 20 mm. The survey is considered complete when the sample bent obtain the required bending angle . The smaller the diameter of the mandrel bending , the sharper the bend test conditions and the less can be expected bending angle of the sample. Knowing the diameter of the mandrel bending is chosen for the thickness of the sample bending and toughness of the base material from which the tested connector.

6.1. Summary of the average results of static bending test for welded joints and solid material

On the basis of fig. 5 and the results of the tab. 2 it was observed that the samples welded to bend the current 115 A and 150 A have to use more force than in the case of samples of solid material. Evidenced by the fact that the weld has a higher hardness than the solid material.

Tab. 2. Summary of the average results of static bending test

Kind of specimen	Cross-sectional area [mm ²]	Force (max) [N]	R _g [MPa]
Welded – 90 A	100	6134,53	61,34
Welded – 115 A	100	7044,53	70,45
Welded – 150 A	100	6961,03	69,68
Solid material	100	5968,3	59,68

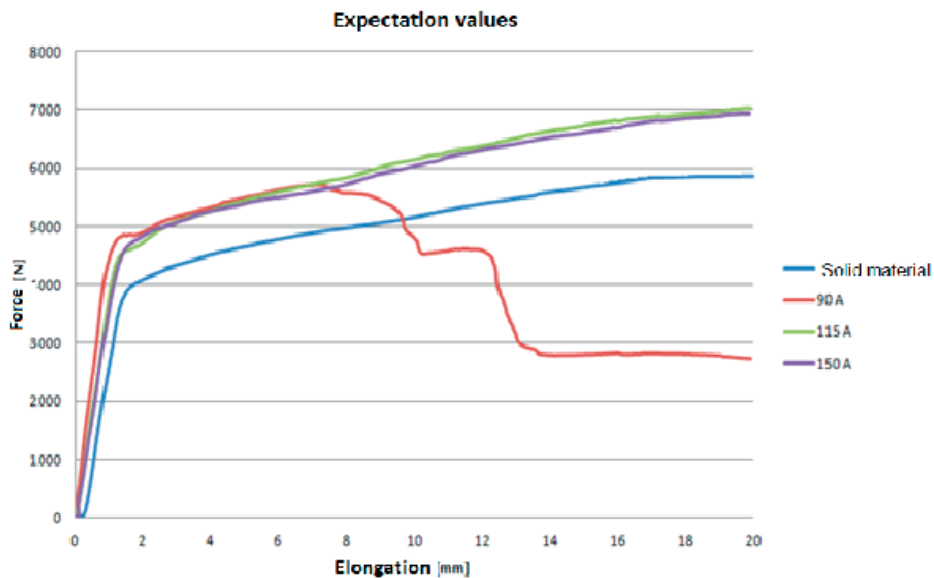


Fig. 5. Bending force change chart for samples of solid material and various welding currents of samples

7. Dynamic impact test materials and welds

Materials used in the construction of metal structures due to the working conditions of these structures, in addition to other properties, they must have the appropriate resistance to dynamic loads in a fairly wide temperature range. The results of the static tests do not give information about the behavior of materials in the event of sudden load changes. Accordingly, to determine these properties, impact tests are used. They are used in the following tests impact: tension, compression, torsion and bending.

In practice, the most commonly used of the impact bending test of which may be performed on samples without notch or notched samples (called the impact test). Impact test is also used to determine the properties of bonded joints. Impact test method and description of the samples is described in the standard EN 10045-1 and its addition to BS EN 875.

Impact test is to break notched samples were normalized by a suitable device called pendulum hammer, and determining the work required for that. Dividing the work of the cross section of the sample in place of the notch receives the size of the convention, called toughness. However, since there is no energy directly proportional dependence on the cross section of the sample fractured, and therefore toughness is not specified direct physical meaning and should be understood as the energy required to break notched samples standardized.

7.1. Summary of the average results of the dynamic impact testing of welded joints with solid material

Table 3. Mean impact test results for the samples welded and made of solid material

Kind of specimen	Cross-sectional area [mm ²]	Elevation angle of the pendulum (b) [°]	The energy absorbed K[J]	The value of the impact KC[J/mm ²]
Welded – 90A	50	116	34,2	0,68
Welded – 115A	50	103,67	50,64	1,01
Welded – 150A	50	87,33	73,62	1,43
Solid material	50	44,33	127,81	2,56

In interpreting the results presented in tab. 3 noticeable are some dependencies, namely with increasing welding current angle of the pendulum hammer proportionally reduced, which is beneficial for the plastic properties of the test material. The second relationship is the value of the energy absorbed by the sample which, together with an increase in the welding current increases.

Comparing the results for samples of solid material and welded noticeable difference is large, namely the angle b solid material is about 50 % lower than in the case of a welded sample current of 150 A. From these results that the solid material absorbs more energy. The impact coefficient KC solid material is about 45 % greater than that of the welded samples of the current 150 A.

Dynamic impact test showed that the solid material has better properties than the plastic of the sample weld. Among the best properties of welded samples have welded sample current of 150 A. The large impact of these properties had good melted material.

8. Conclusions

MMA is a fairly modern, constantly evolving way of combining metal with each other. If the electrodes are properly selected and welding current can be welded quite thick parts, steel, iron and non-ferrous metals. With carefully selected ingredients can cover during welding introduce additional elements to the weld and welded. Submerged arc welding, electric welding displaces the gas, which has the advantage that it does not require electrical power, although the welding are built with its own generator.

An important issue in the electric welding is a welding current selection depending on the thickness of the electrode and material thickness. The use of too low operating current arc causing instability and inadequate mechanical properties of the weld resulting from insufficient melting of the material combined. Too high a current operating results of the weld metal spraying and thermal overload electrode. For welding samples that were used to test endurance in the development of electrode used ESAB OK. 46.00 a diameter of 3.2 mm. Product of the company will provide a range of welding current ranging from 80 A to 150 A. The samples were welded currents of 90 A, 115 A and 150 A. Due to problems with arc ignition and its instability is not made of welded samples current of 80 A.

For the purpose of the development was carried out three types of destructive testing such as tensile, flexural and impact strength. The purpose of these studies was to determine the effect of welding current on the strength properties of the weld. The above-mentioned methods have confirmed that the increase in the welding current has a positive effect on the strength of the tested welds.

Hammer impact test on Charpy 's showed that the joint is a combination of fragile and not as susceptible to plastic deformation as a solid material. In the tab. 3 shows the averaged results of the impact test, which shows that with the increase of welding current increases toughness. b angle at which the sample weld fracture followed current 150 A is half the size than the sample to the solid material. Scrap which qualified for samples welded scrap it because the fragile rupture followed without visible plastic deformation, appearance scrap grainy and shiny. A small sample weld toughness current 90 A and 115 A showed that the weld of the low current can be dangerous for applications such as for welding structures, such as weld crack occurs without prior plastic deformation.

Static tensile test confirms that the rupture of welded samples a current of 90 A and 115 A, occurred at a much lower strength than welded current 150 A. In the tab. 1 shows the averaged values of forces which followed the break. After breaking the samples welded shock 90 A and 115 A in the root of the weld was observed a large amount of slag in the case of welded samples current of 90 A lack of fusion. In the case of welded samples of current 150 A picked in the center of the weld showed no abnormalities. The other two samples were cut outside the weld,

which indicates that the weld with properly chosen parameters has good strength properties.

Static bending test also confirms the poor mechanical properties of welded samples of current 90 A, during the study, two were broken. After a visual inspection of the broken samples were found a large amount of slag around the root and lack of fusion. Another interesting phenomenon is the fact that the welded bending test current of 90 A was used more force than for the samples with a solid material. Evidenced by the fact that the joint has a higher hardness than the material solid. Weld after applying the stem bending underwent only slight deformation of the grains which resulted in an increase in weld strength. In the case of bending of a solid material followed directly at the contact with the material of the mandrel.

Strength tests carried out showed that the welding current has a very significant impact on the strength and mechanical properties of welded joints. Prove the non-conformities: welding slag around the ridge and the lack of penetration of the parent material. To obtain a correct weld when using the method in addition to the current MMA important is the selection of the correct electrode to the base material.

Literatura

- [1] Klimpel A., *Spawanie, zgrzewanie i cięcie metali. Technologie*, Warszawa, WNT, 1999.
- [2] Klimpel A., *Technologia spawania i cięcia metali*, Gliwice, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 1997.
- [3] Pilarczyk J., *Poradnik Inżyniera. Spawalnictwo*, Tom 2, Warszawa, WNT, 2005.
- [4] Warsz K., *Spawanie łukowe elektrodą otuloną*, Opracowanie Instytutu Spawalnictwa w Gliwicach, Kurs Europejskiego Inżyniera Spawalnika EWE.
- [5] Penkala P., Płowaś B.: *The influence of currant MMA welding on the tensile strenght of joint*, Lublin, Postępy Nauki i Techniki, nr2/2014, 2014.
- [6] Rutkowski A., *Części maszyn*, Warszawa, WSiP, 2009.

Grzegorz Kłosowski¹

Modelowanie dyskretnego systemu produkcyjnego wg metody Kanban

Słowa kluczowe: symulacja komputerowa, systemy produkcyjne, Kanban, oprogramowanie symulacyjne

Streszczenie

Niniejszy artykuł dotyczy zastosowania oprogramowania symulacyjnego Matlab Simulink w rozwiązywaniu problemów produkcyjnych. Opracowano model systemu produkcyjnego wykorzystującego karty Kanban. Model systemu produkcyjnego składa się z podsystemów takich jak: dostawcy materiałów, wydziały produkcyjne i wydział montażu. Celem badań było wyeliminowanie sytuacji, w których firma zmuszona była rezygnować z realizacji części zamówień z powodu niewystarczających mocy produkcyjnych. Dzięki przeprowadzeniu szeregu eksperymentów symulacyjnych udało się dopasować parametry produkcyjne w taki sposób, że liczba odrzucanych zamówień spadła do zera.

Wstęp

Kanban jest podsystemem Toyota Production System (TPS), który został stworzony w celu kontrolowania poziomu zapasów, produkcji i dostaw komponentów, a w niektórych przypadkach także surowców. Kanban jest zdefiniowany jako mechanizm sterowania przepływem materiałów (MFC = ang. Material Flow Control) i steruje procesem zachowania odpowiedniej ilości i odpowiedniego czasu produkcji wyrobów. Termin Kanban może oznaczać system sterowania lub pojedynczą kartę wykorzystywaną do zarządzania dostawami, produkcją części, przedmiotów, materiałów lub surowców potrzebnych do produkcji [1].

¹ Dr inż. Grzegorz KŁOSOWSKI, Katedra Organizacji Przedsiębiorstwa, Politechnika Lubelska, 20 – 618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 38 D, tel./fax.: (81) 5384567, e-mail: g.klosowski@pollub.pl

Pomimo faktu, że system sterowania produkcją Kanban został po raz pierwszy zastosowany ponad pół wieku temu, cieszy się on wciąż dużą popularnością. Powodem tego jest jego przejrzystość i skuteczność, która przekłada się na konkretne oszczędności uzyskiwane w sferze produkcji dyskretniej. Metoda Kanban jest jedną z podstawowych metod popularnego nurtu filozofii wytwarzania Lean Manufacturing [2], którego głównym celem jest optymalizacja procesów produkcyjnych poprzez redukcję niepotrzebnie wykonywanej pracy ludzkiej oraz poziomu zapasów [3].

Ponieważ system Kanban okazał się być narzędziem, które znakomicie adaptuje się w środowiskach przedsiębiorstw produkcyjnych, przez dziesięciolecia naukowcy z całego świata starają się udoskonalić tę metodę. Najważniejszym trendem w rozwoju metod projektowania jest tworzenie i rozwój projektu technologii z wykorzystaniem nowoczesnych technik informacyjnych [4, 5].

Z uwagi na fakt, że w ostatnich latach narasta problem utrzymania środowiska naturalnego w dobrej kondycji, istotne stało się monitorowanie ostatniego etapu cyklu życia produktu, w tym demontażu. Okazuje się, że nawet tam system Kanban może znaleźć zastosowanie [6]. Inną odmianą omawianego systemu jest tzw. Kanban adaptacyjny [7]. Odmiana ta stanowi alternatywę, która może zostać wykorzystana w sterowaniu systemami produkcyjnymi charakteryzującymi się dużym poziomem zmienności (różne ilości i częstotliwości dostaw). Podstawowym sposobem sterowania produkcją w systemie Kanban jest zastosowanie dwóch rodzajów kart: produkcyjnej i transportowej. W takim przypadku karta produkcyjna stanowi sygnał do rozpoczęcia produkcji, natomiast karta transportowa autoryzuje (zezwala na) transport określonej ilości części z jednego stanowiska na drugie [8].

Interesującą kwestią jest kierunek ewolucji systemów sterowania produkcją opartych na idei kart Kanban. Badania literaturowe wykazują, że zdecydowana większość badaczy koncentruje się na problemie doboru ilości i kolejności tzw. sygnałów, uruchamiających operacje produkcyjne i transportowe.

Kanban jest systemem ssącym, który choć co do zasady nie kryje już w sobie niewiadomych, jednak chcąc uruchomić system tego typu w konkretnym przedsiębiorstwie, należy wykonać szereg działań. W szczególności, wyzwaniem dla projektanta systemu produkcyjnego jest identyfikacja odpowiednich parametrów produkcyjnych oraz zgromadzenie informacji odnośnie ich wartości. Następną kwestią jest ustalenie ilości kart Kanban dla poszczególnych procesów. W ostatnim etapie należy opracować mechanizm produkcji w systemie ssącym oraz ustalić jego reguły [9]. Ciekawym pomysłem są wirtualne Kanbany [10], które mogą być stosowane w produkcji wielopoziomowej, przy wysoce zindywidualizowanych produktach. Idea systemu Kanban jest na tyle uniwersalna, że poprzez zastosowanie pewnych uogólnień i analogii, może być stosowana nie tylko w systemach produkcyjnych lecz np. w usprawnieniu procesu przekazywania wiedzy [11] lub w organizacjach zajmujących się opieką zdrowotną (np. w szpitalach lub przychodniach) [12].

Niniejszy artykuł ma na celu prezentację sposobu rozwiązania problemu z zakresu organizacji produkcji dyskretniej, z wykorzystaniem idei Kanban. Zastosowano metodę badawczą opartą na symulacji komputerowej. Opracowano model systemu produkcyjnego składającego się z dostawców, wydziałów produkcyjnych oraz działu montażu. Problemem badawczym było odpowiednie dobranie parametrów systemu Kanban w celu zwiększenia zdolności produkcyjnych. W szczególności były to dwie grupy poszukiwanych wartości:

- odpowiednia liczba kart Kanban funkcjonujących w obrębie badanego systemu produkcyjnego i jego podsystemów,
- odpowiedni dobór parametrów czasowych procesu produkcyjnego i montażowego.

W procesie modelowania wykorzystano oprogramowanie symulacyjne Matlab Simulink [13]. Dzięki zastosowaniu technik informatycznych z wykorzystaniem tzw. chmury obliczeniowej, istnieje możliwość wdrożenia zaawansowanych procesów sterowania produkcją, które zwiększają efektywność procesów logistycznych [14].

1. Przedmiot badań i model symulacyjny

Przedmiotem badań jest dyskretny system produkcyjny, który składa się z dostawców zewnętrznych, wydziału produkcyjnego oraz wydziału montażowego. Każdy dostawca zewnętrzny dostarcza materiały do produkcji jednego wyrobu.

Material	Cykl produkcyjny	Czas dostawy
A	0.1	1
B	0.08	0.5
C	0.09	0.7

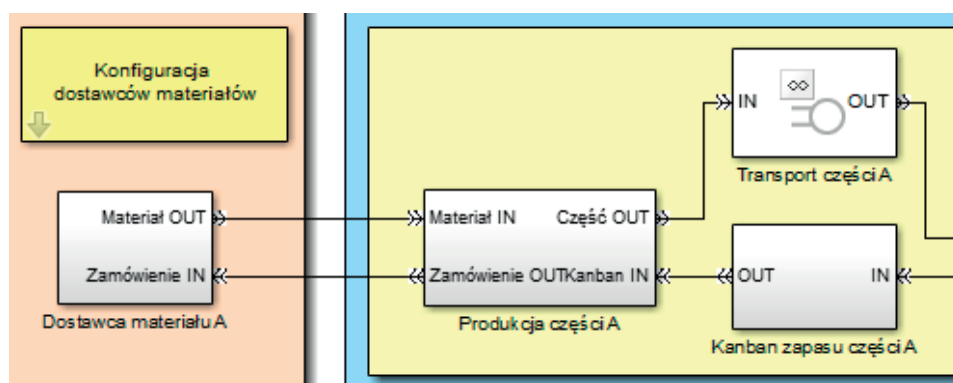
Rys. 1 Parametry dostawców wyrażone w dniach

Źródło: Opracowanie własne

Tak więc, dostawca A dostarcza materiały wymagane do produkcji części A. Podobnie jest w przypadku materiałów wymaganych do produkcji części B i C. Wyrób finalny jest efektem montażu trzech części A, B i C w jeden zespół. Powyższy system produkcyjny został zamodelowany przy użyciu oprogramowania Matlab Simulink, z wykorzystaniem biblioteki SimEvents. Model umożliwia parametryzowanie (zmianę wartości) poszczególnych elementów funkcjonalnych badanego systemu. Tak więc moduł dostawców, został określony przy użyciu sześciu parametrów (Rys. 1), po dwa dla każdego dostawcy. Dostawcę każdego z trzech materiałów określają takie parametry jak cykl produkcyjny oraz czas dostawy. Oba parametry wyrażono w dniach.

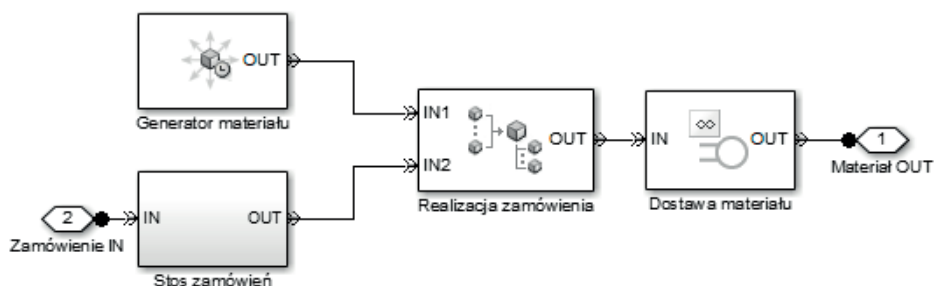
Modelowanie dostawców materiałów

Każdy z dostawców materiału modelowany jest jako submodel z jednym portem wyjściowym „Materiał OUT” i jednym portem wejściowym „Zamówienie IN” (Rys. 2). Port wyjściowy umożliwia przekazanie informacji o kolejnej dostawie materiału. Zadaniem portu wejściowego jest przyjmowanie informacji o zleceniach dostawy materiałów. Rys. 3 prezentuje logikę przepływu informacji w modelu podsystemu dostawcy materiału A. Zamówienia wchodzące przez port 2 „Zamówienie IN” trafiają do kolejki o nazwie „Stos zamówień”. Moduł o nazwie „Generator materiału” symuluje produkcję materiału A, i co 0,1 dnia jest gotów wyprodukować nowy materiał. Jest to możliwe jedynie wtedy, gdy „Stos zamówień” nie jest pusty. Gdy ten warunek jest spełniony, zamówienie wraz z materiałem trafia do modułu „Realizacja zamówienia”, gdzie informacja o materiale i zleceniu są włączone do jednej zmiennej wektorowej.



Rys. 2 Widok ogólny modułów dostawców i produkcji części A

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 3 Logika modelu dostawcy materiału A

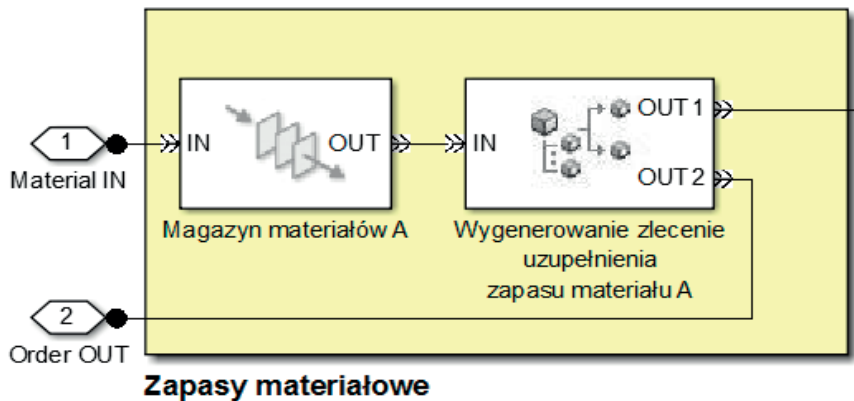
Źródło: Opracowanie własne

Zaraz potem informacja kierowana jest do modułu „Dostawca materiału”, którego zadaniem jest spowolnienie przepływu materiału o zadany wcześniej parametr czasu dostawy. Zmienna wektorowa kierowana jest do portu wyjściowego „Materiał OUT”, skąd wędruje do submodelu o nazwie „Produkcja części A” (Rys. 2). Tam informacja jest absorbowana poprzez port „Materiał IN”. Jak widać, submodel „Produkcja części A” zawiera cztery porty, w tym dwa wejściowe i dwa wyjściowe. Port wyjściowy „Część OUT” umożliwia przekazanie części do dalszego etapu procesu produkcyjnego, jakim jest montaż. Port wejściowy „Kanban IN” umożliwia przyjęcie Kanbanu produkcji, natomiast port „Zamówienie OUT” służy do wygenerowania zamówienia na dostawę kolejnej partii materiałów wymaganych do produkcji części A.

Modelowanie wydziału produkcyjnego

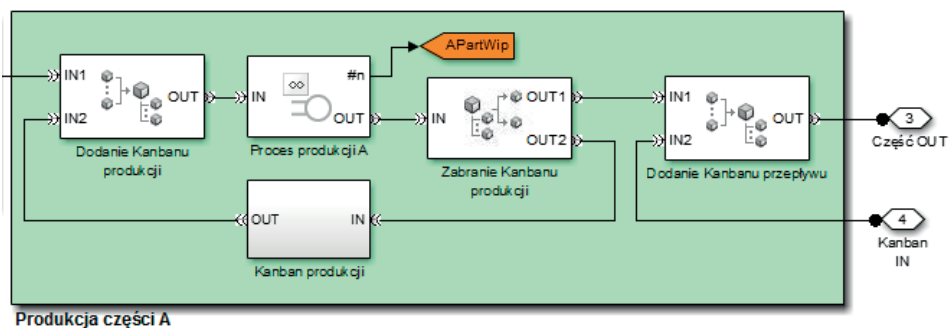
Model wydziału produkcyjnego został podzielony na dwa podsystemy. Pierwszy z nich jest odpowiedzialny za przepływ materiałów między magazynem materiałów a wydziałem produkcyjnym (Rys. 4). Drugi podsystem dotyczy procesu wytwórczego, w trakcie którego materiał przekształcany jest w półwyrob (np. część A). Model podsystemu produkcyjnego części A został zaprezentowany na Rys. 5.

Jak wynika z rysunków 4 i 5, kierunek marszruty sygnałów powodujących przepływ jest przeciwny do kierunku ruchu materiałów w łańcuchu logistycznym. Pobranie materiału do produkcji powoduje jednocześnie wygenerowanie zlecenia dostawy dla dostawcy. Istotne jest, że jeśli bufor (magazyn) jest pusty i nie można pobrać z niego materiału, nie można także wysłać zlecenia do dostawcy materiału. Taki mechanizm zapewnia utrzymanie zapasów materiałowych na niskim poziomie i jednocześnie zapobiega nadmiernym wydatkom na zbyt wczesne dostawy uzupełniające zapasy.



Rys. 4 Sposób generowania Kanbanów zapasów materiałów dla części A

Źródło: Opracowanie własne



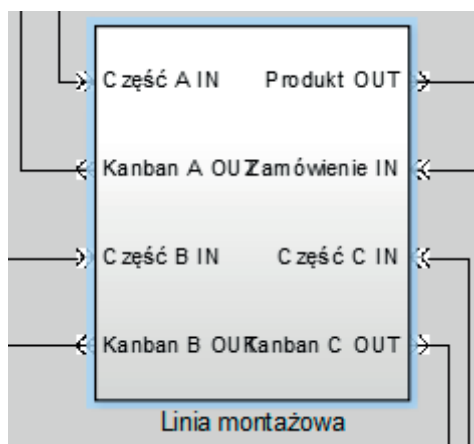
Rys. 5 Model subsystemu produkcyjnego części A

Źródło: Opracowanie własne

Rys. 5 prezentuje blok połączonych ze sobą modułów, które symulują przetworzenie materiału A, na część A. Aby można było rozpocząć produkcję części A, niezbędne jest pobranie Kanbanu produkcji z koszyka (bufora). Można zauważyć, że Kanbany, jako nośniki informacji podlegają podobnym zasadom jak materiały. Tak więc są one magazynowane (w specjalnych miejscach – koszykach) i przekazywane razem z materiałami, których dotyczą. Jak już wcześniej wspomniano, Kanbany mogą odnosić się do zapasów (magazynowania) lub do przepływu elementów przez system logistyczny. Zarówno Kanbany zapasów jak i Kanbany przepływu podlegają tym samym zasadom: muszą być gdzieś gromadzone w oczekiwaniu na pobranie, następnie są pobierane, przywieszane do pojemnika z częściami,

a na końcu etapu procesu są odczepiane od pojemnika lub części i z powrotem wracają do miejsca skąd mogą być ponownie pobrane. Stała liczba Kanbanów jest gwarantem utrzymania dyscypliny kosztowo-ilościowej w organizacji logistycznej.

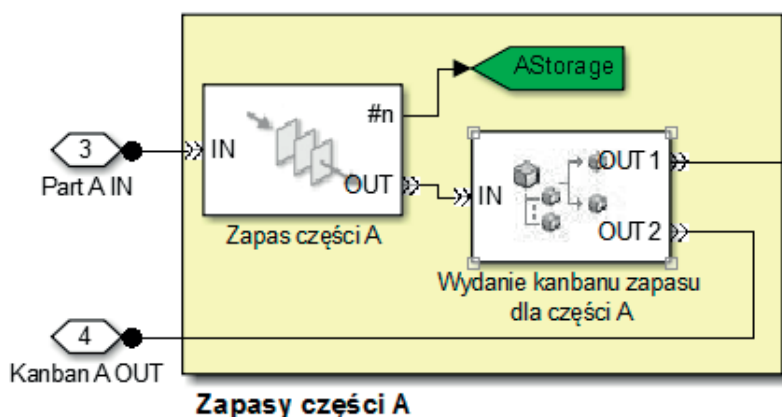
Na Rys. 5 pierwszy moduł o nazwie „Dodanie Kanbanu produkcji” łączy dwie informacje: pierwszą, o pobraniu z magazynu materiale i drugą, o pozwoleniu jego pobrania – czyli o Kanbanie produkcji. Następnie, logika procesu prowadzi do modułu „Proces produkcji A”, gdzie część jest wstrzymywana na okres równy czasowi niezbędnemu na jej obróbkę. Po obróbce, od elementu obrobionego odejmowany jest Kanban produkcji, za co odpowiada moduł „Zabranie Kanbanu produkcji”. Kanban produkcji wraca do koszyka Kanbanów, gdzie będzie oczekiwał na kolejne pobranie. Obrobiona część A, otrzyma natomiast kolejny Kanban przepływu, wraz z którym zostanie skierowana do działu montażu. Istotne jest to, że w przypadku braku wolnego Kanbanu przepływu, obrobiona część A będzie oczekiwać w buforze (magazynie między-produkcyjnym) dotąd, aż zwolni się jakiś Kanban przepływu. Zwolnienie Kanbanu przepływu jest możliwe jedynie wtedy, gdy kolejny wyrób gotowy, będący efektem operacji montażu, opuści wydział montażu.



Rys. 6 Subsystem montażu – porty wejścia i wyjścia

Źródło: Opracowanie własne

Rys. 6 prezentuje ogólny widok podsystemu montażu. Jak widać podsystem ten składa się z czterech wejść i tej samej ilości wyjść. Liczba ta nie jest przypadkowa. Bezpośrednio wynika ona z ilości części, które składają się na wyrób gotowy. Ponieważ wyrób gotowy jest efektem montażu trzech części: A, B i C, to montaż każdej z nich wymaga pobrania danej części wraz z jednoczesnym wydaniem zlecenia uzupełnienia zapasu pobranej części (Rys. 7).

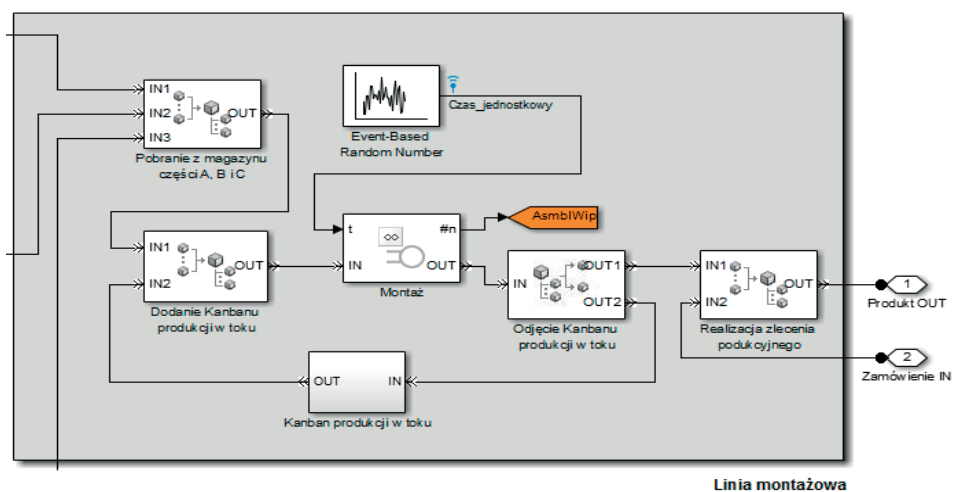


Rys. 7 Bufor linii montażowej dla części A

Źródło: Opracowanie własne

Również w tym przypadku działa analogiczny mechanizm, jak podczas zamówień materiałów od poddostawców, z tą różnicą, że teraz rolę zamówienia przejmuje Kanban zapasu. Część A nie może być pobrana z magazynu, dopóki w koszyku nie będzie wolnego Kanbanu produkcji (Rys. 8), który można by do niej przywiesić. Jeśli jednak dana część, wraz ze swoim Kanbanem, zostanie zabrana do montażu, to jednocześnie zostanie wygenerowany (wydany) Kanban zapasu, oznaczający zapotrzebowanie na pobraną część. Kanban ten spowoduje uruchomienie procesu produkcji kolejnej części – takiej samej jak ta, która została pobrana do montażu.

Powyższy opis dotyczy sposobu działania omawianego modelu systemu produkcyjnego, jednak w rzeczywistych organizacjach problem terminów rozpoczęcia produkcji poszczególnych zleceń może być bardziej skomplikowany. Zazwyczaj, z uwagi na relatywnie długi czas przygotowawczo-zakończeniowy i wysokie koszty związane z przygotowaniem produkcji nowych (lub innych niż dotychczas produkowane) części, uruchamianie produkcji pojedynczych części jest nieekonomiczne. Stąd sygnały o rozpoczęciu produkcji przesyłane są w odniesieniu nie do pojedynczych części lecz do całych partii produkcyjnych. Oznacza to jednak konieczność oczekiwania, aż ilość potrzebnych części osiągnie pewną wartość krytyczną, równą liczności partii produkcyjnej. Niesie to ze sobą określone konsekwencje, które stoją w sprzeczności z ideą Lean Manufacturing. Po pierwsze, łączenie Kanbanów w partie produkcyjne oznacza potrzebę zwiększenia pojemności magazynów buforowych, przez co rośnie liczba elementów znajdujących się w fazie produkcji w toku. Po drugie, maleje częstość dostaw, rosną koszty zamrożenia kapitału w zapasach, a poprzez pogorszenie wskaźników obrotowości zapasów – maleje efektywność produkcji.



Rys. 8 Logika montażu

Źródło: Opracowanie własne

Analizując schemat przedstawiony na Rys. 8 widzimy, że moduł „Pobranie z magazynu części A, B i C” przekształca te trzy części w jedną (symulacja montażu jako rodzaju operacji). Kolejny na ścieżce marszruty technologicznej moduł o nazwie „Dodanie Kanbanu produkcji w toku”, dodaje do zmontowanego zespołu Kanban produkcji. W ten sposób, montowana część razem z przywieszonym do niej Kanbanem przechodzą do kolejnego etapu wirtualnej marszruty – do modułu „Montaż”. Moduł ten ma za zadanie zatrzymanie wirtualnego zespołu na ścieżce logistycznej przez określony czas montażu. Warto zwrócić uwagę, że w celu wiernej zamodelowania czasu operacji montażu, w module „Montaż” zastosowano dodatkowe wejście t , którego zadaniem jest wygenerowanie stochastycznej wartości czasu jednostkowego. W tym celu zastosowano rozkład jednostajny dyskretny, wyrażony wzorem (1) [13].

$$f(x) = \begin{cases} 1/K & x = L + k \frac{U-L}{K-1}, k=0,1,2,...,K-1 \\ 0 & \text{w pozostałych przypadkach} \end{cases}$$

Źródło: Materiały instruktażowe w wersji elektronicznej, dołączone do system Matlab Simulink

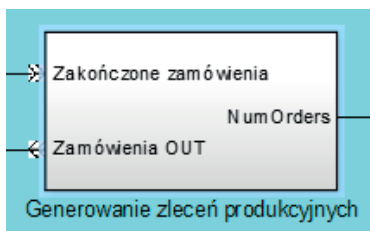
gdzie: L – wartość minimalna, U – wartość maksymalna, K – liczba wartości w zbiorze.

Jeżeli $\frac{U-L}{K-1}$ i L są liczbami całkowitymi, wtedy wszystkie wartości funkcji

rozkładu jednostajnego dyskretnego są także całkowite. Rozkład jednostajny dyskretny został zamodelowany przy użyciu standardowego modułu znajdującego się w zestawie bibliotek oprogramowania Matlab-Simulink. Moduł ten nosi nazwę „Event-Based Random Number”. Parametry modułu zostały określone w następujący sposób: $L = 0,4$; $U = 0,8$; $K = 10$.

W kolejnym etapie zmontowane wyroby gotowe opuszczają wydział montażu ale przedtem ma miejsce oddzielenie Kanbanu produkcji od wyrobu gotowego. Kanbany produkcji kierowane są z powrotem na początek procesu montażu, gdzie stanowią sygnał do pobrania z bufora kolejnej części.

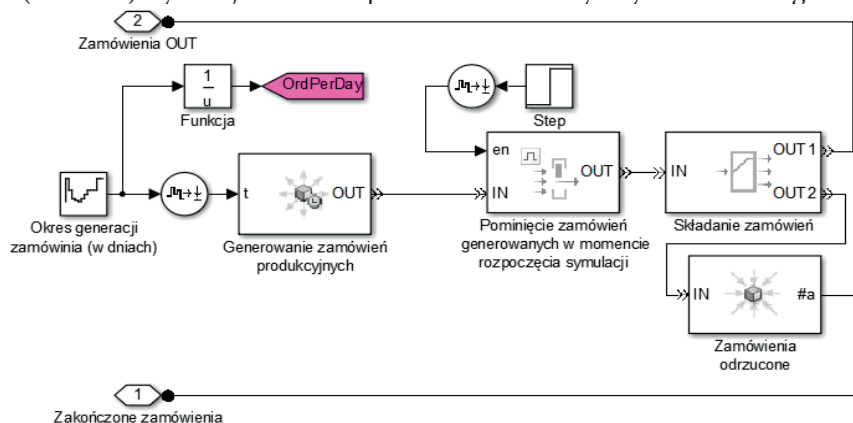
Ostatnim, a zarazem pierwszym, podsystemem w modelowanym łańcuchu logistycznym jest subsystem generowania zleceń produkcyjnych (Rys. 9). Podsystem ten zawiera jedno wejście i dwa wyjścia.



Rys. 9 Subsystem generowania zleceń produkcyjnych – porty wejścia i wyjścia

Źródło: Opracowanie własne

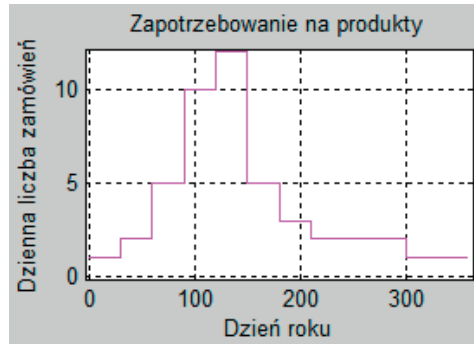
Wnętrze tego podsystemu prezentuje Rys. 10. Moduł o nazwie „Okres generacji zamówienia (w dniach)” symuluje dzienne zapotrzebowanie na wyroby w trakcie całego roku.



Rys. 10 Logika generowania zamówień produkcyjnych

Źródło: Opracowanie własne

Dane wejściowe pochodzą z wektora początkowego, który można dowolnie modyfikować. Wektor początkowy zapotrzebowania wskazuje, ile wyrobów gotowych średnio będzie zamawianych przez klientów w trakcie kolejnych miesięcy całego roku.



Rys. 11. Zapotrzebowanie na produkty

Źródło: Opracowanie własne

Przyjęto następujący wektor miesięcznych zapotrzebowań $Mz = [1\ 2\ 5\ 10\ 12\ 5\ 3\ 2\ 2\ 2\ 1\ 1]$. Rys. 11 prezentuje wykres zapotrzebowania na wyroby symulowanego przedsiębiorstwa produkcyjnego w trakcie jednego roku.

2. Eksperyment symulacyjny

Celem prowadzonych badań symulacyjnych było takie dobranie określonych parametrów systemu produkcyjnego działającego wg idei Kanban, aby zminimalizować roczną ilość zleceń, które firma musiała odrzucać z powodu niewystarczających możliwości produkcyjnych. W szczególności, parametrami wejściowymi były dwie grupy poszukiwanych wartości. Pierwszą grupą była optymalna liczba kart Kanban funkcjonujących w obrębie badanego systemu produkcyjnego i jego podsystemów. Druga grupa poszukiwanych parametrów dotyczyła wartości czasowych procesów produkcyjnego i montażowego. Dla potrzeb symulacji przyjęto dzienną dyskretyzację czasu. Czas symulacji ustalono na 360 dni.

W celu rozwiązania powyższego problemu przeprowadzono szereg prób symulacyjnych z wykorzystaniem różnych konfiguracji wartości ww. parametrów. Tabela 1 prezentuje wartości parametrów, jakie zastosowano w trzech wybranych eksperymentach symulacyjnych. Kolorami, oznaczono wartości zmienione w porównaniu do poprzedniego eksperymentu.

Można zauważyć, że parametry odnoszące się do dostaw materiałów pozostały nie zmienione w czasie wszystkich prowadzonych eksperymentów. Ma to związek

z faktem, że w realiach życia gospodarczego przedsiębiorstwo produkcyjne ma ograniczony wpływ na czasy realizacji zamówień u konkretnych poddostawców. Najczęściej, chcąc pilnie skrócić czas realizacji zamówienia, kierownictwo decyduje się na zmianę dostawcy. Problemem jest to, że decyzje tego rodzaju nigdy nie pozostają bez wpływu na inne sfery funkcjonowania przedsiębiorstwa, jak choćby aspekt jakościowy, cenowy, organizacyjny itp. Ponadto, znalezienie wiarygodnego poddostawcy wymaga przeprowadzenia gruntownego badania rynku. Działania takie są kosztowne i wymagają dużego nakładu czasu. Jest to jednak niezbędne, gdyż w przypadku podjęcia błędnej decyzji odnośnie zmiany dostawcy, skutki pomyłki są zwykle o wiele bardziej kosztowne.

Po wykonaniu pierwszego eksperymentu okazało się, że z powodu zbyt niskich zdolności produkcyjnych, badane przedsiębiorstwo było zmuszone zrezygnować z realizacji aż 173 zleceń w ciągu roku. Kolejne eksperymenty prezentują zmiany parametrów wejściowych modelu symulacyjnego oraz wpływ ww. zmian na różnorodne parametry określające zarówno przebieg produkcji w ciągu roku, jak i najważniejszy parametr – ilość zleceń niezrealizowanych.

Tab. 1. Wartości parametrów w poszczególnych eksperymentach symulacyjnych (w dniach)

Rodzaj parametru 1		Numer eksperymentu		
		2	3	
Konfiguracja dostaw materiałów	Cykl produkcyjny dla materiału A:	0,1		
	Czas dostawy materiału A:	1		
	Cykl produkcyjny dla materiału B:	0,08		
	Czas dostawy materiału B:	0,5		
	Cykl produkcyjny dla materiału C:	0,09		
	Czas dostawy materiału C:	0,7		
Konfiguracja ilości Kanbanów	Ilość Kanbanów zapasu dla części A:	10	10	14
	Ilość Kanbanów przepływu dla produkcji w toku części A:	20	20	20
	Ilość Kanbanów zapasu dla części B:	5	5	15
	Ilość Kanbanów przepływu dla produkcji w toku części B:	12	12	20
	Ilość Kanbanów zapasu dla części C:	8	8	8
	Ilość Kanbanów przepływu dla produkcji w toku części C:	15	15	15
	Ilość Kanbanów przepływu dla montażu końcowego:	10	10	10

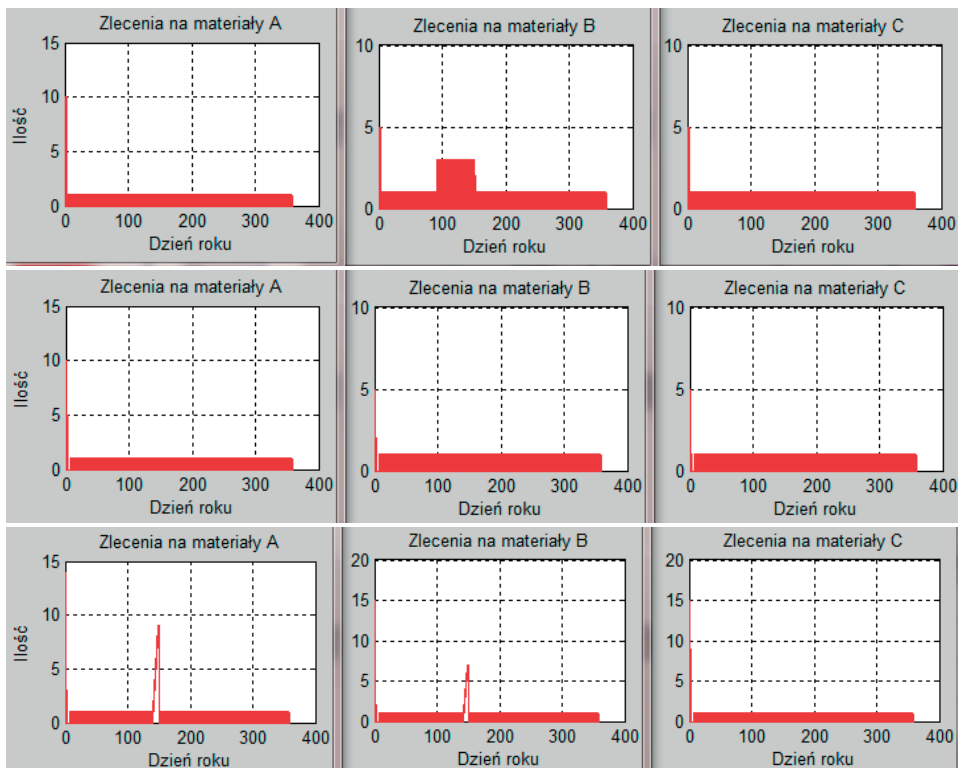
Rodzaj parametru 1		Numer eksperymentu		
		2	3	
Konfiguracja zdolności produkcyjnych	Cykl produkcyjny dla części A:	2	1	0,5
	Czas potrzebny na transport części A:	1	0,5	0,5
	Cykl produkcyjny dla części B:	1,5	1,2	0,3
	Czas potrzebny na transport części B:	0,5	0,5	0,6
	Cykl produkcyjny dla części C:	1,7	1,1	1,2
	Czas potrzebny na transport części C:	0,7	0,7	0,8
	Cykl produkcyjny dla montażu końcowego:	0,6	0,6	0,6
Ilość zleceń zakończonych		1200	1316	1373
Ilość zleceń niezrealizowanych		173	57	0

Źródło: opracowanie własne.

Analizując tabelę 1 można zauważyć, że różnica pomiędzy eksperymentem nr 1 i 2 dotyczy parametrów zdolności produkcyjnych. Skutki zmian parametrów wejściowych systemu symulacyjnego pokazano na rysunkach 12 – 16. Na Rys. 12 obrazującym ilościowe poziomy zleceń na materiały A, B i C w trakcie roku widać, że zmiana parametrów wejściowych dała efekt pozytywny, w postaci ujednolicenia (spłaszczenia) strumienia zleceń na materiały potrzebne do produkcji części B, w trakcie roku produkcyjnego.

Kolejną zmianą, jaką obserwujemy tym razem na Rys. 14, jest zmiana poziomu bufora części A i C w trakcie roku produkcyjnego. Z rysunku wynika, że w eksperymencie nr 2, liczność bufora produkcyjnego części A była wyższa, natomiast dla części C, wartość ta obniżyła się. Najważniejszą zmianą jest jednak redukcja ilości zleceń niezrealizowanych ze 173 do 57 (Tab. 1 i Rys. 16).

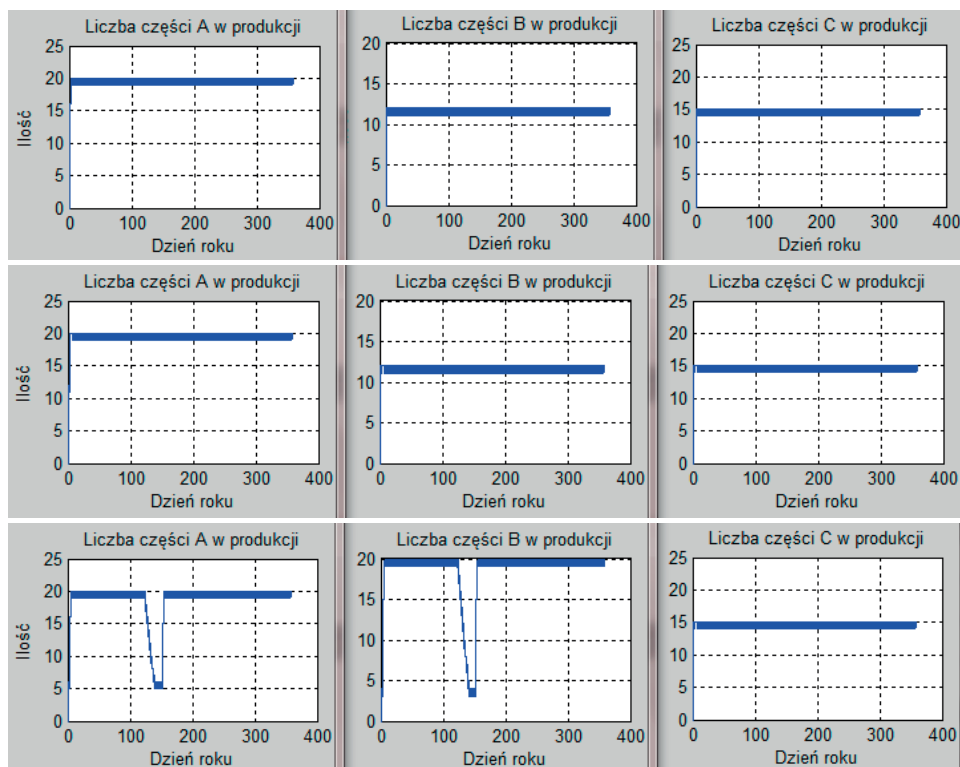
W trakcie eksperymentu trzeciego zmieniono siedem parametrów (Tab. 1). Była to dość duża zmiana, ponieważ zwiększono ilości Kanbanów dla części A i B. Dzięki zastosowaniu usprawnień techniczno-organizacyjnych udało się skrócić cykle produkcyjne części A, B i C. Skrócono także czasy transportu materiałów potrzebnych do produkcji części B i C z magazynów na wydziały produkcyjne.



Rys. 12 Eksperymenty: 1, 2 i 3 (w rzędach) – ilościowe poziomy zleceń na materiały A, B i C w trakcie roku

Źródło: Opracowanie własne

Bezpośrednim efektem takich posunięć było to, że ilość zleceń niezrealizowanych spadła do zera (Rys. 16). Prócz tego zmieniły się ilościowe poziomy zleceń na materiały A, B i C w trakcie roku. Ilość ww. zleceń chwilowo wzrasta około 130 dnia roku, co ma związek ze zwiększonym zapotrzebowaniem na wyroby gotowe, właśnie w tym czasie (Rys. 12). Inną zaobserwowaną zmianą jest zmiana liczby części A i B w będących trakcie produkcji w toku, w trakcie roku produkcyjnego (Rys. 13). Zmiana ta ma miejsce również około 130 dnia, co koresponduje z Rys. 12. Tym razem jest to zjawisko korzystne ponieważ ilość zamrożonego w produkcji kapitału została zredukowana.

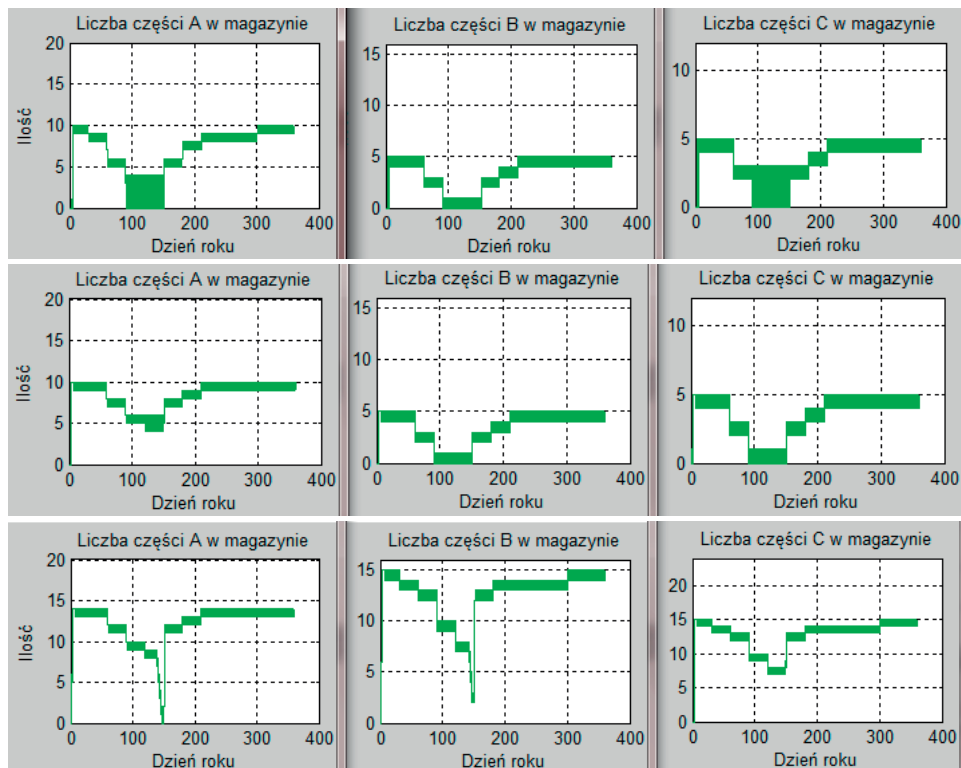


Rys. 13 Eksperymenty: 1, 2 i 3 (w rzędach) – liczba części w produkcji w toku A, B i C w trakcie roku produkcyjnego

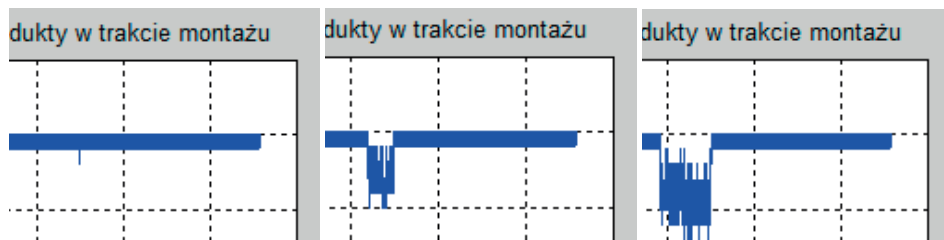
Źródło: Opracowanie własne

Obserwujemy także zmiany poziomów buforów części A, B i C w trakcie roku produkcyjnego (Rys. 14). Tym razem okazuje się, że aby osiągnąć nadrzędny cel, jakim było wyeliminowanie zjawiska zleceń odrzucanych, trzeba było zwiększyć bufory zapasów wszystkich rodzajów części.

Rys. 15 ukazuje, że liczba produktów w trakcie montażu dąży do ujednolicenia, na poziomie 10 sztuk. Rys. 16, jest dowodem na to, że po odpowiednich korektach wprowadzonych do systemu produkcyjnego możliwe było osiągnięcie postawionego celu.

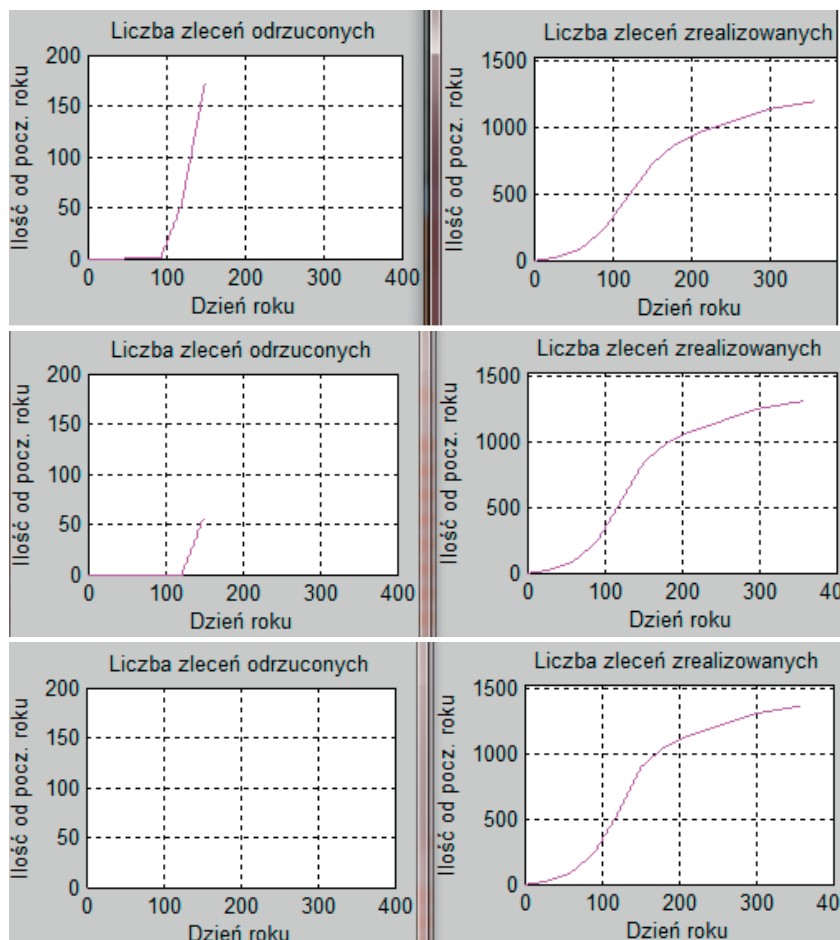


Rys. 14 Eksperymenty: 1, 2 i 3 (w rzędach) – poziomy buforów części A, B i C w trakcie roku produkcyjnego



Rys. 15 Eksperymenty 1, 2 i 3 – liczba produktów w trakcie montażu

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 16 Eksperymenty: 1, 2 i 3 (w rzędach) – zlecenia odrzucone i zrealizowane

Źródło: Opracowanie własne

Wnioski

W niniejszym artykule zaprezentowano sposób rozwiązania problemu produkcyjnego dotyczącego przedsiębiorstwa wykorzystującego karty Kanban. Główny problem dotyczył strat, jakie przedsiębiorstwo ponosiło w związku z brakiem wystarczających zdolności produkcyjnych. Rokrocznie, badane przedsiębiorstwo było zmuszone do odrzucania pewnej puli zleceń z tego powodu.

W celu rozwiązania ww. problemu, opracowano model symulacyjny badanego przedsiębiorstwa. Model obejmował wszystkie najważniejsze obszary związane ze sferą szeroko pojętej produkcji, to znaczy obejmował: dostawców materiałów,

wydziały produkcyjne i wydział montażu. W modelu wyodrębniono szereg podsystemów, które w zależności od przyjętych kryteriów podziału, dawały lepsze wyobrażenie na temat logiki przepływu materiałów, części oraz informacji, a także umożliwiały lepszą identyfikację wektora parametrów, mających krytyczne znaczenie na efekt końcowy – wyeliminowanie zleceń odrzucanych.

Dzięki odpowiedniemu modelowi i skutecznie przeprowadzonej serii eksperymentów symulacyjnych, w efekcie udało się tak dopasować parametry systemu produkcyjnego, że ilość zleceń odrzuconych w trakcie roku produkcyjnego spadła do zera.

Opisywany w niniejszym artykule przypadek jest kolejnym dowodem na to, że oprogramowanie symulacyjne jest skutecznym narzędziem w rozwiązywaniu problemów w systemach dyskretnych. Niewątpliwą zaletą tego typu metod badawczych, wykorzystujących systemy wirtualne, są duże oszczędności czasowo-kosztowe, w porównaniu do metod tradycyjnych, opartych o eksperymentowanie w warunkach działających systemów rzeczywistych.

Literatura

- [1] Graves R., Konopka J.M., Milne R.J., 1995. *Literature review of material flow control mechanisms*. Production Planning and Control 6 (5), s. 395–403.
- [2] Rahmana N. A. A., Sharifb S. M., Esac M. M., *Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation*, Procedia Economics and Finance 7 (2013), s. 174–180
- [3] Bhim S., Garg S.K., Sharma, S.K., Grewal, C., *Lean implementation and its benefits to production industry*, International Journal of Lean Six Sigma. Vol. 1, No. 2, (2010), s. 157–168.
- [4] Gola A., Sobaszek Ł., *Simulation of production flow using Matlab system*, [w:] J.Lipski, A.Świć, *Optimization of production processes*, Wyd. Politechniki Lubelskiej, Lublin, (2013), s. 64–74.
- [5] Palchevsky B., *Information aspects of optimization synthesis of functional modular structure of technological equipment*, Applied Computer Science Volume 9, Number 1, (2013), s. 17–33
- [6] Nakashima K., Gupta S.M., *A study on the risk management of multi Kanban system in a closed loop supply chain*. Int. J. Production Economics, 139 (2012), s. 65–68.
- [7] Naufal A., Jaffar A., Yusoff N., Hayati N., *Development of Kanban System at Local Manufacturing Company in Malaysia – Case Study*, Procedia Engineering 41 (2012), s. 1721–1726
- [8] Tardif V., Maaseidvaag L., 2001. *An adaptive approach to controlling Kanban systems*. European Journal of Operational Research 132 (2), s. 411–424.

- [9] Takeda, K., Tsuge, Y., Matsuyama, H., *Decentralized scheduling algorithm to improve the rate of production without increase of stocks of intermediates*. Computers and Chemical Engineering 24, (2000), s. 1619–1624.
- [10] Chia Jou Lin C.J., Chen F. F., Chen Y. M., *Knowledge Kanban system for virtual research and development*, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 29 (2013), s. 119-134
- [11] Turnera R., Laneb J. A., *Goal-Question-Kanban: applying lean concepts to coordinate multi-level systems engineering in large enterprises*, Procedia Computer Science 16 (2013), s. 512-521
- [12] Mrozek B., Mrozek Z., *Matlab 5.x Simulink 2.x Poradnik użytkownika*, PJN, Warszawa 1998
- [13] Materiały instruktażowe w wersji elektronicznej, dołączone do systemu Matlab Simulink
- [14] Cieplak T., *Opracowanie stadium przypadku obszaru i możliwości zastosowań Cloud computing w małych i średnich przedsiębiorstwach regionu lubelszczyzny*. Nauka-Biznes: zbiór raportów badawczych opracowanych przez pracowników naukowych i naukowo-dydaktycznych – przedstawicieli lubelskiego środowiska naukowego, Chełmskie Stowarzyszenie Rozwoju Społeczno-Gospodarcze, s. 486-504.

Agnieszka Bojanowska¹

CRM na rynku gier wideo

Słowa kluczowe: CRM, gry wideo, gry komputerowe, gry konsolowe, rynek gier wideo, gracze, gry, klient, zarządzanie relacjami z klientami

Streszczenie

Autorka niniejszego referatu podjęła tematykę budowania relacji z klientami na rynku gier wideo. Jest to tematyka szerzej nie omawiana w polskiej literaturze naukowej. Przesłanką do podjęcia tego tematu jest dynamicznie rozwijający się rynek gier wideo zarówno na świecie jak i w Polsce. Duży rynek niesie ze sobą rzesze klientów, w stosunku do których można zastosować liczne narzędzia i techniki oferowane przez koncepcję zarządzania relacjami z klientami (od angielskich słów Customer Relationship Management nazywaną skrótem CRM). Zastosowanie tych technik i narzędzi może skutkować wymiernymi efektami zarówno dla małych jak i dużych firm działających na rynku gier wideo. Aby udowodnić te twierdzenia autorka referatu scharakteryzowała rynek gier wideo wraz z jego produktami, poprzez jego systematyzację. Następnie podjęła próbę charakterystyki klienta na rynku tych produktów oraz wskazała na możliwe narzędzia i techniki CRM, które można zastosować w stosunku do różnych klientów w tym przypadku.

Wstęp

Globalny rynek gier wideo, obejmujący konsole do gier i przeznaczone na nie oprogramowanie, a także gry internetowe, mobilne i komputerowe, osiągnął w 2013 roku wartość 93 miliardów dolarów [4]. Szacuje się, że wartość tego rynku będzie systematycznie rosła. Rynek ten jest rynkiem bardzo rozległym. Obejmuje w dużej mierze rynek gier komputerowych. Już od lat 80. XX wieku można zaobserwować ogromny rozwój na rynku oprogramowania komputerowego. Staje się ono co raz bardziej powszechne odkąd komputery stały się standardowym wyposażeniem większości gospodarstw domowych. Odsetek gospodarstw domo-

¹ Dr inż. Agnieszka Bojanowska jest pracownikiem Katedry Marketingu, Wydziału Zarządzania, Politechniki Lubelskiej

wych posiadających komputer systematycznie wzrasta. W Polsce w 2012 r. 73% gospodarstw z co najmniej jedną osobą w wieku 16-74 lata było wyposażonych w komputer. W latach 2008-2012 zwiększał się również odsetek gospodarstw posiadających dostęp do Internetu, osiągając w 2012 r. poziom 71% [10]. Wzrasta liczba osób wykorzystujących komputer oraz Internet do rozrywki jaką są gry komputerowe. Według Raportu GUSu w 2012 roku było to już 28,1% populacji [7]. Jest to rzesza klientów, którzy są potencjalnym źródłem dochodów dla rynku gier komputerowych. Współczesne koncepcje zarządzania i narzędzia dają nam szerokie możliwości takiego zarządzania klientami, aby maksymalizować zyski płynące z wzajemnej relacji klient – firma.

W Polsce panuje jeszcze powszechne przekonanie, że klient rynku gier wideo jest niezarabiającym nastolatkiem, z którym nie warto budować relacji. Nie jest to jednak przekonanie podzielane przez wielkie koncerny produkujące gry. Zarządzanie relacjami z klientami i możliwości płynące z zastosowania narzędzi CRM są co raz bardziej doceniane na tym rynku.

W niniejszym referacie autorka podejmie próbę ukazania w jaki sposób są budowane relacje z klientami na rynku gier wideo. W tym celu zostanie zrobiona krótka charakterystyka tego rynku oraz jego klientów.

1. Rynek gier wideo

Tworząc charakterystykę rynku gier wideo należy pamiętać o jego rozległości i różnorodności. Dlatego też charakterystyka ta wymaga na początku pewnego usystematyzowania. Pierwszy podział rynku powinien dotyczyć platformy używanej do grania, można na tej podstawie wyróżnić:

- rynek gier komputerowych PC/MAC;
- rynek gier konsolowych (np. XBOX, Play Station, PSP);
- rynek gier na serwisach społecznościowych;
- rynek gier na telefony komórkowe, tablety lub smartfony;
- rynek gier przeglądarkowych w Internecie.

Przy czym należy pamiętać, że rynki te się przenikają i tak na przykład gra Fifa 10 wyprodukowana przez koncern EA jest dostępna na prawie wszystkich platformach: Nintendo DS, Wii, urządzenia przenośne, iPhone & iPod touch, Xbox 360, PlayStation 2, PlayStation 3, PlayStation Portable, PC do pobrania [6]. Można więc powiedzieć, że w tym przypadku koncern EA prowadzi działalność na kilku rynkach jednocześnie. Oczywiście są też przypadki gier dedykowanych wyłącznie na jedną platformę, co jest związane z polityką danego koncernu. Przykładem takiej gry jest Killzone: Shadow Fall [6] dedykowana wyłącznie na Play Station 4 (premiera październik 2013). Z czasem, kilka miesięcy po premierze, takie gry wypuszczane są często również na inne platformy, a tym samym producent posze-

rza rynek na którym działa. Wiąże się to też z wysokimi kosztami jednoczesnego wyprodukowania i wypuszczenia gry na wszystkie dostępne platformy.

Kolejnym istotnym podziałem rynku gier wideo może być podział według gatunku gier:

- rynek gier zręcznościowych (np. Angry Birds),
 - rynek gier typu bijatyki (np. Tekken, Street Fighter),
 - rynek gier typu strzelanki (np. seria Doom, Medal of Honor),
 - rynek gier platformowych (np. Little Big Planet),
 - rynek gier przygodowych gier akcji (np. seria Uncharted),
 - rynek gier typu skradanki (np. Thief),
 - rynek gier muzycznych (np. SingStar),
- rynek gier przygodowych (np. The Longest Journey, Dreamfall),
- rynek gier fabularnych,
 - rynek gier typu hack and slash (np. Diablo),
 - rynek gier typu MMORPG (np. World of Warcraft, Eve Online),
 - rynek typu gier RPG (np. seria Gothic, seria The Elder Scrolls),
 - rynek gier typu jRPG (np. seria Final Fantasy),
- rynek gier symulacyjnych (np. Flight Unlimited),
- rynek gier typu serious games (gry symulacyjne dla wojska lub gry negocjacyjne wykorzystywane dla szkoleń w biznesie np. Change NAVIGATOR),
- rynek gier sportowych (np. seria Fifa),
 - rynek gier wyścigowych (np. Need for speed),
- rynek gier strategicznych,
 - rynek strategicznych gier turowych (np. seria Might & Magic: Heroes, XCOM: Enemy Unknown),
 - rynek strategicznych gier czasu rzeczywistego (np. seria Age of Empires),
 - rynek gier ekonomicznych (np. SimCity),
 - rynek gier 4X (np. StarDrive),
- rynek gier logicznych (np. Mahjong),
- rynek gier fitness (np. Zumba Fitness),
- rynek gier erotycznych (np. Artificial Academy),
- rynek gier na portalach społecznościowych typu Facebook (np. FarmVille)
- rynek gier promujących jakiś produkt (np. seria gier o Harrym Potterze, Owocowa maszyna – gra promująca sok Kubuś),
- rynek gier edukacyjnych (np. Angielski z Puchatkiem, Animals quiz).

Jak widać ten podział jest o wiele bardziej obszerny. Jedna gra może być przyporządkowana raczej tylko jednemu rynkowi. Chociaż ostatnio zdarzają się gry z po-granicza gatunków, np. Fallout 3 (strzelanka i RPG) oraz Uncharted (przygodówka z elementami gry logicznej i strzelanki). Oczywiście wielkie koncerny działające na rynku gier wideo obsługują wiele, jeśli nie wszystkie gatunki gier. Obecnie jednym

z najprężniej rozwijających się rynków jest rynek MMORPG. Do tego sektora należą gry przynoszące największy przychód takie jak World of Warcraft. W 2011 roku Amerykanie spędzili w sumie 26 milionów godzin na dzień na graniu w te gry. Część z nich jest darmowa ale część oferuje płatne funkcjonalności oraz płatny dostęp, co przynosi ich producentom ogromne zyski (przykładowo w 2011 roku osiągnęły one wartość 2,6 biliona USD a w 2013 14,9 biliona USD [5]).

Innym podziałem, który może pomóc w scharakteryzowaniu rynku gier wideo może być podział na rynki gier:

- *online* (np. Age of Conan),
- nie wymagających połączenia z Internetem (np. Gothic).

Oczywiście są gry, które występują na obu rynkach w lekko zmienionych postaciach.

Ze względu na model biznesowy oraz typ produkcji można podzielić rynek gier wideo na:

- rynek gier wysokobudżetowych (np. Diablo),
- rynek gier niezależnych (np. Minecraft).

Jest to niezwykle istotny podział ze względów ekonomicznych i możliwości dotarcia do klienta.

Obecnie zauważa się także podział rynku gier na:

- rynek gier retro (np. Mario, Donkey Kong, Smash Diamonds)
- rynek gier współczesnych (np. Watch Dogs).

Zdecydowanie podział ten wpływa na grupę klientów, do których adresowany jest produkt danego rynku.

Oprócz wyżej wymienionych podziałów, można by zastosować podział terytorialny do niektórych gier wideo, gdyż zdarzają się tytuły wypuszczane tylko w ich krajach macierzystych np. gra Polanie w Polsce. Są one charakterystyczne kulturowo dla mentalności i zwyczajów panujących na danym terenie.

Na światowym rynku gier wideo niekwestionowanymi liderami są takie firmy jak Sony, Nintendo, Electronic Arts oraz Ubisoft. Natomiast w Polsce są to firmy takie jak CD Projekt, City Interaktive oraz Techland. Oprócz wielkich koncernów gry produkowane są także przez tzw. studia niezależne, które niejednokrotnie osiągają również spektakularne sukcesy na rynku. Przykładem na to może być sukces gry Angry Birds wyprodukowanej przez firmę Rovio Entertainment Ltd.

2. Klienci rynku gier komputerowych

Można powiedzieć potocznie, że przeciętne wyobrażenie o kliencie rynku gier wideo jest następujące „zakompleksiony, pryszczaty „gimbus”, który dostaje w szkole regularne manto [12]”. Jest to jednak błędne wyobrażenie, gdy przyjrzeć się temu rynkowi nieco bliżej. Okazuje się, że wielu jest graczy dorosłych i już

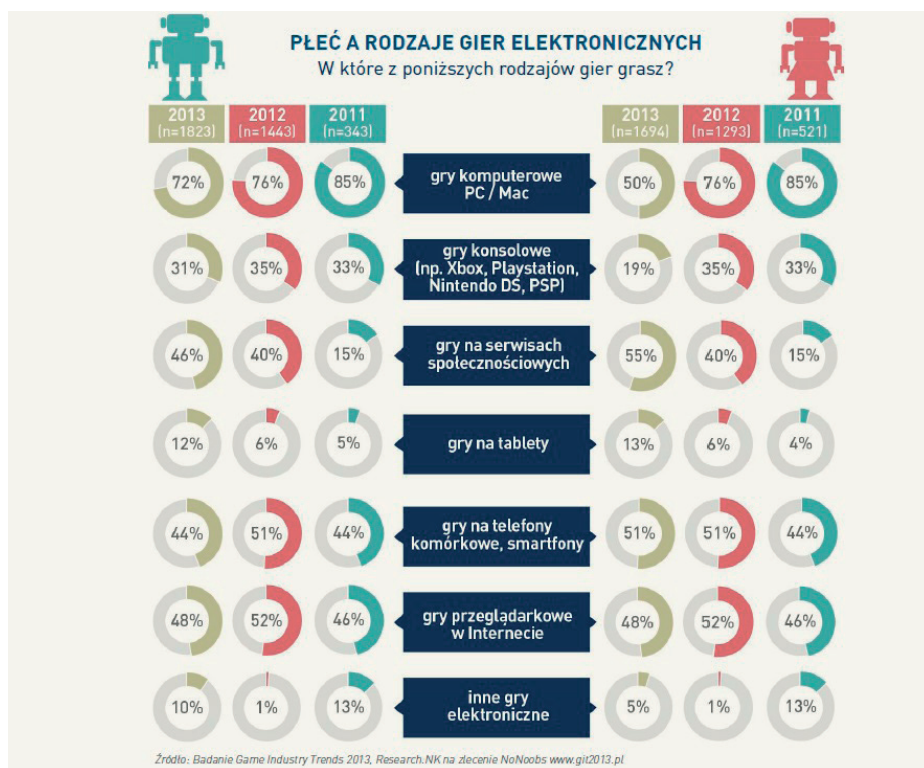
pracujących, a na rynku gier wideo pojawia się co raz więcej ofert właśnie do nich kierowanych. Z punktu widzenia biznesowego nie należy podchodzić do klienta kupującego gry i w nie grającego w sposób lekceważący. Należy sobie zadać pytanie, kim jest współczesny gracz. Odpowiedź powinno się zacząć od demografii: „Znajdujemy się obecnie w momencie, w którym w dorosłe życie weszli przedstawiciele Generacji Y – pokolenia wyżu demograficznego z lat 80, rynek szturmują też już ich następcy – Pokolenie Z. Dzisiejsi 30-latkowie nie pamiętają czasów bez komputera, a nasto- i dwudziestolatkowie – zwani przez socjologów Dziećmi Sieci – nie znają życia bez dostępu do nowoczesnych technologii i Internetu [8].” Oba pokolenia Y i Z są aktywnymi konsumentami na rynku gier komputerowych. Podział graczy wg wieku ukazuje Rys.1.



Rys. 1. Podział graczy według liczby kupionych gier i średniej liczby godzin spędzonych na graniu

Źródło: Szczepanowski K., *Hardcore'owi gracze i casuale. Tak, w końcu świat jest czarno-biały*, AdGame Lab., http://polygamia.pl/Polygamia/1,96455,9695081,Hardcore_owi_gracza_i_casuale__Tak__w_koncu_swiat.html?bo=1, artykuł z 2011 roku, pobrano 20.01.2014r.

Istotny jest również podział graczy wg płci, gdyż inne zachowania konsumencie przypisywane są kobietom a inne mężczyznom (Rys.2.). W przypadku gier wideo dla kobiet musi być w nich więcej do robienia i do oglądania niż dla mężczyzn, którzy uznają typowo „kobiecą” grę za wręcz „przeładowaną”. Podobnie jest zresztą z budowaniem witryn internetowych, które są różnie postrzegane przez kobiety i mężczyzn. Inne też przesłanki wpływają na podejmowanie decyzji zakupowych w zależności od płci.



Rys. 2. Płeć klientów korzystających z gier elektronicznych a wybierane przez nich rodzaje gier
Źródło: Raport Game Industry Trends 2013, <http://jarock.pl/game-industry-trends-2013/>, pobrano 11.12.2013r.

Klienci są dzieleni przez producentów gier między innymi na:

- graczy typu *casual* – ci gracze bywają również nazywani graczami niedzielnymi – klienci grający w gry nie wymagające zaangażowania i wymagające mniejszego doświadczenia;
- graczy typu *hardcore* – gracze doświadczeni, mocno zaangażowani, grający w gry wymagające poświęcenia dużych nakładów czasu, często również grający w płatne gry MMO.

Polscy socjologowie dzielą graczy na:

- „heavy gamerów”,
- fanów rywalizacji,
- wszechstronnych,
- okazjonalnych,
- rodzinnych edukatorów [8].

Inny socjologiczny podział graczy ukazuje nam, że istnieją następujące typy graczy:

- gracz sporadyczny – to taki, który gra nieregularnie i nie kupuje gier (lub kupuje ich bardzo niewiele);
- gracz marginalny – jest osobą kupującą podobną ilość gier, jednak grający w nie średnio 30 minut dziennie;
- gracz amatorski – kupuje nie więcej niż jedną grę co dwa tygodnie, ale nie skupia się na niej szczególnie, nie grając więcej niż godzinę dziennie;
- gracz lojalny – to taki, który gra dwie godziny lub więcej, ale w ograniczoną liczbę tytułów;
- gracz sroczy – kupuje sporo gier, ale gra najwyżej godzinę w ciągu dnia;
- gracz oddany – nie tylko spędza sporo więcej czasu na grach, ale też dużo ich kupuje [12].

Z punktu widzenia zarządzania relacjami z klientami i przynoszenia przyszłych zysków istotny jest podział graczy według liczby kupionych gier i średniej liczby godzin spędzonych na graniu (Rys. 3.).

		Liczba gier kupionych w ostatnim kwartale		
		≤1	2	≥3
Średnia liczba godzin przeznaczona na granie	Nieregularnie	Sporadyczny EU 16% PL 23%		
	Do pół godziny dziennie	Marginalny EU 35% PL 21%		Sroczy EU 9% PL 4%
	Do godziny dziennie	Amatorski EU 17% PL 18%		
	Powyżej godziny dziennie	Lojalny EU 16% PL 29%		Oddany EU 7% PL 5%

Rys. 3. Wiek klientów korzystających z gier elektronicznych

Źródło: Raport Game Industry Trends 2013, <http://jarock.pl/game-industry-trends-2013/>, pobrano 11.12.2013r.

Wszystkie te podziały klientów na drobniejsze segmenty pozwalają na zastosowanie wobec nich licznych narzędzi i technik zarządzania relacjami z klientami. Przede wszystkim dostarczają danych, które później mogą posłużyć predykcji zachowań konsumentów.

3. Możliwości CRM wobec budowania relacji z klientami na rynku gier wideo

Ponieważ zarządzanie relacjami z klientami niesie ze sobą liczne koszty, zawsze należy zastanowić się nad jego opłacalnością. Firma musi określić z jakimi klientami i przy których produktach opłaca jej się budować trwałe relacje z klientem. Pomocna staje się tu segmentacja klientów według reguł CRMu. Jest to segmentacja, która opiera się na segmentacji marketingowej, ale bierze pod uwagę przede wszystkim przyszłą wartość klienta i możliwe do wygenerowania przez niego zyski dla firmy. Na przyszłą wartość klienta składa się wiele czynników takich jak planowane ponowienie zakupu, regularność opłat abonamentowych, wypłacalność klienta, rozpowszechnianie przez klienta pozytywnej opinii o firmie itp. Mnogość czynników oraz złożoność problemu przewidywania przyszłych zachowań konsumentów sprawia, że CRM sięga po narzędzia takie jak sieci neuronowe, czy analiza data mining do predykcji zachowań klientów. Są one z powodzeniem stosowane do analizowania danych zebranych w hurtowniach danych CRM. Korzystając z odpowiedniego oprogramowania można przewidzieć zachowanie klienta z dużym prawdopodobieństwem i powziąć odpowiednie działania. W przypadku rynku gier wideo predykcja zachowań klientów jest bardzo ważnym czynnikiem wpływającym na tworzenie nowych produktów a także modyfikację już istniejących (np. poprzez dodanie dodatków do gry).

Poprawnie zbudowany model zachowań konsumenta powinien uwzględniać:

- cele (maksymalizacja użyteczności),
- ograniczenia (budżet konsumenta),
- bodźce (marketing mix),
- organizm (cechy i dyspozycje konsumenta),
- otoczenie,
- możliwość dokonywania predykcji zachowań jednostek lub grup [9].

Wszystkie te elementy są brane pod uwagę przy predykcji zachowań klientów przez CRM. Oprogramowanie do predykcji zachowań klienta pozwala również na wyliczenie jego wartości. Wartość klienta jest definiowana jako wartość relacji z klientem, co bezpośrednio odnosi się do zarządzania relacjami z klientami. Na tą wartość wpływają bardzo różne wielkości, złożoność tego zagadnienia pokazuje formuła [2]:

$$CLV_i = -AC_i$$

$$+ \sum_t^r \left(r_{ti} \cdot \frac{(AR_{ti} + UR_{ti} + CR_{ti} + RW_{ti}) - (SC_{ti} + MC_{ti})}{(1+d)^2} - r_{ti}^{t-1} \cdot (1-r_{ti}) \cdot \frac{TC_i}{(1+d)^2} + r_{ti}^t \cdot \left\{ \frac{InfoV_{ti} + CoopV_{ti} + InnoV_{ti}}{(1+d)^2} \right\} \right)$$

Gdzie:

CLV – wartość klienta i

AC – koszt pozyskania klienta i

r – stopa retencji klienta i w okresie t

AR – podstawowy przychód generowany przez klienta i w okresie t

UR – przychód ze sprzedaży rozszerzającej (*upselling*) generowany przez klienta i w okresie t

CR – przychód ze sprzedaży krzyżowej (*cross-selling*) generowany przez klienta i w okresie t

RV – wartość rekomendacji dokonywanych przez klienta i w okresie t

MC – marketingowe koszty utrzymania klienta i w okresie t

SC – koszty sprzedanych produktów i obsługi klienta i w okresie t (cost of sales)

TC – koszty zakończenia współpracy z klientem i w okresie t

InfoV – wartość informacji otrzymanych od klienta i w okresie t

CoopV – wartość współpracy z klientem i w okresie t

InnoV – wartość innowacji zaproponowanych przez klienta i w okresie t

d – stopa dyskontowa

T – liczba uwzględnionych okresów (lat)

Aby stosować jakiekolwiek techniki lub narzędzia CRM (w tym *upselling* i *cross-selling*), należy zebrać odpowiednią liczbę danych, które można przetwarzać. Zbieranie tych danych również wchodzi w zakres działań związanych z budowaniem relacji z klientami. Takimi działaniami jest np. wymaganie rejestracji zarówno od graczy onlinowych jak i stacjonarnych. Przy rejestracji gry wymagane są często dane dotyczące np. kraju pochodzenia czy wieku gracza. Często również, aby obejrzeć witrynę przypisaną do danej gry, należy się zidentyfikować chociażby co do kraju pochodzenia. Przykładem na to może być witryna gry Skyrim (<http://www.elderscrolls.com/skyrim>). W grach zaś mobilnych stosowane są narzędzia, które pozwalają na śledzenie ruchów gracza na ekranie gry. Służą do tego narzędzia takie jak Google Analytics.

Można analizować czas spędzany przez konkretnego klienta (a przynajmniej klienta o konkretnym IP) na różnych typach rozgrywek i na różnych aktywnościach. Pomoże to w tworzeniu oferty na przyszłość lub w stymulowaniu dokonywania mikropłatności.

Gracze dostarczają danych do przetwarzania podczas wszelkich interakcji z producentem i dystrybutorem gry. Począwszy od zakupienia lub pobrania gry z serwera, poprzez wysyłanie zapytania w ramach serwisu aż do budowanie relacji na serwisie społecznościowym. Można analizować zachowanie klienta, satysfakcję, a także wykorzystywać dane takie jak kraj jego pochodzenia, adres IP, a czasem nawet wiek płeć i adres mailowy [3]. Wszystkie te dane pozwalają na stworzenie tzw. metryczki klienta, która pozwala na dostosowanie do niego obsługi klienta, serwisu oraz oferty marketingowej. Pozwala to również na zbudowanie trwałej i efektywnej więzi z klientem. Przekłada się to na zyski z danego klienta i utrzymanie jego wysokiej wartości w długim czasie.

Utrzymanie za pomocą narzędzi CRM klienta jest szczególnie istotne na rynku gier MMO, gdyż przychody z tych gier opierają się na miesięcznych abonamentach, mikropłatnościach oraz wymianie tzw. *item-by-item* [1]. Gry typu MMO przynoszą duże zyski dzięki regularnym opłatom abonamentowym, ale także dzięki mikropłatnościom, które gracze wnoszą np. za możliwość zakupu dodatkowego wyposażenia dla postaci. Mikropłatności pozwalają czerpać zyski na wiele różnych sposobów. Oto kilka przykładowych modeli:

- usunięcie reklamy (np. za cenę aplikacji płatnej),
- płatność obowiązkowa:
 - odblokowanie kolejnych poziomów,
 - odblokowanie dodatkowych funkcjonalności, których brak w wersji darmowej [11].

Generowanie mikropłatności jest doskonałym miejscem dla zastosowania technik z pogranicza marketingu i CRMu. Mikropłatności przynoszą zyski także w grach typu *free-to-play* (np. *Heroine's Quest*), gdzie nie ma opłaty abonamentowej. Jest to przykład zastosowania tzw. modelu *freemium* jest on jednym z modeli biznesowych skierowanych do sektora usług, polegającym na tym, że klienci otrzymują za darmo podstawowe funkcjonalności oferowane w obrębie usługi. Jeżeli zaś chcą rozszerzyć pakiet oferowanych funkcjonalności, muszą za niego zapłacić, ale z reguły jest to niska opłata. Model ten najlepiej sprawdza się w grach przeglądarkowych w serwisach internetowych oraz programach desktopowych [13]. Mówi się, że to właśnie do mikropłatności należy przyszłość gier MMO. W dużej mierze wypierają one już zyski z abonamentów. A dokonują ich wyłącznie klienci, z którymi firma zbudowała już chociażby szczątkowe relacje. Jest to przesłanka, która wskazuje na silne miejsce CRMu na rynku gier wideo.

Podsumowanie

Rynek gier wideo jest rynkiem bardzo rozległym i przynoszącym olbrzymie zyski. Można go scharakteryzować poprzez ukazanie jego różnorodności. Na tym

rynku działa wiele mniejszych i większych producentów oraz dystrybutorów gier, którzy muszą mieć możliwość budowania trwałych i zyskowych relacji z rzeszami klientów. Relacje te można budować w oparciu o koncepcję CRM (ang. Customer Relationship Management). Koncepcja ta ma w zanadrzu wiele technik i narzędzi, które można wykorzystać do zarządzania relacją z klientem. Ale do budowania tej relacji niezbędne są dane, które można zebrać o klientach na różne sposoby, takie jak wymaganie rejestracji gry. W zarządzaniu relacjami z klientami bardzo ważna jest predykcja zachowań klienta. Można jej dokonać za pomocą wielu modeli, jest tym dokładniejsza im lepsza jakość danych pozwalających na jej dokonanie.

Literatura

1. Burger K., *CRM for the Video Game Industry: Tough Crowd*, <http://www.technewsworld.com/story/gaming/63458.html>, pobrano 12.01.2014r.
2. Doligalski T., *Wartość a rentowność klienta*; w: Zarządzanie wartością klienta, red. naukowa B. Dobiegała-Korona, T. Doligalski, Poltext, Warszawa 2009.
3. Drachen A., Canossa A., Seif El-Nasr M., *Intro to User Analytics*, http://www.gamasutra.com/view/feature/193241/intro_to_user_analytics.php?print=1, pobrano 20.01.2014r.
4. *Gartner: globalny rynek gier wideo wart 93 mld USD*, artykuł z 30.10.2013r., <http://www.wirtualnemedial.pl/artykul/gartner-globalny-rynek-gier-wideo-wart-93-mld-usd#>, pobrano 12.01.2014r.
5. *GlobalCollect Releases Global MMO Games Market Report on Payments, Intelligence and Trends*, <http://www.globalcollect.com/online-payments/news/2013-Press-Releases/GlobalCollect-Releases-Global-MMO-Games-Market-Report-on-Payments-Intelligence-and-Trends/>, pobrano 11.01.2013r.
6. Oficjalna strona <http://pl.playstation.com/ps4/games/detail/item611371/KILLZONE%E2%84%A2-SHADOW-FALL/>, pobrano 10.01.2013r.
7. Oficjalna strona <http://www.ea.com/pl/fifa-10>, pobrano 10.01.2014r.
8. *Polska branża gier komputerowych. Analiza wizerunku medialnego i świadomości marek polskich producentów gier.*, Raport Agencji Badań Rynku i Opinii SW Research, Warszawa 2012.
9. Sagan A., *Modele zachowań konsumenta 1. Założenia modelowania zachowań konsumenta*, Materiały CEM Instytutu Badań Rynku i Opinii Publicznej Sp. z o.o., <http://www.cem.pl/?a=pages&id=42>, pobrano 12.10.2013r.
10. *Spółeczeństwo informacyjne w Polsce, raport Głównego Urzędu Statystycznego*, październik 2012r., http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/nts_spolecz_inform_w_polsce_10-2012.pdf, pobrano 12.12.2013r.

11. Stalewski P., *Jak zarabiać na aplikacjach i grach mobilnych*, Helion, Gliwice 2013r.
12. Szczepanowski K., *Hardcore'owi gracze i casuale. Tak, w końcu świat jest czarno-biały*, AdGame Lab., http://polygamia.pl/Polygamia/1,96455,9695081,Hardcore_owi_gracza_i_casuale__Tak__w_koncu_swiat.html?bo=1, artykuł z 30.05.2011r, pobrano 20.01.2014r.
13. Zawisza de Sulima M., *Jaki model biznesowy wybrać? cz. 2: Freemium*, <http://mamstartup.pl/poradnik/1111/jaki-model-biznesowy-wybrac-cz-2-freemium>, artykuł z roku 2011, pobrano 10.10.2013r.

Joanna Wyrwisz¹

Wykorzystanie narzędzi marketingu online do budowania interakcji z klientami

Słowa kluczowe: *komunikacja marketingowa, marketing online, komunikacja internetowa, blogi, blogi firmowe*

Streszczenie

Celem artykułu jest przedstawienie komunikacji marketingowej *online* z wykorzystaniem blogów, jako współcześnie stosowanych instrumentów umożliwiających skuteczną interakcję z klientami. Blogi pozwalają na budowanie, wzmacnianie i utrwalanie relacji z klientami, zarówno potencjalnymi jak i dotychczasowymi. Wykorzystują aktualne trendy w komunikacji z otoczeniem oraz unikalne użyteczności oferowane przez Internet. Komunikat marketingowy docierający do odbiorców nowoczesnymi kanałami zapewnia skuteczny odbiór, większe zainteresowanie i jednocześnie pozytywnie wpływa na postrzeganie marki. Wynika to z faktu, iż Internet ma obecnie ogromny wpływ na postawy, motywacje i styl życia klientów. W artykule ujęto charakterystykę blogów jako kluczowych narzędzi internetowych, dzięki którym możliwe jest tworzenie więzi i proaktywnych, czy nawet partnerskich relacji z klientami.

1. Wprowadzenie

W dzisiejszej rzeczywistości komunikacja marketingowa z otoczeniem jest coraz bardziej skomplikowanym i trudnym działaniem. Popularyzacja Internetu, urządzeń mobilnych mediów społecznościowych oraz obecność odbiorców, dla których są one naturalnym środowiskiem, zupełnie zmienił podejście konsumentów do marek. Rynek daje możliwość wyboru bardzo wielu rodzajów kanałów komunikacyjnych, powstały nowe sposoby wymiany informacji i kontaktu z markami. [3, s. 39] Trzeba wykazać się pomysłowością i wiedzą, jak dotrzeć do potencjalnej grupy docelowej, by przekaz był zapamiętany i zauważony i jednocześnie

¹ Dr inż. Joanna Wyrwisz, Katedra Marketingu, Wydział Zarządzania, Politechnika Lubelska

przyniósł pożądane sprzężenie zwrotne. W tym celu organizacje biznesowe szukają nowych i oryginalnych rozwiązań. Atrakcyjność przekazu bierze się z innowacji, która polega na wykorzystaniu nowych form i kanałów komunikacji. Komunikat jest kreatywny, nie jest emitowany jednostronnie, jak w przypadku standardowej i tradycyjnej komunikacji marketingowej, lecz jest przekazywany z wykorzystaniem metod opartych na zaangażowaniu odbiorcy.

Technologie Web 2.0 zmieniły radykalnie sposoby komunikacji międzyludzkiej, przenosząc je również na płaszczyznę biznesu. Coraz więcej firm dostrzega korzyści z zastosowania narzędzi społecznościowych oraz blogów, które umożliwiają tworzenie treści jako źródeł informacji o firmie i jej ofercie. Wykorzystanie ich funkcjonalności do celów biznesowych pozwala na zaistnienie nowych sposobów interakcji i współpracy z otoczeniem wewnętrznym i zewnętrznym. [8, s. 92, 97] Wraz z rozwojem Internetu zmieniły się oczekiwania konsumentów związane z komunikacją z przedsiębiorstwem. Bowiem poza nowymi mechanizmami i narzędziami marketingowymi, Internet bezpośrednio wpłynął na zachowania i postawy konsumentów. Zmienił się ich styl życia i nawyki zakupowe. Są oni bardziej wymagający, co wynika z szerokiego dostępu do informacji. Obecnie klienci najbardziej cenią wiadomości, które docierają w odpowiednim czasie, a także miejscu. Od przedsiębiorstw oczekują dialogu, wysłuchania ich partykularnych potrzeb. Ponadto Internet posiada kluczowe znaczenie w kreowaniu unikalnej oferty w sieci. Z tego powodu wynikają potrzeby związane z wykorzystywaniem nowych form promocji i stosowania coraz liczniejszych rozwiązań online, które wzbudzą zainteresowanie i interakcję. Serwisy internetowe mają charakter interaktywny. Użytkownicy mogą natychmiast zareagować na dane informacje. W obszarze narzędzi spełniających te warunki znajdują się blogi. Wychodzą naprzeciw potrzebom klientów z rozwiązaniami oferującymi bliskie relacje pomiędzy klientami i firmą. [6, s. 45] Blogi mogą być bardzo dobrym sposobem przekazywania istotnych informacji z firmy, zastępując niejednokrotnie sformalizowane relacje. Nierzadko blogi są głównym adresem, pod którym klienci poszukują informacji o podejmowanych działaniach, budując i umacniając tym samym wizerunek marki. [6, s. 58]

2. Blog – jako narzędzie komunikacji marketingowej

Blog jest coraz częściej wykorzystywanym w marketingu narzędziem komunikacji i tworzenia relacji. Jego nazwa wywodzi się od angielskich web logów, czyli dzienników internetowych. Jest on rodzajem serwisu internetowego stanowiącego swoistego rodzaju publiczny pamiętnik firmy. [6, s. 56-57] Pierwsze blogi pojawiły się w drugiej połowie lat 90 ubiegłego wieku dzięki serwisom takim jak LiveJournal. Ich użytkownicy opisywali wówczas głównie sprawy życia codziennego. Jednak od początku blog połączony był z funkcjonalnością komentarzy do wpisu. [6, s. 57]

Unikalnym i wyróżniającym elementem bloga jest układ wpisów zamieszczanych kolejno rozpoczynając od najnowszego do najstarszego. Jednocześnie to, co identyfikuje blog, to fakt, iż strona taka zawiera poglądy autora, odzwierciedla jego osobowość. Uporządkowana chronologicznie i osobista perspektywa przedstawiania lub relacjonowania wydarzeń charakteryzuje blog na tle innych witryn internetowych. Interakcja przejawia się tutaj nie tylko w możliwości czytania pisanego w formie pamiętnika tekstu, ale również jego bieżącego komentowania. [4, s. 97] Elementy składowe blogów dodawane są w formie tekstowej, graficznej, multimedialnej. Blogi są ogólnodostępne, często poświęcone konkretnemu tematowi, dzięki czemu skupiają wokół siebie stałych czytelników. Narzędzie to w świadomości użytkowników Internetu jest postrzegane jako wiarygodne, zbliżone do nich. [11, s. 163]

Aktualnie blogowanie z dużym nasileniem ulega komercjalizacji. Wynika ona z wykorzystywania najpopularniejszych blogów prywatnych na potrzeby promocji produktów i marek, jak również tworzenia blogów firmowych o charakterze promocyjnym i wizerunkowym. [7, s. 15-16] Blog w odróżnieniu od tradycyjnej strony internetowej ma stały układ, styl i konstrukcję, a argumentem na rzecz wykorzystania go jest łatwość zamieszczania i aktualizowania wpisów. Niebanalne znaczenie na również fakt udostępniania bloga za darmo lub za niewielką opłatą. [7, s. 18]

Do wyjątkowych cech pozwalających traktować blog firmowy jako narzędzie interakcyjne należą: [7, s. 18]

- informowanie, zamieszczanie bieżących informacji o działalności organizacji połączone z komentarzami innych użytkowników,
- tworzenie relacji, blog poprzez dwukierunkową komunikację z odbiorcami umożliwia budowanie więzi i partnerskich kontaktów,
- zarządzanie wiedzą, blog może stanowić centrum wymiany wiedzy pochodzącej od pracowników zaangażowanych w tworzenie bloga, jak i klientów wyrażających swe opinie i doświadczenia z użytkowania produktów, czy usług.

Blog posiada znacznie większe możliwości interakcji i otwartości na otoczenie, w porównaniu z typową stroną firmową. Zawiera nową treść, która zmienia się dynamicznie. Powinien być również pisany regularnie. Ważny jest prosty język, bez slangu charakterystycznego dla korporacji. [11, s. 164] Pisany żywym i bezpośrednim językiem daje możliwość informowania o nowościach firmowych bez nachalnego i perswazyjnego kontekstu. Intencje przypisywane nadawcy nie mają charakteru komercyjnego. Jego charakter jest raczej nieformalny, przez co z pewnością jest w nim umieszczać materiały dźwiękowe, graficzne czy filmowe. Te z kolei mogą stać się doskonałym narzędziem do komunikacji wirusowej czy szeptanej. Tabela 1 przedstawia porównanie tradycyjnej witryny internetowej firmy oraz profesjonalnego bloga.

Tab. 1. Zestawienie porównawcze bloga i witryny firmowej

Wyszczególnienie	Strona firmowa	Blog firmowy
Styl	formalny	nieformalny, bezpośredni
Treść	silnie związana z istotą działalności firmy	dowolna, nieograniczona
Autor	nieznany, treść przygotowywana anonimowo	autor publikacji znany z imienia i nazwiska lub pseudonimu
Komentarze	brak możliwości komentowania treści	komentowanie jest integralną częścią bloga
Technologia	często skomplikowana	uproszczona, łatwa w obsłudze
Kontekst	materiał marketingowy, ofertowy	materiał różnorodny, bez bezpośredniego promowania
Zakres funkcjonalności	szeroki	wąski
Stopień skomplikowania nawigacji i struktury	wysoki	niski

Źródło: [7, s. 19]

3. Rodzaje blogów

Blogi nie stanowią ujednoliconej struktury i mają zróżnicowany charakter. Można wyszczególnić podstawowe ich typy: [4, s. 98]

- blog tradycyjny (ang. *weblog*) – typowy blog zawierający wyłącznie wpisy tekstowe,
- blog wideo (ang. *vlog*) – charakteryzuje się zamieszczaniem wpisów wyłącznie w postaci nagranych wypowiedzi autora lub innego rodzaju materiałów filmowych,
- fotoblog (ang. *photolog*) – wpisy w tego typu serwisie zawierają wyłącznie fotografie lub innego rodzaju ilustracje,
- blog mobilny (ang. *moblog*) – blog prowadzony za pomocą urządzeń mobilnych zwykle dostosowany do czytania na ekranach telefonów komórkowych (krótsze i bardziej zwarte wpisy),
- mikroblog (ang. *microblog*) – wyróżnia się bardzo krótkimi wpisami, co wynika z góry ograniczonej liczby znaków przeznaczonej na treść.

Ze względu na postawę i zachowania użytkowników blogosfery oraz rodzaj treści i powody prowadzenia bloga wskazać można pięć kategorii blogów: [4, s. 101]

- blogi osobiste – pisane w celu zachowania pomysłów, doświadczeń i uczuć na przyszłość oraz wyrażenia emocji. Ich treści dotyczą przeważnie życia prywatnego autora, członków rodziny lub osób najbliższych,
- blogi profesjonalne – pisane w celach zawodowych lub naukowych oraz opisujące tematy związane z pracą,
- blogi opisujące świat – tworzone, aby wyrazić opinię. Przedstawiają bieżące tematy ważne dla okolicy, kraju, świata lub tematy związane z zainteresowaniami autora,
- blogi związane z hobby – główne powody ich pisania to zainteresowania i hobby, a treści zawierają własną twórczość ich autorów,
- blogi relacyjne – zakładane, aby podtrzymać kontakty z przyjaciółmi i znajomymi lub w celu nawiązania nowych znajomości.

Przechodząc w szczególności do blogów firmowych podając za G. Mazurkiem [7, s. 52] można je pogrupować ze względu na funkcjonalność, zakres tematyczny oraz autorstwo (tabela 2).

Tab. 2. Rodzaje blogów wg kryterium funkcji, tematyki i autorstwa

Blogi firmowe		
Ze względu na funkcje	Ze względu na tematykę	Ze względu na autorstwo
Blogi sprzedażowe	Blogi firmowe	Blogi indywidualne
Blogi wizerunkowe	Blogi produktowe	Blogi zbiorowe
Blogi związane z obsługą klientów	Blogi marki	

Źródło: Opracowanie na podstawie [7, s. 52]

Blogi sprzedażowe ze względu na swoją funkcjonalność wykorzystywane są w sytuacji wprowadzania nowego produktu na rynek lub aktywizowania wielkości sprzedaży na wybrane produkty. Ich rolą jest zwiększanie ruchu na stronie bloga oraz związanej z nim stroną produktową. Ten rodzaj witryny może być atrakcyjnym źródłem informacji dla obecnych i potencjalnych klientów. Dzięki zastosowaniu kanału RSS, e-mailingu czy newslettera wzmacnia się efekt powracania na tę stronę. Istotną zasadą dla tego typu blogów jest przekazywanie merytorycznych informacji, które będą wsparciem dla decyzji zakupowych bez nachalnego nakłaniania do nabycia produktu. [7, s. 53]

Blogi wizerunkowe mają za zadanie kreowanie wizerunku organizacji lub jej produktów i marek. Mogą pozycjonować firmę jako lidera i innowatora, prowa-

dążącego dialog z klientami. Ten rodzaj bloga jest również niezwykle pomocny w sytuacji trudnych czy kryzysowych, takich jak skargi klientów, zarzuty na innych blogach czy forach. Budowanie wizerunku lidera rynkowego powinno być realizowane przez blogera, który jest rzeczywistym liderem organizacji. Alternatywą jest przygotowywanie bloga przez grupę pracowników w ramach jednej platformy blogowej. [7, s. 55-57]

Blogi związane z obsługą klienta tworzone są w celu komunikacji z klientami w zakresie nabywanych przez nich produktów lub oceny ich satysfakcji. Można dzięki temu ograniczyć koszty obsługi klienta oraz wyjaśniać standardowe sprawy w zakresie użytkowania produktów. Ważna jest w tym przypadku możliwość uzyskania od klientów informacji zwrotnej. Blogi dzięki komentarzom mogą zbierać opinie, uwagi i sugestie od klientów i stanowić platformę wymiany doświadczeń. [7, s. 57]

Nieco inną kategoryzację blogów firmowych przedstawia rysunek 1.



Rysunek 1. Rodzaje blogów firmowych

Źródło: Opracowanie na podstawie Dearstyne B.W., *Blogs – the new information resolution?*, „International Management Journal”, 2005, vol.39, s.38-44 [za:] [7, s. 52]

Blogi mogą być ciekawym narzędziem komunikacji wewnętrznej w organizacji. Ważne jest, by jego pisanie zainicjowane było przez samego pracownika lub grupę pracowników. Blog może być wówczas wykorzystywany do zarządzania projektami, prezentacji i weryfikacji pomysłów, ale także jako narzędzie integrujące zespół. [6, s. 165]

Niestandardowym sposobem docierania do klientów i kreowania marki mogą być również vlogi. Jest to szczególny rodzaj bloga, którego zasadniczą treść stano-

wią materiały wideo. Zdecydowana większość wykorzystuje kanał YouTube. Obraz działa najsilniej na emocje odbiorców, a ruchomy wytworzony przez vlogerów, z użyciem muzyki i wypowiedzianej treści może być doskonałym narzędziem w procesie budowania decyzji o zakupie i kształtowania wizerunku marki. [10, s. 13, 14]

4. Strategia firmowego bloga

Marketing związany z blogami stanowi szerokie pole do działania, a rozsądne i umiejętne zastosowanie narzędzi promocyjnych może dać pożądane rezultaty. W blogi angażuje się coraz większa i szersza grupa ludzi w różnym wieku, którzy z punktu widzenia firmy stają się oczekiwanymi odbiorcami marek. Blog dzięki swojej użyteczności umożliwia rozpoczęcie dialogu oraz budowanie relacji pomiędzy klientem a marką. [13, s. 36, 38] Dzisiejszy konsument jest bardziej wymagający, chimeryczny i świadomy swoich praw. Jego szczególną cechą jest to, że wymienia się sprawnie informacjami z innymi konsumentami i oczekuje zainteresowania firm. Jednak w sytuacji braku oczekiwanej odpowiedzi ze strony firmy potrafi się zdystansować lub ją zbojkotować. [1, s. 40] W otoczeniu marketingowym coraz liczniejszą grupę stanowią prosumenci, czyli klienci, którzy są aktywni, często przejmują inicjatywę w rozpowszechnianiu idei i wiedzy o produktach czy markach. [15, s. 44] Obecność ich uzasadnia wykorzystanie bloga jako narzędzia komunikacji marketingowej.

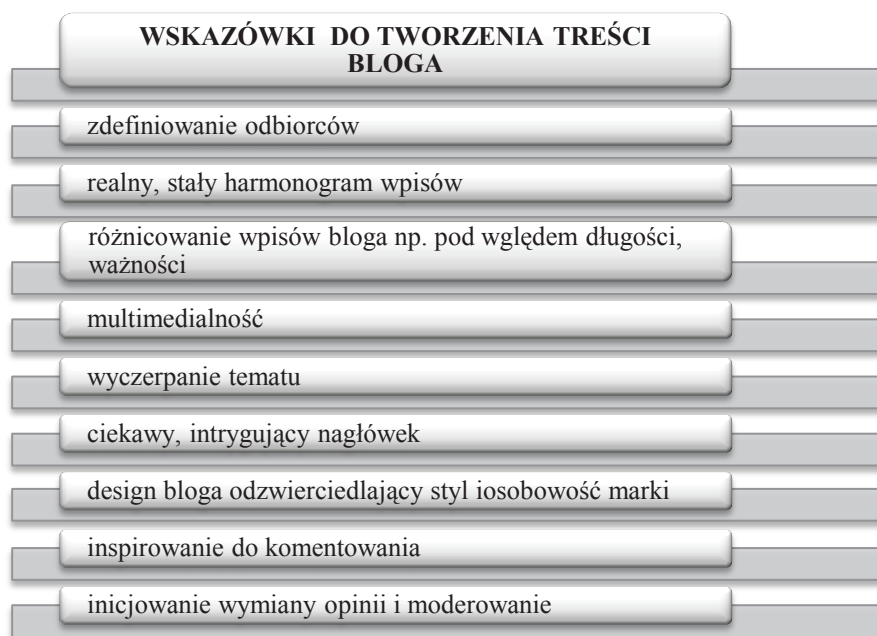
Blogosfera, jak pokazują badania, stanowi szczególną kategorię internetowych społeczności, z której korzysta miesięcznie aż 99 proc. badanych internautów. Platformy blogowe odwiedza aż 11 milionów internautów. [5, s. 9] Według badań „Consumer Trust in Advertising” konsumenci w 68 proc. ufają rekomendacjom wychodzącym od blogerów. Dla porównania jedynie 42 proc. za wiarygodną uznaje reklamę serwowaną w formie bannerów na stronie WWW. [12, s. 60] Blogi pozwalają dotrzeć do mniejszej liczby konsumentów, jednak z przekazem lepiej dopasowanym. Ogromnym atutem bloga jest specjalizacja, która zapewnia odbiorców lojalnych i skupionych wokół konkretnego zagadnienia. [12, s. 60] Dziś blogi uznawane są za narzędzia marketingowe, którym klienci ufają i za pomocą których możliwe jest efektywne pozycjonowanie firmy i jej produktów w świadomości klientów. Osiągnięcie tego wymaga jednak o firmy prowadzenia bloga firmowego opartego na spójnej, kompletnej strategii. Działanie to musi być długofalowe i poprzedzone zapewnieniem odpowiedniej bazy. [9, s. 26] Tworzenie strategii komunikacji z wykorzystaniem bloga powinno uwzględniać następujące elementy: [9, s.26-29; 1, s. 40]

- cel: jasny, precyzyjnie zdefiniowany powiązany z pożądanym wizerunkiem, którego elementem jest otwartość na dialog z klientem;

- miejsce: blog firmowy powinien być własny ze względu zarówno na zarządzanie treścią, jak i ze względów wizerunkowych; nie należy prowadzić bloga korporacyjnego na ogólnodostępnej platformie blogowej np. ze względu na reklamy czy widety, na które firma nie będzie miała wpływu;
- treść: powinna być interesująca, poszerzająca wiedzę, dająca wrażenie bycia ekspertem, będąc interakcją na zapytania internatutów, nie może mieć charakteru propagandowego i skupiać się jedynie wokół produktów firmy i jej oferty;
- kategorie tematyczne: powiązane z usługami firmy mają wskazywać obszary planowanych publikacji, powiązanie bloga ze sklepem internetowym, właściwe tagowanie artykułu na blogu zapewni połączenie z produktami we własnym sklepie internetowym, umieszczanie widgetów z grafiką spójnych tematycznie z tekstem na blogu;
- zaangażowanie social mediów: uruchomienie *fun page* pozwoli na budowanie społeczności i sterowanie jej uwagą wokół bloga; istotny jest dobór właściwej nazwy *fun page*, regularna aktywność, a także efektywna kampania skutkująca zwiększeniem liczby fanów;
- wykorzystanie e-mail: poprzez kontent do newsletterów ma on stanowić formę dialogu generując ruch na stronie;
- marketing w wyszukiwarkach internetowych: wykorzystanie odpowiednich fraz słów kluczowych mają za zadanie budowanie wizerunku eksperta oraz zwiększenie zainteresowania blogiem;
- wideo: budowanie relacji z odbiorcami poprzez wideo;
- wykorzystanie możliwości urządzeń mobilnych.

Blog daje możliwość zaprezentowania firmy i jej produktów oraz budowanie interakcji w sposób bardziej atrakcyjny niż w reklamie, także dzięki niestandardowym formom promocji na blogach tj. *sampling*, konkursy na blogach czy *video seeding* kampanii wirusowych. [16, s. 42]

Odpowiednie komunikowanie wizerunku firmy czy marki za pomocą profesjonalnego bloga wymaga uwzględnienia i zadbania o kluczowe elementy związane z tworzoną treścią bloga. Przedstawia je rysunek 2.



Rysunek 2. Kluczowe elementy dotyczące treści bloga

Źródło: [2, s.164]

W tabeli 3 ujęto przykłady blogów firmowych, które skutecznie wykorzystują to narzędzie do komunikacji marketingowej z klientami.

Tab 3. Blogi firmowe – przykłady

Firma/ Marka	Adres bloga	Charakterystyczne elementy
P4 -Play	www.blogplay.pl	- blog prowadzony przez rzecznika firmy - recenzje usług i telefonów, - videocasty opiniujące nowe technologie - język nieoficjalny - niezobowiązujący charakter - najlepszy blog firmowy 2012r.

Firma/ Marka	Adres bloga	Charakterystyczne elementy
ORANGE	www.blog.orange.pl	- nowoczesny design spójny z systemem identyfikacji wizualnej firmy - recenzje usług i telefonów - aktualne wydarzenia firmowe - bezpośrednia, nieoficjalna forma - kilka wpisów dziennie - RSS
InPost	www.blog.inpost.pl	- wpisy nieregularne, kilka w ciągu miesiąca - przejrzysta, prosta forma - podział na kategorie tematyczne - pomost RSS, Facebook, YouTube, Slideshare
Bank Zachodni WBK	www.blog.bzwbk.pl	- design nowoczesny spójny z systemem identyfikacji wizualnej firmy - tematyka zróżnicowana skupiona wokół działalności banku - blog grupowy, autorami wpisów jest wielu pracowników - możliwość zapisu do newslettera - bank pomysłów dla klientów - pomost Facebook, nk, YouTube, Google +
Sephora	www.blogmakijaz.pl	- przejrzysty design, bez przeładowania - videocasty - dominują porady w zakresie makijażu i kosmetyków - pomost Facebook i YouTube - blogerami dla marki są znani wizażyści i stylistki - konkursy i sampling

Źródło: Opracowanie własne

5. Podsumowanie

Sieć internetowa ze względu na złożoną strukturę może być traktowana jako sieć relacji z interakcyjnym charakterem. Nowe techniki działań marketingowych powstają również ze względu na dynamiczną formę przekazu, by przekaz był bardziej atrakcyjny. Komunikacja marketingowa winna wpasować się w koncepcję marketingu opartego na relacjach. Zbudowana relacja powinna mieć charakter długoterminowy, a utworzona współpraca przebiegać pomyślnie między podmio-

tami. Dlatego też w blogach internetowych dostrzeżono nie tylko ogromny kanał komunikacji, ale również nowe techniki tworzenia dialogu. Blogi nie mają równie silnej pozycji, jak tradycyjne kanały komunikacji i rzadko kiedy stanowią trzon kampanii promocyjnych. Jednak ze względu na ich użyteczności mają wyjątkowe i ugruntowane miejsce wśród narzędzi marketingowych. Ich znaczenie jest coraz większe, a zasadnicza siła tkwi w możliwości tworzenia interakcji z odbiorcą.

Literatura

- [1] Gadzinowski J., *Era hiperkomunikacji*, „Marketing w Praktyce”, nr 8(138)/2009, s. 40-41
- [2] Handley A., Chapman C.C., *Treść jest kluczowa. Jak tworzyć powalające blogi, podcasty, wideo, e-booki, webinaria i inne.*, Gliwice, Wydawnictwo Helion, 2012
- [3] Hanus B., Jędrowski P., *Sztuka przyciągania uwagi klientów i angażowania konsumentów*, „Harvard Business Review”, nr 10/2012, s. 39-53
- [4] Kaznowski D., *Nowy marketing*, Warszawa, VFP Communications, 2008
- [5] Kotarbiński J., *Od pasji do płatnego bloga*, „Marketing w Praktyce”, nr 1(167)/2012, s. 9-11
- [6] Mac A., *E-przyjaciele*, Gliwice, Wydawnictwo Helion, 2011
- [7] Mazurek G., *Blogi i wirtualne społeczności – wykorzystanie w marketingu*, Warszawa, Oficyna Wolters Kluwer, 2008
- [8] McAfee A., *Firma 2.0*, „Harvard Business Review”, nr 10/2011, s. 92-100
- [9] Miłkowski G., *Strategia dla firmowego bloga*, „Marketing w Praktyce”, nr 6(172)/2012, s. 26-28
- [10] Newczyński K., *Vlogi już tu są*, „Marketing w Praktyce”, nr 1(167)/2012, s. 12-14
- [11] *E-marketing w akcji, jak skutecznie wzbudzać pożądanie klientów i zazdrość konkurencji*, red. K. Pankiewicz, Gliwice, Wydawnictwo Helion, 2008
- [12] Roguski A., *Blogger, czyli medium*, „Brief”, nr 11(169)/2013, s. 60-62
- [13] Rzepecki J., Hankus-Matuszek G., *Wymagający użytkownik – bezcenny*, „Marketing w Praktyce”, nr 8(138)/2009, s. 36-39
- [14] Stratten S., *Bez marketing, przestań kusić klientów, zacznij z nimi rozmawiać*, Gliwice, Wydawnictwo Helion, 2010
- [15] Trzeciak D., *Blogopedia inspiracji*, „Marketing w Praktyce”, nr 8(138)/ 2009, s. 44-45
- [16] Zawadziński M., *Postawić na blogi*, „Marketing w Praktyce”, nr 8(138)/ 2009, s. 41-43

Szacowanie kosztów technicznego przygotowania produkcji

Słowa kluczowe: koszty TPP, koszty jednostkowe, koszty pośrednie

Streszczenie

Szukając różnych sposobów uzyskiwania przewag konkurencyjnych nad innymi firmami, przedsiębiorstwa sięgają po coraz bardziej zaawansowane narzędzia, umożliwiające im pozyskiwanie wielu cennych informacji na wczesnym etapie projektowania wyrobu. Jedną z takich kluczowych informacji jest wiedza o jednostkowym koszcie produkcji nowego wyrobu. Informacja ta ma tym większe znaczenie dla przedsiębiorstwa, im wcześniej uda się ją precyzyjnie wyznaczyć.

Tak jak w praktycznym stosowaniu wielu nowoczesnych narzędzi, tak i tutaj pojawiają się pewne trudności spowodowane przede wszystkim odmiennym sposobem szacowania kosztów produkcji nowego wyrobu. O ile szacowanie kosztów bezpośrednich można przeprowadzić metodą tradycyjną lub z wykorzystaniem systemów CAD/CAM, to szacowanie kosztów pośrednich wymaga stosowania rachunku kosztów działań (*Activity-Based Costing* – ABC). Również obecne metody bazujące na systemach CAD/CAM mają jeszcze wiele ograniczeń technologiczno-informatycznych spowodowanych znacznym ich skomplikowaniem i koniecznością adoptowania do własnych potrzeb. Kierunek prac został już jednak wytyczony i w przyszłości można oczekiwać dalszego doskonalenia tych metod.

Nowe sposoby szacowania kosztów TPP pozwolą przedsiębiorstwom w przyszłości nie tylko lepiej przygotować się do uruchomienia przyszłej produkcji ale także świadomie sterować procesem TPP, aby uzyskać zakładany efekt końcowy w postaci z góry zaplanowanych kosztów produkcji.

Przygotowanie produkcji nowego wyrobu, to przede wszystkim przedsięwzięcie techniczno-organizacyjne. Jednak w warunkach gospodarki rynkowej nie mniej ważną stroną całego przedsięwzięcia projektowego jest jego ekonomiczna strona. Czynniki ekonomiczne w coraz większym stopniu determinują decyzje dotyczące przyszłości przedsiębiorstw, w tym także projektowanych przez nie nowych wyrobów. Ciągły wzrost mocy produkcyjnych z jednej strony, a z drugiej

¹ Dr inż. Kazimierz Szatkowski – Katedra Organizacji Przedsiębiorstwa Politechnika Lubelska

strony agresywna globalna konkurencja wymusza różnorodne strategie zdobywania przewag konkurencyjnych na rynku. Jedną z takich strategii może być świadome kształtowanie kosztów produkcji nowego wyrobu na etapie jego wczesnego projektowania.

Zazwyczaj koszty produkcji odnoszą się do produkcji faktycznie zrealizowanej. Dlatego większość działań zmierzających do obniżania kosztów produkcji przede wszystkim ingeruje w produkcję bieżącą. Warto jednak pamiętać, że o faktycznym poziomie przyszłych kosztów produkcji może nie tylko decydować produkcja bieżąca lecz także określone działania projektowe, podejmowane na etapie przygotowania produkcji nowego wyrobu. To wybory projektantów dotyczące, np. konkretnych rozwiązań konstrukcyjnych, zastosowanych materiałów, czy technologii wytwarzania w dużym stopniu decydują o przyszłym poziomie kosztów produkcji. Innymi słowy, kosztami przygotowania produkcji można sterować, czyli stosować takie rozwiązania konstrukcyjno-technologiczne, aby uzyskać z góry zakładany jednostkowy koszt wytworzenia produktu i jego przyszłą cenę rynkową.

1. Koszty prac technicznego przygotowania produkcji (TPP)

Zgodnie z kalkulacyjnym układem kosztów, ogólne koszty prac TPP zalicza się do kosztów pośrednich przedsiębiorstwa. Dlatego uwzględniając aktualne trendy do minimalizowania kosztów pośrednich w stosunku do całkowitych kosztów produkcji, przedsiębiorstwo powinno troszczyć się o utrzymywanie ich na odpowiednio niskim poziomie w stosunku do kosztów bezpośrednich.

W skład ogólnych kosztów TPP wchodzi:

1. Koszty wykonania dokumentacji konstrukcyjnej i technologicznej (K_{dt}),
2. Koszty wyposażenia placówek B+R w techniczne środki pracy (K_{b+r}),
3. Koszty wykonania prototypu i jego badań (K_{wp}),
4. Koszty sporządzenia planu prac (K_{pl}),
5. Koszty zaprojektowania i wykonania oprzyrządowania produkcji (K_{op}),
6. Koszty uruchomienia serii próbnej i rozruchu produkcji (K_{rp}).

$$K_{TPP} = K_{dt} + K_{b+r} + K_{wp} + K_{pl} + K_{op} + K_{rp} \quad [1]$$

Ad. 1. Koszty te stanowią najważniejszy składnik ogólnych kosztów produkcji, szczególnie w tych przedsiębiorstwach, które prowadzą zaawansowane i zorganizowane prace B+R. Ich procentowy udział w ogólnych kosztach PP uzależniony jest od wielu czynników jednak największy wpływ na te koszty ma zakres (głębokość) prac TPP nad nowym wyrobem. Im zakres ten jest szerszy tym udział tych kosztów w kosztach ogólnych jest większy.

Podstawą wyznaczenia kosztów prac TPP jest ich ogólna pracochłonność. Znając ogólną ilość roboczogodzin potrzebnych do zrealizowania projektu i godzinowe stawki płac pracowników można wyznaczyć ogólne koszty tych prac. Warunkiem dokładnego wyznaczenia tych kosztów jest jednak precyzyjne oszacowanie ogólnej ilości godzin jakie będą potrzebne do zrealizowania wszystkich zadań objętych projektowaniem i wdrożeniem wyrobu do produkcji.

Koszt zadania projektowego (K_{zd}) = pracochłonność zadania x stawka godzinowa konstruktora (technologa)

$$K_{dt} = \sum_{i=1}^n K_{zd_i} \quad [2]$$

W konstrukcyjnym jak i technologicznym przygotowaniu produkcji ogólną pracochłonność wyznacza się na podstawie normatywów² opracowanych dla odpowiedniego stopnia utrudnienia konstrukcyjnego lub technologicznego. Normatywy stanowią ważny element obliczeń, bowiem niewłaściwie opracowane, mogą być przyczyną zbyt napiętych terminów zadań i nerwowości przy realizowanych pracach lub niegospodarności czasu wskutek zbyt długich czasów realizacji wyznaczonych zadań.

Normatywy wyznaczone są w sposób empiryczny na podstawie wiedzy i doświadczenia pracowników z realizacji podobnych zadań w przeszłości. W miarę wdrażania postępu technicznego, szczególnie nowoczesnych technik komputerowych, normatywy są ciągle weryfikowane i uaktualniane do bieżących warunków projektowych przedsiębiorstwa.

Ad. 2. Zakupy wyposażenia technicznego dla placówek B+R wynikać mogą bądź to z długofalowej strategii rozwojowej przedsiębiorstwa, bądź z bieżących potrzeb związanych z realizacją konkretnego projektu technicznego. W przypadku pierwszym są one wynikiem postępu technicznego w danej dziedzinie (branży). Zakup tego wyposażenia traktowany jest jak inwestycja rozwojowa o dużym stopniu ryzyka (w momencie zakupu tego wyposażenia trudno przewidzieć w jakim stopniu przyczyni się ona do wzrostu ogólnej efektywności prac projektowych w przyszłości).

² Normatyw jest to z góry określona ilość godzin jaka jest niezbędna do prawidłowego wykonania zadania.

W drugim przypadku, zakupy te obciążają rachunek konkretnego projektu technicznego. Każde nowe przedsięwzięcie projektowe wymaga częściowej wymiany wyposażenia technicznego, dotyczy to sprzętu komputerowego, specjalistycznych urządzeń, oprogramowania, wyposażenia laboratorium technologicznego, prototypowni itp. Nakłady finansowe przeznaczone na te zakupy powiększają ogólne nakłady na przedsięwzięcie projektowe.

Ad. 3. Na koszt wykonania prototypu (K_{wp}) składają się:

- Koszty zużycia materiałów i prób materiałowych (K_{zm}),
- Koszty robocizny bezpośredniej (K_{rp}),
- Koszty zewnętrznych badań i analiz eksperckich (K_{ek}).

$$K_{wp} = K_{zm} + K_{rp} + K_{ek}, [3]$$

Koszty wykonania prototypu w dużej mierze zależą od stopnia nowości i oryginalności nowego produktu. Jeśli jest to wyrób nowy ale znany na rynku, np. nowa wersja odkurzacza, to koszt prototypu można określić jako krotność jednostkowego kosztu nowego produktu. Jeśli mamy jednak do czynienia z wyrobem innowacyjnym, to koszt wyrobu jest silnie uzależniony od zakresu badań i prac rozwojowych jakie muszą być przeprowadzone w związku z jego poprawną eksploatacją i dopuszczeniem wyrobu na rynek.

Koszty wykonania prototypu uzależnione są także od zastosowanych technik prototypowania. Dlatego należy tutaj wyraźnie rozdzielić te prace na prototypowanie tradycyjne i nowoczesne. W przypadku stosowania nowoczesnych technik komputerowych (*Rapid prototyping*), zmniejsza się koszt wykonania prototypu, ale wzrastają nakłady inwestycyjne na nabycie urządzeń do szybkiego prototypowania. Na dzień dzisiejszy ceny tych urządzeń są jeszcze dość wysokie (od kilkudziesięciu do kilkuset tysięcy dolarów). Podobnie wygląda sytuacja z badaniami wirtualnymi wyrobu (*Virtual prototyping*). Mogą one być realizowane w sposób tradycyjny lub z wykorzystaniem technik wirtualnych.

Ad. 4. Koszty sporządzenia planu prac projektowych uzależnione są od ilości zatrudnionych planistów w sekcji planowania oraz od narzędzi jakimi się oni posługują.

$$\text{Koszty planowania } (K_{pl}) = \text{ilość pracowników} \times \text{godzinowy wymiar pracy} \\ \times \text{stawka godzinowa}$$

W większości przypadków obecnie podstawowym narzędziem planowania jest komputer i specjalistyczne oprogramowanie spełniające wymogi planowania sieciowego typu CPM (*Critical Path Method*) lub PERT (*Program Evolution and Review Technique*). Np. bardzo popularnym programem umożliwiającym planowanie sieciowe jest *Microsoft Project*.

Ad. 5. W większości przypadków do projektowania i wytwarzania oprzyrządowania produkcji stosuje się obecnie systemy CAD/CAM. Urządzeniem wykonawczym jest najczęściej obrabiarka sterowana numerycznie. W ten sposób wykonywane są matryce, formy wtryskowe, narzędzia pomocnicze. Z kolei oprzyrządowanie do obrabiarek sterowanych numerycznie wykonywane jest przez szlifierki wieloosiowe sterowane komputerowo, które mogą obrabiać nawet bardzo twarde materiały, korzystając bądź to z gotowego oprogramowania dostarczonego przez producenta obrabiarki lub z projektu wykonanego przez zakładowego projektanta. Docelowa ilość wykonywanych kompletów narzędzi sporządzana jest w zależności od wielkości produkcji.

Ad. 6. Nakłady finansowe na uruchomienie produkcji – K_{rp} , wyznacza się najczęściej jako procentową wielkość kosztów wykonania dokumentacji technicznej skorygowaną o wskaźnik utrudnienia techniczno-organizacyjnego. Nową produkcję tym trudniej uruchomić im więcej nowych i oryginalnych procesów technologicznych przedsiębiorstwo musi wdrożyć z związku z produkcją nowego wyrobu.

2. Koszt i cena jednostkowa produktu

Podstawowym celem szacowania jednostkowego kosztu produktu jest uzyskanie informacji o koszcie i cenie przyszłego produktu, a także opłacalności jego produkcji. Konstruktorzy i technolodzy projektując wyrób i procesy wytwórcze, mają do pewnego stopnia możliwość kształtowania struktury cenowej przyszłego wyrobu, tak aby uzyskać zakładaną jej wielkość. Znając relacje między kosztami wyrobu, a ceną sprzedaży ocenić można opłacalność produkcji przy odpowiedniej jej wielkości.

W warunkach rozwoju technik informatycznych i ich wdrażania w przedsiębiorstwach wzrasta zapotrzebowanie na właściwą informację i szybkie nią zarządzanie. Kompleksowe i dokładne informacje finansowe mogą przesądzić o kształcie projektowanego wyrobu. Jedną z kluczowych informacji finansowych decydujących o zakresie prac technicznego przygotowania produkcji,

a także przyszłej produkcji seryjnej jest koszt jednostkowy produktu. Im jest on wcześniej wyznaczony, tym jest jego większe znaczenie dla całokształtu prac technicznego przygotowania produkcji. Jeśli jest on wyznaczony po uruchomieniu produkcji, to ma on znaczenie jedynie sprawozdawcze dla przedsiębiorstwa.

Jednostkowy koszt produktu wyznaczony odpowiednio wcześniej może mieć wpływ na:

- dobór materiałów z którego wykonany ma być wyrób,
- możliwość sprawdzenia wyrobu z punktu widzenia technologiczności konstrukcji,
- prawidłowego doboru procesów technologicznych pod kątem kosztów produkcji,
- zakres badań wyrobu,
- sprawdzenie sposobu i kosztów montażu przyszłego wyrobu,
- kształt przyszłej struktury produkcyjnej,
- zakres analiz opłacalności produkcji,
- określenie optymalnej wielkości produkcji.

Jednostkowy koszt produktu składa się z jednostkowego kosztu bezpośredniego i jednostkowego kosztu pośredniego. Jednostkowe koszty bezpośrednie wyznaczyć można stosunkowo prosto, tj. sumując koszty materiałowe i robocizny bezpośredniej przypadającej na jednostkę produktu. Bardziej skomplikowane jest wyznaczenie kosztów pośrednich. Nie są one bowiem bezpośrednio związane z produkcją wyrobów, a jednostkowe koszty produktu muszą je uwzględniać z uwagi na poprawność pełnego rachunku kosztów. Oznacza to, że koszty te muszą być doliczone do każdej jednostki produktu za pomocą odpowiednich kluczy. Dokładność doliczenia tych kosztów często decyduje o poprawności całego rachunku kosztów. Tylko precyzyjnie oszacowane jednostkowe koszty produkcji mają jakąkolwiek przydatność praktyczną na wczesnym etapie projektowania wyrobu.

Pojawia się zatem problem umiejętności rozpisywania kosztów pośrednich na produkty, mające być wytwarzane w przyszłości. Koszty pośrednie mogą być rozpisane na wyroby za pomocą kilku metod, jednak każda z tych metod generuje inne skutki finansowe. Im lepszą zastosujemy metodologię rozpisywania kosztów pośrednich, tym bardziej precyzyjny uzyskamy wynik.

2.1. Szacowanie jednostkowych kosztów materiałowych

Koszty niezbędnych materiałów wyznaczyć mogą konstruktorzy (wspólnie z działem zaopatrzenia) w oparciu o specyfikację i klasyfikację części przyszłego wyrobu. Znając ostateczną strukturę wyrobu i sporządzając na jej podstawie specyfikację części, konstruktorzy mogą bez większego trudu wyznaczyć koszt materiałów bezpośrednich przypadających na jednostkę produktu.

Wszystkie części wchodzące w skład przyszłego produktu można podzielić na trzy grupy części, tj. części znormalizowane, zunifikowane i oryginalne. Uwzględniając ten podział w sposób dokładny możemy wyznaczyć koszt zakupu gotowych części tylko w przypadku części znormalizowanych, oraz koszt zakupu materiałów do wykonania części zunifikowanych. Jedynie w przypadku części oryginalnych problemem może być wyznaczenie dokładnego kosztu zakupu materiałów ponieważ na etapie założeń techniczno-ekonomicznych nie są jeszcze opracowane dokładne normy materiałowe. Te bowiem są dopiero dokładnie wyznaczone po zaprojektowaniu procesów technologicznych.

Sumaryczne koszty materiałowe K_{mb} wynoszą.

$$K_{mb} = \sum K_{mzn} + \sum K_{mzf} + \sum K_{mog} \quad [4]$$

K_{mzn} – koszty zakupu części znormalizowanych,

K_{mzf} – koszty zakupu materiałów do wykonania części zunifikowanych,

K_{mog} – koszty zakupu materiałów do wykonania części oryginalnych wyznaczone na podstawie norm materiałowych.

2.2. Szacowanie jednostkowych kosztów robocizny bezpośredniej

Koszty pracy można analizować w różnych przekrojach, tj. na określonych stanowiskach roboczych lub określonych zleceniach produkcyjnych. Na etapie TPP większe znaczenie mają stanowiskowe koszty pracy. Koszty pracy przypadające na zlecenie produkcyjne wygodniej stosować w fazie produkcji docelowej.

Do oszacowania kosztów robocizny bezpośredniej, na etapie TPP, potrzebne są trzy istotne informacje, tj:

- czas zajęcia maszyny operacją technologiczną,
- udział czasu pracy pracownika w ogólnym czasie zajęcia maszyny daną operacją technologiczną,
- ilość pracowników obsługujących dane stanowisko robocze,
- czas pracy czynności obsługowych.

Czas zajęcia maszyn operacjami technologicznymi możliwy jest do wyznaczenia jeśli zaprojektowane są wszystkie procesy technologiczne niezbędne do wytworzenia przyszłych wyrobów. Przyjmując określoną wielkość partii produkcyjnej oraz znając ogólny czas zajęcia pracowników operacjami technologicznymi i czynności obsługowych przypadających na jedną partię produkcyjną, możemy oszacować ogólne koszty robocizny bezpośredniej procesów obróbkowych.

Drugim istotnym składnikiem kosztów robocizny bezpośredniej są koszty robocizny operacji montażowych. W tym przypadku szacowanie kosztów jest o wiele trudniejsze niż w przypadku operacji obróbkowych, gdyż trudno z dużym

wyprzedzeniem określić ile faktycznie czasu zajmie dana czynność montażowa. Podstawą wyznaczania czasu trwania czynności montażowych są normy czasu pracy sporządzane przez normistów. Im są one lepiej sporządzone, tym bardziej precyzyjny dają wynik.

$$\text{Koszty robocizny bezpośredniej (K}_{rb}\text{)} = \text{Koszty obróbki} + \text{koszty montażu} \\ + \text{koszty pośrednie pracy}$$

Koszty robocizny bezpośredniej wymagają także uwzględnienia pośrednich kosztów pracy. Występują one w sytuacji w której pracownikom bezpośrednio produkcyjnym naliczane są koszty pośrednie. Do kosztów pośrednich zalicza się:

- premie nie mające związku z ilością przepracowanych godzin,
- prace porządkowe,
- przerwy wynikające z organizacji przepływu produkcji.
- konserwacja i remonty maszyn.

2.3. Szacowanie pośrednich kosztów produkcji

Szacowanie pośrednich kosztów produkcji nowego wyrobu jest przedsięwzięciem zdecydowanie trudniejszym niż szacowanie kosztów bezpośrednich, gdyż brak jest jednoznacznych danych co do kształtowania się ich wysokości.

Do szacowania kosztów pośrednich można wykorzystać tradycyjną metodę naliczania kosztów produkcji opierającą się na, tzw. kluczach doliczeniowych mając świadomość, że daje ona wynik obarczony pewnym błędem lub metodę bardziej pracochłonną ale dającą bardziej precyzyjny wynik, tzn. rachunek kosztów działań (Activity-Based Costing – ABC), w której koszty pośrednie produkcji przypisane są do wyrobu na podstawie działań (procesów) niezbędnych do wykonania wyrobu. W metodzie tej koszty pośrednie procentowo rozkłada się na działania (procesy) podejmowane w ramach przygotowania produkcji nowo projektowanych wyrobów. Z uwagi na dużą ilość procesów podejmowanych w ramach przygotowania produkcji wyrobu, metodą ABC uwzględnia się tylko te, które są istotne z punktu widzenia kształtowania się kosztu jednostkowego wyrobu. Procesy o mniejszym znaczeniu kosztotwórczym mogą być rozliczane w tradycyjnym rachunku kosztów pełnych.

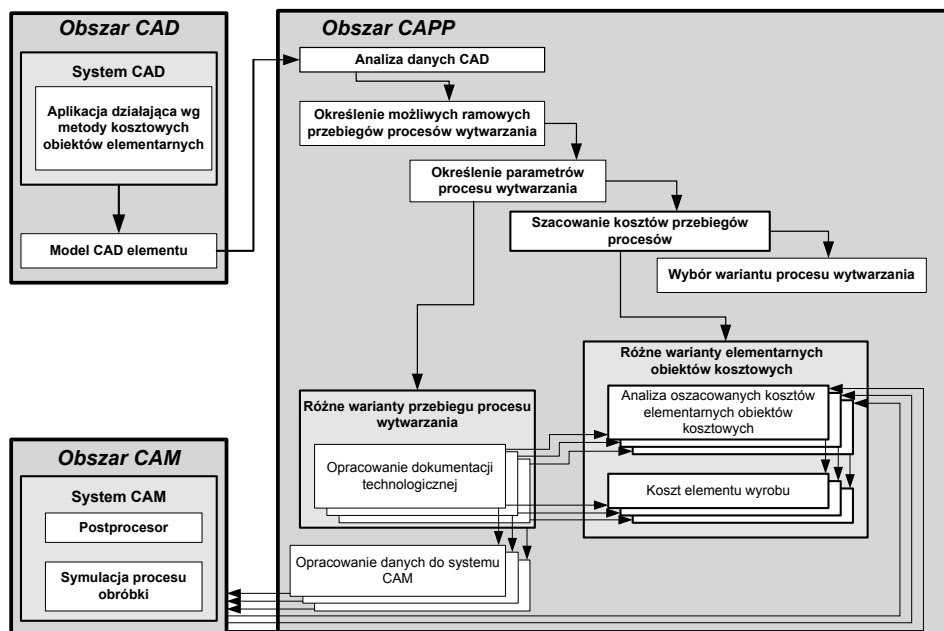
Niemожność dokładnego wyznaczenia pośrednich kosztów produkcji dla nowych wyrobów w istotny sposób komplikuje całościowy rachunek kosztów produkcji, dlatego ostatnio wraz z rozwojem technik komputerowych nasiliły się starania, żeby proces szacowania pośrednich kosztów produkcji nowego wyrobu całkowicie zautomatyzować, tj. powiązać koszty pośrednie z operacjami technologicznymi (na etapie ich projektowania), jakie będą realizowane w ramach pro-

dukcji nowego wyrobu. Metody te są obiektem intensywnych prac rozwojowych bowiem udane wdrożenie takiego systemu zapewni przedsiębiorstwu znaczną przewagę konkurencyjną w zakresie zarządzania kosztami wyrobów na wczesnym etapie ich projektowania. Tradycyjne metody są albo pracochłonne, albo nie dają precyzyjnych wyników.

3. Nowoczesne podejście do szacowania jednostkowych kosztów produkcji

Znaczny postęp w dziedzinie projektowania wyrobów, głównie za sprawą systemów CAD/CAM/CAE/PDM, zwrócił uwagę inżynierów na inne nietypowe zastosowania tych systemów. Powyższe systemy w trakcie projektowania nowego wyrobu generują dużą ilość informacji, które po odpowiedniej obróbce służą lub mogłyby służyć do innych celów, niż tylko geometryczny opis wyrobu. Przykładem może być tutaj integracja systemów CAD/CAM. Na pewnym etapie rozwoju tych systemów zwrócono uwagę na możliwość wykorzystania systemów CAD do wspomagania szacowania kosztów bezpośrednich przyszłego produktu. W tradycyjnym podejściu wyznaczenie jednostkowych kosztów produkcji wyrobu jest możliwe dopiero po ostatecznym opracowaniu wszystkich procesów technologicznych, czyli na końcowym etapie technologicznego przygotowania produkcji. Dlatego możliwość przesunięcia szacowania kosztów produkcji (bezpośrednich i pośrednich) w kierunku konstrukcyjnego przygotowania produkcji mogłoby nie tylko skrócić cykl TPP, ale także uchronić przedsiębiorstwo przed stratami finansowymi w przypadku opracowania wyrobu o zbyt dużych jednostkowych kosztach i konieczności odrzucenia go z dalszych prac planistycznych.

Aby jednak system CAD mógł służyć do szacowania jednostkowych kosztów produkcji musi być uprzednio zmodyfikowany w taki sposób, żeby na standardowo tworzonych powierzchniach geometrycznych nowo tworzonych obiektów, było można umieszczać dodatkowe informacje, które bardziej precyzyjnie będą opisywać projektowany element, w wyniku czego szacownie kosztów bezpośrednich będzie bardziej dokładne.



Rys. 1. Ogólny model wspomagający projektowanie i szacowanie kosztów wytwarzania części składowych wyrobu

Źródło: P. Chwastyk, J. Matuszek, *Szacowanie kosztów wytwarzania w oparciu o zintegrowany system CAD/CAM z wykorzystaniem metody obiektów elementarnych*, Zarządzanie Przedsiębiorstwem, 2006/2.

Praktyczne wykorzystanie metod szacowania kosztów będzie możliwe tylko wtedy jeśli:

- Metody te nie będą zbyt skomplikowane, zarówno od strony obsługi informatycznej jak projektowej.
- Powinny pozwolić uzyskać wynik mieszczący się w z góry założonym przedziale procentowym. np. $\pm 10\%$, w przeciwnym przypadku stosowanie tych metod jest bezcelowe.
- Dane zewnętrzne (np. koszty materiałów, energii, koszty pracy) decydujące o poprawności szacowania kosztów produkcji, powinny być na bieżąco aktualizowane.
- Zostanie rozwiązany problem naliczania kosztów pośrednich poprzez powiązanie systemów CAD/CAM z rachunkiem kosztów działań.

Większość tych metod jest dopiero na etapie początkowego ich rozwoju. Częściej występują jako indywidualne rozwiązania informatyczne (prototypy), niż systemy informatyczne spełniające określone standardy. Do praktycznych zastosowań nadają się raczej w przedsiębiorstwach które produkują wyroby podobne,

najczęściej różnego rodzaju typoszeregi wyrobów o znanych lub bardzo podobnych konstrukcjach (np. silniki i prądnice elektryczne, przekładnie mechaniczne, zawory itp. W tego typu produkcji najczęściej podobieństwo konstrukcyjne jest silnie skorelowane z podobieństwem technologicznym, dlatego poprzez podobieństwo konstrukcyjne można odpowiednio wcześniej na zasadzie podobieństwa oszacować koszty procesów technologicznych.

Na obecnym etapie rozwoju metody te nie nadają się jeszcze do szacowania kosztów produkcji wyrobów nowych, w znacznym stopniu odbiegających od produktów dotychczas produkowanych, tzw. produktów innowacyjnych. Wszystkie te metody funkcjonują w taki sposób, że w znacznym stopniu czerpią one informacje z produkcji dotychczasowej (dane historyczne).

Literatura

1. Miracki W., *Koszty przygotowania produkcji*, PWE, Warszawa 1985.
2. Szatkowski K., *Przygotowanie produkcji*, Warszawa, PWN, 2008.
3. Chwastyk P., Matuszek J., *Szacowanie kosztów wytwarzania w oparciu o zintegrowany system CAD/CAM z wykorzystaniem metody obiektów elementarnych*, Zarządzanie Przedsiębiorstwem, 2006/2.

Katarzyna Czop¹

Koszty logistyki – wybrane aspekty ewidencyjne i zarządcze

Słowa kluczowe: *koszty logistyki, rachunek kosztów, procesy logistyczne*

Streszczenie

Realizacja procesów logistycznych wiąże się z ponoszeniem kosztów logistyki, które w sposób znaczący, w przedsiębiorstwach zorientowanych na maksymalizację obsługi klienta, oddziałują na wynik finansowy. Celowe staje się więc zastosowanie rachunku kosztów logistyki w procesie zarządzania kosztami we współczesnym przedsiębiorstwie. W artykule przedstawiono zatem definicje kosztów logistyki, ich klasyfikację oraz omówiono wybrane problemy związane z identyfikacją i ewidencją kosztów logistyki. Wskazano także na możliwości zastosowania decyzyjnych rachunków kosztów w obszarze logistyki.

1. Wprowadzenie

W przedsiębiorstwach zorientowanych na wzrost obsługi klienta poprzez dostarczenie produktów w odpowiednim miejscu, czasie, ilości, jakości i cenie, istotnego znaczenia w procesach decyzyjnych nabierają koszty logistyki, będące miernikiem sprawności procesów logistycznych. Koszty te mają największe rezerwy oraz możliwości oszczędności spośród wszystkich kosztów w przedsiębiorstwie. Mogą one stanowić od 10% do 40% wartości sprzedanych towarów (K. Skoczylas 2010, s.13). W znaczący sposób oddziałują one zatem na wynik finansowy przedsiębiorstwa i osiąganą rentowność. Z uwagi na zmieniającą się strukturę kosztów wytworzenia produktów, wzrost poziomu kosztów nieprodukcyjnych, w procesach decyzyjnych w obszarze logistyki konieczne zatem staje się zastosowanie rachunku kosztów logistyki oraz nowoczesnych rozwiązań w tym zakresie. Rachunek kosztów ogólnie można zdefiniować jako zespół czynności związanych z pomiarem kosztów, ich ewidencją i rozliczaniem na obiekty (produkty, usługi,

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Zarządzania, Katedra Organizacji Przedsiębiorstwa

klientów, miejsca powstawania, procesy gospodarcze itp.) oraz przygotowywaniem i analizą raportów finansowych. Rachunek kosztów obejmuje procesy planowania, ewidencji, kalkulacji i analizy kosztów (W. Janik 2012, s. 22). Uwzględniając cel dla którego przeprowadza się rachunek kosztów wyróżnia się: sprawozdawczy rachunek kosztów sporządzany dla potrzeb sprawozdawczości finansowej oraz decyzyjne rachunki kosztów (np. rachunek kosztów działań), których zadaniem jest dostarczenie menedżerom niezbędnych informacji dla podjęcia określonej decyzji.

W artykule dokonano zatem przeglądu definicji kosztów logistyki oraz ich klasyfikacji, a także zaprezentowano wybrane problemy związane z identyfikacją i ewidencją kosztów logistyki z wykorzystaniem tradycyjnego rachunku kosztów. Wskazano także na możliwości zastosowania wybranych rachunków decyzyjnych, tj.: rachunek kosztów działań, rachunek kosztów sterowany czasem czy rachunek kosztów docelowych w procesie podejmowania decyzji operacyjnych i strategicznych w obszarze logistyki.

2. Istota kosztów logistyki

Koszty logistyki (koszty logistyczne) powstają w związku z realizacją procesów logistycznych w przedsiębiorstwie. W procesach tych angażowane są dosyć znaczne aktywa trwałe w postaci budynków, budowli magazynowych, środków transportu, maszyn i urządzeń magazynowych itp. Przedsiębiorstwo ponosi zatem koszty wynikające z ich stopniowego zużycia oraz koszty ich utrzymania oraz eksploatacji. Realizacja procesów logistycznych wymaga także ponoszenia kosztów pracy, kosztów fizycznego przepływu dóbr czy też kosztów związanych z utrzymaniem zapasów, jak i również innych wydatków finansowych (np. podatek od nieruchomości, od środków transportu). Z uwagi na różny zakres funkcji i procesów logistycznych, koszty logistyki są w różny sposób definiowane i klasyfikowane. I tak na przykład J. Twaróg (2003, s.111) definiuje koszty logistyki jako sumę wydatków związanych z realizacją poszczególnych funkcji logistycznych, tj. zakupy, transport, utrzymywanie zapasów, magazynowanie, dystrybucja, obsługa klienta, przepływ informacji. Z kolei Cz. Skowronek i Z. Sarjusz-Wolski (2008, s. 272) przyjmują, że koszty logistyki to wyrażone w pieniądzu zużycie pracy żywej, środków i przedmiotów pracy, wydatki finansowe oraz ujemne skutki zdarzeń nadzwyczajnych, które są wywołane przepływem dóbr materialnych w przedsiębiorstwie i między przedsiębiorstwami, a także utrzymywaniem zapasów. B. Śliwczyński (2007, s. 183) podkreśla natomiast celowość zużycia zasobów w procesach logistycznych, definiując koszty logistyki jako wyrażone w jednostkach pieniężnych celowe zużycie zasobów przedsiębiorstwa oraz wydatki powodowane przepływem dóbr materialnych (surowców, materiałów, produktów w toku, wyrobów i towarów), utrzymaniem zapasów oraz przetwa-

rzaniem informacji związanych z działaniami logistycznymi w przedsiębiorstwie i jego łańcuchach dostaw. Ponadto zdaniem B. Śliwczyńskiego ponoszenie kosztów logistyki jest związane z tworzeniem wartości dla przedsiębiorstwa. Konsekwencją uzasadnionego i celowego zużycia jest określenie normy zużycia przypisanej do określonej działalności logistycznej co umożliwia planowanie i kontrolę kosztów. Jednakże nie każde zużycie jest związane z ponoszeniem kosztów, bowiem zużycie ponadnormatywne (np. kary za nieterminowe dostawy) jest stratą dla przedsiębiorstwa. Takie rozróżnienie między kosztem logistyki, a stratą logistyki jest istotne z punktu widzenia oddziaływania kosztów procesów logistycznych na wynik finansowy oraz możliwości racjonalizacji ich przebiegu (B. Śliwczyński 2007, s. 184).

Przegląd i analiza definicji kosztów logistyki prezentowanych w literaturze przedmiotu prowadzi do następujących spostrzeżeń (A. Karmańska 2007, s. 83):

- niektórzy autorzy nie rozróżniają pojęcia kosztu i wydatku i definiują koszty logistyki jako wydatki albo zaliczają wydatki do kosztów logistycznych,
- część autorów do kosztów logistyki zalicza koszty zdarzeń nadzwyczajnych, są one jednak rozumiane jako nakłady będą wynikiem niesprawności procesów logistycznych, np. kary płacone przez przedsiębiorstwo z tytułu nieterminowych dostaw, które w rachunkowości nie są traktowane jako straty, lecz jako pozostałe koszty operacyjne,
- do kosztów logistyki stosuje się podejście ekonomiczne, oznacza to, że definicje kosztów logistyki zawierają kategorię kosztów alternatywnych.

Uwzględniając najszerszy aspekt poznawczy wyodrębnia się trzy główne grupy kosztów logistyki: koszty *sensu stricto*, koszty zdarzeń nadzwyczajnych, koszty utraconych korzyści (Skowronek Cz., Sarjusz-Wolski Z. 2008, s. 271). Koszty logistyki *sensu stricto* związane są z realizacją procesów logistycznych w przedsiębiorstwie i obejmują (K. Skoczylas 2010, s.14):

- zużycie pracy żywej oraz środków i przedmiotów pracy, w tym także usług obcych,
- wydatki pieniężne, podatek od nieruchomości, środków transportu, jak również opłaty wynikające np. z korzystania ze środowiska, a także koszty zamrożonego kapitału przejawiające się głównie w oprocentowaniu kapitałów obcych finansujących działalność logistyczną.

Drugą grupę stanowią koszty zdarzeń nadzwyczajnych. Obejmują one ubytki majątku przedsiębiorstwa będące efektem niesprawności procesów logistycznych. W grupie tej znajdują się przede wszystkim:

- kary umowne z tytułu nieterminowych dostaw,
- kary z tytułu dostaw towarów o nieodpowiedniej jakości,
- kary z tytułu nieterminowego regulowania zobowiązań,
- straty z tytułu złej jakości produkcji wynikającej z wadliwości procesów przepływu,
- straty z tytułu starzenia się zapasów, przeceny i przeszacowania zapasów.

Z kolei koszty utraconych korzyści wynikają z utraty korzyści na skutek niezrealizowanych dostaw i sprzedaży w wyniku braku dostępności określonych zapasów. W praktyce identyfikacja tych kosztów jest utrudniona ponieważ wymaga oszacowania domniemanej wartości przychodu, którego przedsiębiorstwo nie osiągnęło.

3. Klasyfikacja kosztów logistyki

Klasyfikacja kosztów logistyki może być przeprowadzana według różnych kryteriów i celów, którym ma służyć. Jako kryteria kwalifikacyjne mogą być stosowane zasady wynikające z tradycyjnego rachunku kosztów, jak również kryteria uwzględniające specyfikę procesów logistycznych. Wykorzystując zasady stosowane w tradycyjnym rachunku, koszty logistyki mogą być prezentowane według kryterium rodzajowego, według faz przepływu i miejsc powstawania kosztów oraz kryterium zmienności kosztów względem wielkości przepływów materiałowych lub zapasów (A. Karmańska 2007, s. 86). Do podstawowych celów wyodrębnienia kosztów logistyki zalicza się natomiast ocenę efektywności systemów logistycznych i realizowanych procesów oraz dążenie do minimalizacji kosztów własnych przedsiębiorstwa. Informacja o kosztach logistyki, aby mogła spełniać swoją rolę i stanowić skuteczne narzędzie zarządzania przedsiębiorstwem powinna być dostępna i analizowana w wielu przekrojach. W szczególności uzyskane informacje przekrojowe dotyczące kosztów logistyki powinny umożliwiać:

- uzyskanie odpowiedzi na pytania, które koszty mają kluczowe znaczenie dla procesów logistycznych realizowanych w przedsiębiorstwie, jakie są wzajemne relacje między nimi, które z ponoszonych kosztów można ograniczyć lub wyeliminować poprzez racjonalizację działań logistycznych (Skrodzka V., Marek R. 2010, s. 19)
- rozpoznanie struktury kosztów w przekrojach analitycznych dostosowanych do potrzeb podejmowania decyzji logistycznych, tj. wybór dostawców, ocena rentowności wyrobów, klientów, kanałów dystrybucji,
- rozpoznanie dynamiki kosztów w powiązaniu z intensywnością realizowanych w przedsiębiorstwie działań oraz zaangażowaniem zasobów logistyki. Przede wszystkim chodzi tutaj o odpowiedź na pytania jak zmieniają się koszty logistyki, gdy wzrośnie sprzedaż, gdy zmiane uleganie produkcja, gdy zwiększony zostanie poziom zapasów wyrobów gotowych, gdy wzrośnie obrót danego kanału dystrybucji (B. Śliwczyński 2007, s.190).
- Z punktu widzenia efektywności procesów logistycznych istotnym kryterium klasyfikacji kosztów logistyki są poszczególne segmenty logistyki. Według tego kryterium wyróżnia się koszty fizycznego przepływu dóbr, koszty zapasów oraz koszty procesów informacyjnych.

- Koszty fizycznego przepływu dóbr obejmują koszty transportu zewnętrznego, wewnętrznego oraz koszty procesów manipulacyjnych związanych z przepływem. Koszty te mogą być generowane w różnych fazach przepływu (faza zaopatrzenia, produkcji, dystrybucji, składowania i recyklingu odpadów). W szczególności składają się na nie: koszty amortyzacji środków trwałych zaangażowanych w procesy transportu, koszty zużycia materiałów i energii, koszty wynagrodzeń pracowników, koszty usług obcych (usług transportowych), koszty opłat i podatków (np. podatek od środków transportu) (A. Karmańska 2007, s. 89).
- Koszty przepływów fizycznych determinowane są m.in. rozmiarami technicznej infrastruktury przepływu fizycznego dóbr, zaangażowaniem zasobów pracy w procesie przepływu, zużyciem materiałów, zwłaszcza paliw i energii w procesach transportowych oraz manipulacyjnych (B. Filipiak 2013, s. 32). Analiza kosztów przepływu wykorzystywana jest w procesie decyzyjnym dotyczącym m.in.: wyboru pomiędzy obsługą transportową własną a obcą, wyboru rodzaju technologii transportu, doboru środków transportu, czy też lokalizacji magazynów.
- Z kolei zakres kosztów zapasów należy łączyć z tworzeniem, utrzymaniem i wyczerpaniem zapasów dóbr (materiałów, wyrobów, towarów) niezbędnych w procesie świadczenia usług. Do kosztów tworzenia zapasów zalicza się koszty opracowania oraz uzgadniania zamówień z dostawcą, koszty realizacji dostawy oraz przyjęcia na stan materiałów. Koszty związane z tworzeniem zapasów wchodzi w skład kosztów procesu zaopatrzenia i należą do kosztów względnie stałych (B. Śliwczyński 2007, s. 217).
- Koszty utrzymania zapasów stanowią najważniejszą kategorię kosztów zapasów i obejmują koszty kapitału zamrożonego w zapasach, koszty magazynowania oraz koszty starzenia się zapasów. Koszty kapitału zamrożonego wyrażają koszty alternatywne, jakie ponosi przedsiębiorstwo utrzymując zapas, zamiast zaangażowany kapitał zainwestować w inny bardziej opłacalny sposób. Kalkulacja tej grupy kosztów zapasów wymaga sprzężenia przepływów magazynowych (przyjęć i wydań z magazynu) z przepływami pieniężnymi (terminami płatności). Koszty zamrożenia mogą być bowiem naliczane od momentu uregulowania zobowiązań z tytułu realizacji dostawy przyjętej na magazyn. Ponadto wysokość tych kosztów jest determinowana wysokością stóp procentowych oraz przyjętymi metodami wyceny zapasów.
- Koszty magazynowania obejmują koszty manipulacji, składowania, kompletacji i wydania pozycji zapasów do zużycia i sprzedaży. Koszty te są względnie stałe, wielkość obrotów magazynowych nie wpływa na ich poziom. Zależą one głównie od okresu magazynowania. Koszty te mogą być dodatkowo analizowane z uwzględnieniem kryterium rodzajowego kosztów.

- Koszty starzenia się zapasów powstają w wyniku utraty wartości użytkowej towarów w związku z ich długotrwałym przechowywaniem lub też w wyniku zmian trendów rynkowych czy postępu technicznego.
- Z kolei koszty wyczerpania zapasów są efektem braku zapasów w odpowiednim miejscu i czasie. Brak dostępności zapasów prowadzi do utraty korzyści bieżących jak i przyszłych, jakie przedsiębiorstwo mogłoby uzyskać, gdyby sprzedaż mogła być zrealizowana.
- Ostatnią grupę kosztów logistyki stanowią koszty procesów informacyjnych, które w szczególności obejmują koszty amortyzacji sprzętu informatycznego i oprogramowania, koszty wynagrodzeń, koszty usług informacyjnych (zwłaszcza informatycznych). W ujęciu fazowym dotyczą one wszystkich faz przepływu materiałowego.

Przedstawiony podział kosztów logistyki stwarza możliwości zastosowania go do oceny efektywności procesów logistycznych oraz podejmowania decyzji w zakresie ustalania optymalnej partii dostawy, poziomu zapasu rezerwowego, oceny dostawców, oceny opłacalności korzystania z usług obcych transportowych, magazynowych czy też wyboru środków transportu. W procesie racjonalizacji procesów logistycznych należy jednakże uwzględnić kompleksowy charakter kosztów logistyki oraz tzw. mechanizm ustępstw kosztowych. Oznacza to, że w systemie logistycznym obowiązuje zasada kosztu całkowitego zakładająca łączne analizowanie wszystkich procesów logistycznych, a nie tylko wybranych (B. Filipiak 2013 s. 39).

4. Wybrane problemy ewidencji kosztów logistyki

Do szczegółowej analizy kosztów logistyki wykorzystywane są różne przekroje klasyfikacyjne kosztów. Nie wszystkie jednak przekroje powinny znajdować swoje praktyczne zastosowanie w konkretnym przedsiębiorstwie. Jednostka gospodarcza powinna bowiem dokonać uzasadnionego podziału kosztów zgodnego z jej potrzebami decyzyjnymi, co z kolei powinno odnaleźć swoje odzwierciedlenie w stosowanym rachunku i systemie ewidencyjnym kosztów działalności przedsiębiorstwa.

Stosowany powszechnie w polskich przedsiębiorstwach tradycyjny rachunek kosztów umożliwia ich rejestrację w układzie rodzajowym oraz przedmiotowo-podmiotowym. Włączenie kosztów logistyki w struktury tradycyjnego rachunku kosztów wymaga odpowiedniego odzwierciedlenia procesów logistycznych w ewidencji księgowej, a zatem i właściwej modyfikacji zakładowego planu kont. Odbywać się to może poprzez utworzenie dodatkowych kont syntetycznych lub/i analitycznych odpowiednio w zespole 4 i/lub 5 planu kont. Nie wszystkie jednakże koszty logistyki są ewidencjonowane w księgach rachunkowych. Dotyczy to na przykład kosztów utraconych korzyści, czy też kosztów zamrożenia kapitału w zapasach. Zastosowanie układu rodzajowego umożliwia badanie wewnętrznej

struktury kosztów, określenie udziału poszczególnych pozycji kosztów w ogólnej ich wielkości, a także prowadzenie kontroli wielkości planowanych z rzeczywistymi (B. Śliwczyński 2007, s. 193). Koszty logistyki charakteryzują się dużym zakresem rodzajowym i są rozproszone pośród wielu grup kosztów. Grupowanie kosztów logistyki w układzie rodzajowym wymaga zatem wprowadzenia dodatkowych ewidencji, czyli odpowiedniej analityki do poszczególnych kont syntetycznych (amortyzacja, wynagrodzenia, podatki i opłaty itd.) (K. Skoczylas 2013 s. 42).

Znacznie więcej informacji dostarcza ewidencja kosztów według miejsc ich powstawania. Miejsca powstawania kosztów to najczęściej ośrodki odpowiedzialności za koszty, czyli wyodrębnione organizacyjnie komórki lub funkcje podmiotu (np. zaopatrzenie) podporządkowane osobom odpowiedzialnym za racjonalne gospodarowanie zasobami i równocześnie za kształtowanie kosztów w tym obszarze (K. Skoczylas, s. 42). Grupowanie kosztów według miejsc ich powstawania tworzy warunki do wewnętrznej analizy kosztów, normowania kosztów, analizy odchyleń i obserwacji trendów kosztów. Wyodrębniając miejsca powstawania kosztów logistyki uwzględnia się najczęściej fazy przepływu materiałowego w przedsiębiorstwie (zaopatrzenie, produkcja, dystrybucja, składowanie odpadów i recykling) lub funkcje logistyki (planowanie, kontrola, przepływ informacji, sterowanie). W tradycyjnym rachunku kosztów według miejsc ich powstawania, koszty logistyki są rejestrowane na wielu kontach, tj.: „Koszty zakupu”, „Koszty sprzedaży”, „Koszty zarządu”, „Koszty wydziałowe”. Jednakże ewidencjonując koszty według miejsc ich powstawania napotyka się na szereg trudności i wątpliwości. Dostosowany bowiem do wymogów ustawy o rachunkowości podział kosztów nie do końca znajduje swoje odzwierciedlenie w poszczególnych fazach procesu logistycznego. Wynika to m.in. z tego, że procesy logistyczne przenikają przez struktury funkcjonalne i są realizowane przez komórki różnych działów. Koszty poszczególnych faz procesu logistycznego są zatem rozproszone na różnych kontach zespołu 5. Na przykład koszty fazy zaopatrzenia generalnie obejmują koszty planowania i kierowania podsystemem zaopatrzenia, koszty organizacji zamówień, koszty transportu, koszty kontroli i przyjęcia zapasów. Natomiast na koncie „Koszty zakupu” bezpośrednio związanym z fazą zaopatrzenia ewidencjonowane są jedynie koszty usług obcych transportowych, badań jakości surowców i materiałów, ubezpieczenia transportu, koszty opakowań zbiorczych itp. „Koszty zakupu” nie obejmują zatem kosztów płac personelu magazynowego, kosztów utrzymania komórek zaopatrzenia itp. Ewidencjonowane są one koncie „Koszty zarządu”. To rozproszenie kosztów logistyki występuje również w przypadku kosztów fazy dystrybucji. W ewidencji finansowo-księgowej są one rejestrowane na koncie „Koszty sprzedaży” (np. koszty reklamy, transportu, skompletowania dostawy) oraz na koncie „Koszty zarządu” (np. utrzymanie komórek zbytu, obsługa magazynów wyrobów gotowych).

Dostosowując plan kont do ewidencji wyodrębnionych w przedsiębiorstwie kosztów logistyki można rozbudować plan kont zespołu 5 wprowadzając analitykę

z wyodrębnianiem poszczególnych faz procesu logistycznego (koszty logistyki fazy zaopatrzenia, koszty logistyki fazy produkcji, koszty logistyki fazy dystrybucji oraz koszty logistyki fazy składowania odpadów i recyklingu), a dla wyodrębnionych faz, uszczegółowić je poprzez wydzielenie kosztów procesów przemieszczania dóbr, kosztów magazynowania oraz kosztów procesów informacyjnych (B. Filipiak 2013 s. 75). W praktyce możliwe jest również wprowadzenie nowego konta syntetycznego w zespole 5 „Koszty logistyki” oraz wydzielenie odpowiednich kont analitycznych, a także określenie zasad rejestracji kosztów w nowym układzie (K. Skoczylas 2010, s.44).

Opracowanie tradycyjnego rachunku kosztów uwzględniającego potrzeby działalności logistycznej wymaga wprowadzania zmian do planu kont celem dokładanej identyfikacji i rejestracji kosztów powstających w związku z realizacją procesów logistycznych w przedsiębiorstwie. Ważne jest również to, aby wyodrębnione kategorie kosztów logistyki zawierały się w przekrojach kosztów wynikających z zapisów ustawowych oraz służyły celom praktycznym. Włączenie kosztów logistyki w struktury tradycyjnego rachunku kosztów nie jest jednak zadaniem łatwym. Koszty logistyki tworzą bowiem szerokie i zagregowane kategorie, co utrudnia ich identyfikację i określenie ich rzeczywistego poziomu. Stosowanie tradycyjnego rachunku kosztów wymaga także zmian w sposobie ewidencjonowania kosztów, a w związku z tym stwarza konieczność przeszkolenia służb finansowo-księgowych w tym zakresie. Ponadto tradycyjny rachunek kosztów nie powinien stanowić jedynej merytorycznej podstawy rachunku kosztów logistyki w przedsiębiorstwie, coraz wyraźniej bowiem zarysowuje się potrzeba wdrażania dodatkowych, bardziej zaawansowanych systemów zarządzania kosztami w przedsiębiorstwie (B. Filipiak, s. 77).

5. Zastosowane nowoczesnych rachunków kosztów w logistyce

System ewidencji i rozliczania kosztów działalności przedsiębiorstwa, w tym kosztów logistyki, powinien zapewniać dane i informacje niezbędne do oceny opłacalności wytwarzanych wyrobów i usług, kosztów obsługi klientów oraz oceny ich rentowności, wyboru wyposażenia technicznego, dostawców czy też organizacji systemów logistycznych w przedsiębiorstwie. Pomimo rozwoju standardów rachunkowości w kierunku pełniejszej integracji rachunkowości finansowej i zarządczej wciąż w wielu przedsiębiorstwach wykorzystywany jest tradycyjny system ewidencji kosztów uwzględniający ich grupowanie w układzie rodzajowym oraz według miejsc powstawania kosztów (W. Janik 2012, s. 103). Tradycyjny rachunek kosztów jest jednakże mało przydatny do podnoszenia efektywności działań i procesów (Z. Karaś, 2010, s. 27). Umożliwia on bowiem uzyskanie odpowiedzi na pytania kto (np. dział zaopatrzenia), na co (np. materiały, robocizna), ile (po-

szczególne wartości kosztów pozycji rodzajowych) i kiedy poniósł koszty (okres ewidencji kosztów) nie wskazując na to, w jaki sposób koszty zostały poniesione, co ma wpływ na koszty i w jakim stopniu. W warunkach wzrastającej roli procesów około produkcyjnych oraz zmiany struktury kosztów wytwarzanych produktów istotne staje się zatem wdrożenie nowych modeli rachunków kosztów, użytecznych przy podejmowaniu decyzji w sferze zarządzania logistycznego. Jednym z takich rozwiązań jest rachunek kosztów działań (*Activity-Based Costing* – ABC). Rachunek ten wykorzystywany jest w rozliczaniu kosztów pośrednich. Zakłada on, że bezpośrednią przyczyną powstawania kosztów są działania, w ramach których zużywane są określone zasoby (materiały, praca, maszyny i urządzenia, powierzchnia produkcyjna). Wyroby i usługi stanowią natomiast pośrednią przyczynę kosztów. Zastosowanie rachunku kosztów działań wymaga identyfikacji kluczowych działań realizowanych w przedsiębiorstwie, określenia kosztów zasobów oraz ich rozliczenia za pomocą nośników zasobów na koszty działań. Ustalone w ten sposób koszty działań są rozliczane z wykorzystaniem nośników kosztów na obiekty kalkulacji. Zastosowanie rachunku kosztów działań wymaga odejścia od spojrzenia na przedsiębiorstwo jako organizację hierarchiczną na rzecz podejścia procesowego. Stąd też duża użyteczność tego rozwiązania w obszarze logistyki. Wynika ona z możliwości wyodrębnienia procesów logistycznych i działań oraz ustalenia ich kosztów w oparciu o zasoby wykorzystywane podczas ich realizacji.

Rachunek kosztów działań wspiera menedżerów w podejmowaniu decyzji logistycznych. Dostarcza bowiem wiarygodnych informacji o faktycznie poniesionych kosztach w związku realizacją działań i procesów logistycznych. Ponadto rachunek ABC wypełnia lukę w zakresie identyfikowania i ewidencjonowania kosztów typowo logistycznych. Ewidencja kosztowa w systemie rachunkowości finansowej nie zapewnia bowiem odpowiednich informacji w tym zakresie, ponieważ koszty logistyki zawierają się zarówno w kosztach pośrednich produkcyjnych i nieprodukcyjnych (B. Filipiak 2013 s. 82).

Właściwe wdrożenie i stosowanie rachunku kosztów działań może przynieść przedsiębiorstwu wymierne korzyści m.in. tj. (B. Filipiak 2013 s. 83):

- możliwość identyfikowania nieefektywnych decyzji logistycznych,
- możliwość wskazywania źródeł generujących koszty logistyki,
- odpowiednie planowanie zapotrzebowania i zużycia zasobów w poszczególnych świadczeniach oraz usługach logistycznych,
- wiarygodna kalkulacja kosztów wytworzenia, uwzględniająca wielowariantowość oraz kompleksowość procesów zachodzących w obszarze logistyki,
- możliwość ustalenia rentowności klientów i kanałów dystrybucji.

Implementacja i użytkowanie rachunku kosztów działań przysparza jednakże wielu problemów związanych m.in. z pozyskiwaniem danych dotyczących nośników zasobów oraz nośników kosztów działań. Ponadto rachunek ten w wersji tradycyjnej nie uwzględnia stopnia wykorzystania potencjału zasobów. Problemy

te w pewnym zakresie rozwiązuje rachunek kosztów działań sterowany czasem (Time-Driven Activity-Based Costing – TDABC). Rozwiązanie to upraszcza również proces kalkulacji kosztów poprzez bezpośrednie przypisanie kosztów zasobów do obiektów kalkulacji. Zastosowanie tego modelu wymaga określenia dwóch rodzajów stosunkowo łatwych do uzyskania wartości (G. K. Świdorska 2011, s. 313):

- kosztu jednostkowego dostarczanej dostępności – oszacowanie tego kosztu wymaga ustalenia kosztu różnych grup zasobów zaangażowanych w zestaw działań związanych z danym rodzajem działalności; oblicza się koszty wszystkich zasobów dotyczących jednego procesu, a następnie dzieli się je przez czas gotowości pracowników (praktyczny potencjał zasobów) wykonujących pracę, co umożliwia wygenerowanie informacji o koszcie na jednostkę czasu,
- czasu niezbędnego na przetworzenie danego rodzaju działania transakcyjnego – czas ten jest najczęściej określany przez kierownika danej jednostki m.in. w oparciu o bezpośrednie obserwacje pracowników w trakcie pracy. Ustalony w ten sposób standard czasu danego działania jest zazwyczaj konsultowany z pracownikami wykonującymi daną grupę czynności.

Rachunek kosztów działań sterowany czasem stanowi użyteczne narzędzie podejmowania decyzji w oparciu o informacje o kosztach działań logistycznych.

Stwarza on możliwość wykorzystania całkowitej czasochłonności danego działania do pomiaru różnic wynikających z odmiennych wariantów przebiegu procesów logistycznych. W rezultacie pozwala to na ocenę tych wariantów z uwzględnieniem parametrów czasu i kosztu oraz podejmowanie decyzji w zakresie poprawy efektywności procesów (M. Sobotka 2013, s. 19). Kalkulacja kosztów zasobów na jednostkę praktycznej zdolności produkcyjnej dostarcza lepszej jakościowo informacji o kosztach i efektywności realizowanych działań. Ponadto rachunek kosztów sterowany czasem umożliwia ustalenie wielkości i kosztów niewykorzystanych zasobów oraz podejmowanie decyzji odnośnie ograniczenia lub rozszerzenia potencjału zasobów przedsiębiorstwa (I. Sobańska 2009, s. 401).

Rachunek kosztów działań sterowanych czasem posiada wiele zalet, spośród których dużego znaczenia w obszarze logistyki nabierają (B. Filipiak 2013, s. 85):

- łatwość aktualizacji modelu w relacji do klasycznej koncepcji ABC,
- możliwość określenia poziomu nieefektywności dostępnych zasobów logistycznych,
- zwiększenie wiedzy na temat sprawności działań logistycznych,
- skupienie uwagi na ulepszaniu procesów i działań logistycznych, zamiast na redukcji ich kosztów.

Kolejny model rachunku kosztów, który znajduje swoje zastosowanie w procesach decyzyjnych w obszarze logistyki, to rachunek kosztów docelowych (*target costing*). Rachunek ten jest koncepcją pozwalającą przedsiębiorstwu koncentrować

się na zapewnieniu oczekiwanej przez klientów jakości oraz ceny oferowanych produktów przy jednoczesnym zachowaniu odpowiedniego poziomu zyskowności w całym ich cyklu życia. Zasadniczo rachunek kosztów docelowych jest wykorzystywany w działalności produkcyjnej. Jednakże koncepcja ta może być również stosowana w przedsiębiorstwach usługowych, w tym w przedsiębiorstwach świadczących usługi logistyczne. Zadaniem takiego rachunku jest wówczas ustalenie poziomu kosztu docelowego planowanej lub też świadczonej usługi. Może on również pełnić rolę kontrolującą czy oferta przedsiębiorstwa rozwijana jest zgodnie z założeniami i potrzebami rynku. Rachunek ten jest zatem narzędziem wspierającym menedżerów przy podejmowaniu decyzji logistycznych o wprowadzeniu bądź modyfikacji świadczonych usług. Zastosowanie rachunku kosztów docelowych w firmie logistycznej wymaga (B. Filipiak 2013, s. 87):

1. ustalenia docelowej ceny – jest to możliwa do uzyskania na rynku cena sprzedaży danej usługi logistycznej,
2. wyznaczenia docelowego zysku – w oparciu o ustaloną cenę docelową i planowaną wielkość sprzedaży wyznacza się poziom jednostkowego docelowego zysku zapewniającego osiągnięcie założonej rentowności sprzedaży usługi logistycznej,
3. ustalenia kosztu docelowego – jest on określany jako różnica pomiędzy docelową ceną sprzedaży a docelowym zyskiem jednostkowym,
4. ustalenie kosztu bieżącego usługi oraz rozbicie na funkcje i komponenty,
5. porównanie kosztu docelowego z kosztem bieżącym – jeśli koszt bieżący jest mniejszy bądź równy kosztowi docelowemu, wówczas należy podjąć decyzję o wprowadzeniu usługi logistycznej na rynek; jeśli natomiast koszt bieżący jest większy od kosztu docelowego wówczas należy szukać możliwości redukcji kosztów świadczenia usługi lub zrezygnować z jej wprowadzenia na rynek.

Podejście zaproponowane przez rachunek kosztów docelowych w zasadniczy sposób różni się od podejścia stosowanego w kalkulacji tradycyjnej opartej na formule „koszt plus”. Poziom kosztów w rachunku kosztów docelowych determinowany jest bowiem przez możliwą do osiągnięcia cenę oraz planowaną marżę, a decyzja o wprowadzaniu usługi może zostać podjęta dopiero wówczas, gdy przedsiębiorstwu uda się osiągnąć koszt docelowy (G.K. Świdarska 2008, s. 171). Do głównych zalet omawianego rachunku zaliczyć można: redukcję kosztów na wczesnym etapie projektowania, kontrolę nad specyfikacją usługi oraz sposobami jej świadczenia, poprawę zarządzania kosztami i efektywności kosztowej przedsiębiorstwa.

Dopełnieniem rachunku kosztów docelowych w logistyce jest rachunek kosztów ciągłego doskonalenia (*kaizen costing*). Rachunek ten koncentruje się na redukcji kosztu bieżącego w fazie produkcyjnej, czyli podczas świadczenia już określonej usługi, poprzez stałe wprowadzanie drobnych usprawnień. Redukcja kosztów osiągana w drodze wprowadzania zmian małymi krokami możliwa jest dzięki zaangażowaniu wszystkich

pracowników przedsiębiorstwa oraz zapewnieniu zespołom odpowiedzialnym za określone procesy odpowiednich informacji kosztowych, jak i przekazanie uprawnień do wprowadzania zmian w realizowanych działaniach. Znacząca użyteczność decyzyjna *kaizen costing* w logistyce występuje wówczas, gdy rachunek ten traktowany jest jako uzupełnienie rachunku kosztów docelowych (B. Filipiak 2013, s. 88). Zastosowanie rachunku kosztów docelowych, rachunku kosztów ciągłego doskonalenia oraz rachunku kosztów działań pozwala na kompleksowe podejście do podejmowania decyzji logistycznych w wymiarze długofalowym, co stwarza podstawy do odpowiedniego strategicznego zarządzania kosztami logistyki.

6. Zakończenie

Problematyka kosztów logistyki należy do zagadnień trudnych i złożonych. Wynika to m.in. z ograniczonej jedności procesów logistycznych oraz cech kosztów logistyki, tj.: rozproszenie wśród wielu grup kosztów przedsiębiorstwa, rozdzielanie odpowiedzialności za ich kształtowanie, zmienna wielkość w poszczególnych okresach, szeroki zakres rodzajowy, czy trudności z ustaleniem wielkości kosztów. Problemy związane z zarządzaniem kosztami logistyki pojawiają się już na etapie ich definiowania oraz późniejszej ich systematyzacji. Ponadto koszty logistyki charakteryzują się współzależnością co oznacza, że spadek kosztów w jednym z podsystemów może przyczynić się do wzrostu kosztów w całym systemie logistycznym. Sprawne zarządzanie kosztami logistyki wymaga więc m.in. identyfikacji działań pociągających za sobą powstanie kosztów logistyki oraz określenia poziomu i struktury kosztów. Odpowiednia ich agregacja oraz ujęcie w systemie rachunku kosztów w danym przedsiębiorstwie są niezbędne do określenia efektywności procesów logistycznych. Działania te pozwalają z kolei na identyfikację obszarów, w których koszty te są największe i wykazują tendencję wzrostową, co jest konieczne do szukania rozwiązań umożliwiających ich redukcję. Badanie i analiza kosztów za pomocą metod rachunku kosztów pozwalają zatem na ustalenie: związku kosztów z realizowanymi działaniami, procesami logistycznymi, związku kosztów z dysponowanymi zasobami, utrzymywanymi zapasami, stosowanymi materiałami oraz metodami pracy i stosowanymi procedurami zarządczymi, alokacji kosztów na ośrodki i miejsca powstawania kosztów, dynamiki i struktury kosztów oraz wielu innych zależności na poziomie strategicznym i operacyjnym (B. Śliwczyński 2007, s. 192). Jednakże tradycyjny rachunek kosztów dostosowany do potrzeb sprawozdawczości finansowej, zakładający funkcjonalne spojrzenie na przedsiębiorstwo, w niewystarczający sposób zabezpiecza potrzeby informacyjne menedżerów np. w zakresie informacji o kosztach klientów czy niewykorzystanego potencjału gospodarczego. Brakuje zatem wystarczającej informacji do tego, by koszty w pełni kontrolować i nimi zarządzać. Dlatego celowe staje w podmiotach

prowadzących działalność zdywersyfikowaną, w których poziom kosztów pośrednich jest wysoki i wykazuje tendencję wzrostową, rozważanie możliwości wdrożenia problemowych rachunków kosztów, które umożliwiają podnoszenie efektywności realizowanych procesów gospodarczych, w tym procesów logistycznych oraz wspierają proces podejmowania decyzji strategicznych w zakresie portfela produktowego, portfela klientów, kanałów dystrybucji i rynków oraz w zakresie wykorzystania potencjału produkcyjnego.

Literatura

- [1] Biernacki M., Kowalak R., *Rachunek kosztów logistyki w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, Wrocław, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, 2010.
- [2] *Controlling kosztów i rachunkowość zarządcza*, (red.) G.K. Świderska, Warszawa, Mac Consulting, 2011.
- [3] Janik W., *Zarządzanie operacyjne kosztami*, Lublin, Politechnika Lubelska, 2012.
- [4] Kuraś Z., *Zarządzanie kosztami w nowoczesnym przedsiębiorstwie*, Gdańsk, Studia Gdańskie, Tom VII, Wyd. Wyższej Gdańskiej Szkoły Humanistycznej, 2010.
- [5] *Rachunek kosztów. Podejście operacyjne i strategiczne*, (red.) I. Sobańska, Warszawa, C.H.Beck, 2009.
- [6] *Rachunek kosztów i rachunkowość zarządcza*, (red.) G.K. Świderska, Warszawa, Stowarzyszenie Księgowych, 2008.
- [7] Skoczylas K., *Koszty i controlling logistyki w przedsiębiorstwie*, Rzeszów, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2010.
- [8] Skowronek Cz., Sarjusz-Wolski Z., *Logistyka w przedsiębiorstwie*, Warszawa, PWE, 2008.
- [9] Skrodzka V., Marek R., *Rachunek kosztów logistyki*, Gdynia, Akademia Morska w Gdyni, 2010.
- [10] Sobotka M., *Optymalizacja procesów i redukcja kosztów w logistyce przy wykorzystaniu rachunku kosztów działań*, Logistyka nr 2, 2013.
- [11] Śliwczyński B., *Controlling w zarządzaniu logistyką*, Poznań, Wyższa Szkoła Logistyki, 2007.
- [12] Twaróg J., *Koszty logistyki przedsiębiorstw*, Poznań, Instytut Logistyki i Magazynowania, 2003.
- [13] *Wykorzystanie narzędzi rachunkowości w logistyce: doświadczenia przedsiębiorstw polskich, niemieckich i białoruskich*, (red.) B. Filipiak, Warszawa, Difin, Warszawa 2013.
- [14] *Zarządzanie kosztami jakości, logistyki, innowacji, ochrony środowiska a rachunkowość finansowa*, (red.) A. Karmańska, Warszawa, Difin, 2007.

Study of applicability of using the project management methodology PRINCE2 in the management of a specific project

Key words: *PRINCE2 methodology, specific project*

Abstract

PRINCE2 methodology is the second most popular project management methodology. The creators of the methodology indicate that it is possible to adapt it to manage any type of project. The study examined the possibility of applying the methodology to manage a specific project. The project involved the relocation of industrial facility. It was managed intuitively, without using any of the methods of project management. The presented case-study project demonstrates that management of the project of relocation industrial facility using PRINCE2 improve the effectiveness of management and could help to reduce its costs. However, the successful implementation of the methodology suffers from a number of limitations provided in the study.

1. Introduction

Today's companies operate in an unstable, volatile and constantly evolving business environment. Firms carrying out their activities in the form of projects in contemporary turbulent environment are additionally difficult task. Projects as a unique, one-off projects are not activities likely to give stable functioning of the organization. Companies based its activities on projects in their business should benefit from their respective project management methodologies. The aim of the study is to check on the basis of the study of a particular company and project capabilities of implementation PRINCE2 methodology for managing complex small project. PRINCE2 is one of the most popular project management methodology. The analyzed company does not use in managing projects any methodology. Ma-

nage them in an intuitive way, based on previous experience with similar projects. The method used in the study is a case study. The result should be proposing the company using of that methodology. The condition for the use of the methodology should be improving almost all areas of the organization and improve the governance of accomplished projects.

2. Characteristics of selected methods of project management

Project management is the field of management and as an independent discipline of science was established in the twentieth century. The science was created as a result of the need to improve the management of large military projects. The first project in which were used specific methods of project management was Manhattan project, which was implemented in the U.S. during World War II. It concerned the construction of an atomic bomb. The project was successful. Specific project management methods are the network methods. Project management uses many project management methodologies. Short characteristics of the most important project management methodologies is shown below.

2.1. PMBoK

Project Management Institute, created in 1987, the first formal project management methodology. This methodology is described in the PMBoK ® Guide (A Guide to Project Management Body of Knowledge) and operates under that name. The methodology includes a set of standards, solutions and practices in the field of project management. There is also a collection of the best, universally accepted practices, as well as a set of ethical principles that should follow the project manager. To date, the PMBoK methodology is the most common methodology in project management. In the U.S. the standard is approved by the American National Standards Institute (ANSI) as a national standard for project management. This standard is the basis for the development of corporate project management methodology. It consists of nine main areas of expertise:

1. Project integration management,
2. Range management,
3. Cost management,
4. Time management,
5. Quality management,
6. Human resource management,

7. Communication management,
8. Risk management,
9. Order management.

Project management is by PMI the application of skills, knowledge, tools and techniques in carrying out project requirements in the following processes: initiating, planning, execution, monitoring and closure of the project.

Application of the methodology PMBoK brings a number of benefits:

- for each process are set out in detail the information input, output information, and tools and techniques used to process them,
- methodology is accurate, and its use allows you to effectively manage the project,
- a key factor in the success of the project is experienced and competent manager who knows how to choose the most appropriate processes for a specific project,
- project manager has selected techniques in the following areas: scope, time, cost, quality and risk.

2.2. PCM

Project management using PCM (Project Cycle Management), was founded in Europe and based on methods developed previously in the USA. The immediate impulse to formation the method was to search for solutions by the European Commission that would allow the distribution of European Union funds in a transparent and logical way. The method would help to improve the quality of projects and increase the effectiveness of aid societies. The European Commission has launched work on the method in 1992. The method was called Project Cycle Management. PCM is now the official methodology for management of programs and projects, which are implemented using European funds. The main objective of methodology is to improve the management of external programs and projects of the European Union through the analysis of key issues and the aid programs. The way of planning and implementation of projects is a cycle, beginning with the agreed global strategy. Then arises the idea for an action that is developed, implemented it in form of project, and ultimately is evaluated.

Project management cycle in accordance with the PCM methodology consists of the following phases:

- The programming phase, is to define the key issues and opportunities of the project, as well as cooperation between the European Union program managers, and applicator for funding. The result of this phase should be a pre-selection of projects and programs to be carried out will contribute to social change, or improve the situation.

- The identification phase, is to verify all submitted projects for suitability and cost-effectiveness. Then, the selection is performed in accordance with established criteria. For some projects are carried out additional analyzes, for demonstrating their purpose. Are defined scope of the project, its size, and the actions that should come within its scope.
- The assessment phase consists in a detailed analysis of the idea and define the idea of the project. Are carried out financial analysis, technical, and environmental, compiled a plan and schedule of activities, and develops a logical framework. In this phase arranged a preliminary financial plan, required in subsequent phases.
- Phase financing is to make a final decision on the financing of the project. Compiles a detailed scope of the project and the associated costs.
- Implementation phase consists in the implementation of the project and its monitoring. Runs all the procedures, allowing for the efficient and effective conduct of the project, in part technical, technical, financial and legal.
- The evaluation phase consists in the summary of the project and determine its results, relevance, effectiveness and sustainability. Plans are compared with the results achieved project. During the completion of the project can identify the need for subsequent projects.

The phases are cyclically repeated, and the cycle is characterized by several common features:

- Determination of the most important decisions, needs and responsibilities in each phase,
- The progressive nature of the phases of the cycle, i.e., each phase must be completed to the next could be completed successfully,
- Basing on the evaluation cycle to be able to move the experience of projects for future projects or programs.

2.3. Agile Project Management

The term “agile” in the name of Agile Project Management is the ability to quickly adapt and to take unconventional measures. The name of the methodology can therefore be translated as adaptive project management. The methodology was developed in 1999 in the IT projects in the USA. Among the methodologies Agile Project Management, was created a new methodology with similar characteristics – Extreme Project Management (XPM) also used for IT project management, such as software development.

Assumptions of the methodology are as follows:

1. Iterative – a program is created in iterations. The result of each iteration is a certain version of the software. Only after meeting the objectives of the iteration there is planning the next stage.

2. Do not design in advance – it is not created the system architecture at the beginning, it is not known what architecture is best suited for solving a given problem.
3. Tests unit – the tests are formed at the beginning of the iteration. In this way, the key issues are included in the created software.
4. Continuous modification of architecture – the architecture of the system can be modified if it does not worsen the final effect, will remove errors and improve the functionality of the application.
5. Pair programming – the code is written in pairs. One worker writes the code, and the other is watching him, reports the amendments and concerns. Employees every few minutes change roles.
6. Constant contact with the customer – so that created software the best fit the needs of the customer of product.

2.4. PRINCE2^{*}

PRINCE2^{*} is the second most popular project management methodology. The methodology was developed in 1996 as a generic project management method, regardless of the field of application. It was established in the UK and has gained popularity around the world. The predecessor for PRINCE2^{*} method is PROMPT (Project Resource Management Planning Organisation Technique), as the methodology of IT projects. It was developed in 1975 by SIMPACT Systems Ltd. The methodology was enriched with quality management, and in 1983 it was called PROMPT II, it was introduced in the British government as a method of IT project management. In 1989, a new standard was published under the name – PRINCE (Project IN Controlled Environments). This standard was developed by a UK government agency Central Computer and Telecommunications Agency (CCTA). It was described as a set of best practice IT project management. The methodology is the property of the Government of the United Kingdom and it is updated by the Office of Government Commerce. In 2009, it was improved PRINCE2 methodology. Changes based on user reviews. The methodology gained more practical nature. There were introduced the clearly defined principles in accordance with which you can easily determine whether the methodology it be used in accordance with the assumptions. The methodology also gained less bureaucratic and less prescriptive character.

It is an approach to project management based on processes. It can be easily adapted to the individual needs of the organization. PRINCE2 is a recommended standard in the European Union. It is a methodology created specifically for the needs of the public administration, but is also used in private companies. PRINCE2 is the recommended standard implemented by all NATO structures.

The basic elements of the PRINCE2 methodology are as follows:

1. Principles (rules) – are the guiding precepts and good practices related to project management. There are seven principles, and these are: continuing validity of business, use of experience, defined roles and responsibilities, management of the stages, management using tolerance, focus on the products and adapt to the conditions of the project.
2. Topics – these are the areas of project management, in which they must operate during the entire project. There are seven themes: business case, plans, organization, progress, quality, risk and change.
3. Processes – they characterized the action steps during the project. During the processes are created : checklists, results of operations and related duties. The methodology is distinguished by seven processes: project preparation, strategic management of the project, initiating a project, controlling a stage, management providing products, managing the end of the stage, closing the project.
4. Adaptation of PRINCE2 to the project environment – it is a necessity to adapt the methodology to the specific objectives of the project.

3. The use of Prince2 methodology for project management of company relocation – the case study

The subject of analysis in the case study of a project of dismantling the production line, which will then be moved and assembled by the same company in another country.

3.1. Short characteristic of the company and the project

The company implementing the project is Polish company. It was founded over 20 years ago, has the legal form of a limited liability company. This is a company with international scope, having representative offices in many European countries and operating in these countries. The core business is the provision of assembly, disassembly and transport of complete sets of equipment, production lines or entire plants. Services are conducted in the form of separate projects.

The analyzed project was the dismantling of a large production line, its corresponding cover (packaging) and getting my to a place chosen by the customer. Implemented project was a small project, although complex. The size of the project team was 45 people. Members of the project team came from different countries, also outside Europe. Project managers were Poles. The project was implemented outside the Poland, but within the European Union.

Below is the organizational structure of the project team. The organizational structure of the project is linear. Employees are subject to their foremen and project management fulfils management functions and coordination. Project management is carried out by a team of five employees. The immediate realization of the project deals with thirty-six people and four foremen.

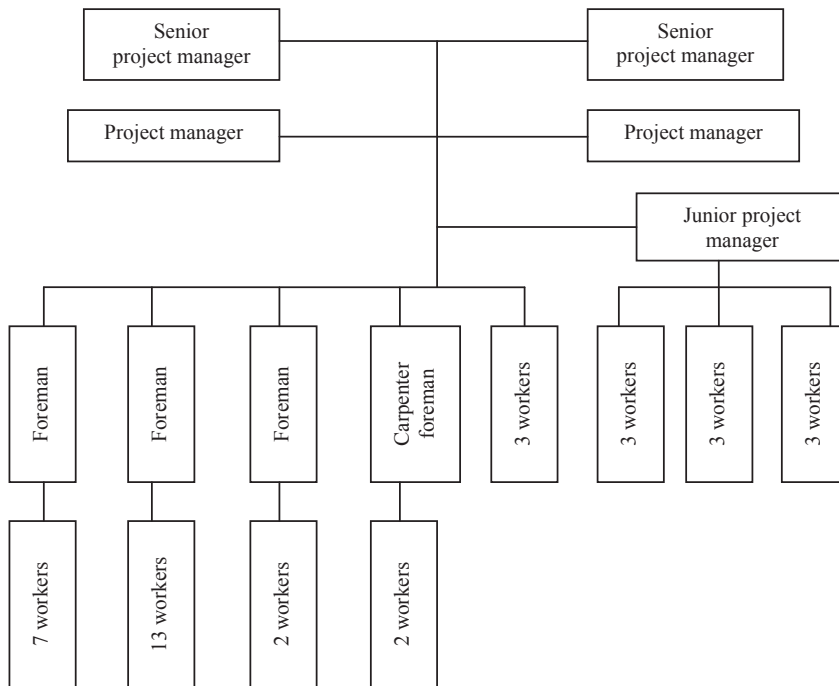


Fig. 1. *Organizational structure of the project team*

Source: own based on data from the company

The organizational structure of the project is linear. Employees are subject to their foremen and project management fulfils management functions and co-ordination. Project management is carried out by a team of five employees. The immediate realization of the project deals with thirty-six people and four foremen.

3.2. Study of the possibility of applying PRINCE2 methodology to manage a specific project – case study

Basing on the expectations of management of the enterprise it can be explained several features that would be desirable:

1. Minimisation of paper documentation. It means an emphasis on oral reports, and paper or electronic versions should be used only when necessary reporting to the Steering Committee (whose functions can perform the Management Board), or content can be used to learn from the experience of the implementation of future projects.
2. A general introduction the use of computer applications that could be the centre of planning and be a major help in the planning and adjustment in the project, because the industry is characterized by high volatility and uncertainty of actions.
3. In the reason of the international environment of project is necessary to conduct the project documentation in English. This applies especially to the documents available to both parties, or for communication.
4. Company managers are sceptical to implement project management methodologies. They consider it to be too bureaucratic and impractical when the actual work on the project. It is therefore necessary the proper and careful selection of management products that would improve the work of managers.

The following study of the possibility of implementing the methodology is based on the recommendations of the creators of the methodology and is not subject a practical evaluation. This is due to the fact that only provide a holistic implementation based on PRINCE2 allow to draw conclusions about the suitability of the methodology for managing this type of project.

To investigate the possibility of using PRINCE2 to manage a specific project it will be a reference of the project to the various elements of methodology and their components.

You should start from the principles that form the basis of the methodology and are not subject to adjustment.

Each relocation project carried out by the company has one basic characteristic: if it is profitable, has a strong business case. If by unforeseen events jeopardized by the deadline, you can make an extraordinary plan in the form of work in 3-shift or extension of the working day. But a huge role to perform are experienced managers who are at the stage of preparation of the draft estimate of its cost effectiveness, the necessary number of staff and the necessary equipment to use.

Years of experience is a significant asset to the company. Many employees are people with tens of years of experience in projects of industrial relocation. This knowledge is not to be underestimated. Beginning his career young managers need to start gaining experience virtually from scratch. No previous experience leads to many errors. With previous experience you can compare and apply experience from similar projects with the current. This allows you to avoid the repetition of erroneous decisions which may result in the loss or failure of the project.

Experiences with the management of previous projects should be used in the entire process of project management and managerial core product in this aspect

may be the final report of the project, in which an important part should be the report of the experiences.

The project team involved in the project of relocation is designed within dismantle, move, assemble industrial facility. The range is agreed in the contract with the contractor. In this type of projects involving blue-collar workers and managers. Every employee should be aware of the responsibilities. There is no need of writing job descriptions, if both managers and team leaders and employees will be informed about them verbally at the opening meeting of the project.

The implementation of a third principle (stage management) should be subject to the will of managers. This project was characterized by considerable complexity and, depending on the complexity of the management of the work you can enter two or more stages of management. However, in this particular case, the managers decided on one stage managerial and initiating step, which can be considered sufficient.

Before to the implementation of the project it should be established tolerances for appropriate parameters:

- Time. The final date for implementation has no tolerance, because it usually involves contractual penalties. It is however possible the assumption the implementation of 20% of the line dismantling in time.
- Cost. In connection with the adopted budget, it is possible to establish additional budget, which would be used in the event of unforeseen circumstances, such as significant adverse changes in the exchange rate of the country where the project is done, adverse weather conditions or the emergence of other circumstances to increase the scope of the project.
- Quality. It can set up security acceptable percentage of damaged containers.
- Range. The range can be changed in case of unforeseen changes in external conditions.
- Risk. There are many different types of risk, such as failure to meet the deadline overruns, failure to meet quality requirements.

In addition, control mechanisms must be established in the event of exceedances of the limits of tolerance and appoint a person having to measure parameters.

Another element of PRINCE2 are the topics. The most important issue in terms of relocation projects is the organization. It is the following adjustment:

- Combining the roles in the project is to help reduce the number of management staff. Note, however, that all roles must be defined. Is possible to do this without increasing the number of members of the project team. This may involve the redefinition, extension or change of duties some of the participants of the project team.
- Consolidation of the roles of the customer, the chairman and chief client.

- Taking over the role of oversight of the project by the steering committee.
- Project manager at such adjustment takes many side roles, such as project support and act as a team member.

Implementation of other topics relates mainly to simplify the operation reports, facilitating and structuring elements that are used, but do not have a clearly defined places and names.

A very important aspect of it may be appropriate introducing of the management products. After analyzing the methodology it seems appropriate to introduce a number of reports, but they may prove obstacle for managers.

The focus should be on the maximum simplification of forms of the management products. This can be solved by:

- Keeping in written form only two of the elements of management – project manager weekly report and final report.
- Other items may be available and stored in the form of electronic files.

Management products recommended by the authors of the adjustment methodology has the following form:

1. Documentation of initiating the project. It can be a standardized set of presentation slides. It may consist of the following elements:
 - Description of project objectives.
 - Business Case. This is a description of the reasons for initiating the project, present options to its implementation, the feasibility of each option and the specific reasons for the choice of options, along with the benefits of its use.
 - Risk management strategy
 - Quality management strategy
 - Configuration management strategy
 - Communication Management Strategy
 - Project Plan. It should be a simple schedule, e.g. in the form of a Gantt chart that defines the people involved in the production of the relevant products of the project, the term inspection and approval along with their milestones.
 - Plan review benefits
2. Weekly interim report
3. The final report of the project, whose elements are: a report of the project manager, a review of the business case, a review of the objectives of the project, review the effectiveness of the project team, the report experiences.

3.3. Evaluation of usefulness of the methodology in the project

PRINCE2 methodology provides a wide variety of opportunities and ways to manage the project. Do not rule out the use of specific project management techniques – networking techniques. The main advantage of the presented methodology

is its flexibility, i.e. the ability to adapt to different types of projects. The methodology contains many different elements that may initially create the impression of excessive bureaucratization. The existence of most of them is necessary to be able to manage the project in accordance with the PRINCE2 methodology, implementing them does not have to be time-consuming and cost-intensive. Expansion of product management products can be adapted to current needs and scale of the project.

Create project documentation specified fixed order, can bring huge benefits. It allows you to catalogue all the projects (the company realized many of them, often several at the same time) and, if necessary, allows you to compare multiple projects. It also provides the basis for efficient learning organization. This helps new employees become more familiar with the current achievements, successes and failures. This can also help in the efficient implementation of workers, mainly project managers.

Business Reality, however, often far from the simulations presented in this paper. It should be realized that the introduction of the presented solutions must be preceded by a reading of employees with the basic assumptions and the benefits that can be achieved through the introduction of the methodology. Without such knowledge, the creation of the standards may be a failure, and able to fulfil its obligations only extra work. Advocates of positive change can become project managers because they manage projects.

Work on implementations of the management system based on PRINCE2 methodology should start from the system of motivation of employees. It is placed in a prominent place content company mission to improve the identification of employees with the company. Important may be kept informed employees about the progress, problems or deadlines, which are currently the most important. The meeting, which would take place once a week does not slow down the work, and the identification of employees with current tasks can significantly increase. Issues arising during the work on the project should relate to each team member, because each of them entirely responsible for the success of the project. Increased sense of responsibility must be combined with a financial motivation. A proven solution in business practice is bonus system based for the timely completion of the project. Upon timely or early completion of the work, each team member receives financial gratification. You should monitor the proper use of resources, because it allows the improvement of motivation at work, often in extremely difficult conditions, far from their families and their country. The aim of such activities can become more complete identification with the company.

To sum up, it should be emphasized that the presented options for implementing PRINCE2 methodology may or may not need to bring tangible benefits to the business. Everything depends on the determination of the members of the project team, from the workers, and ending with the members of management. Benefits achieved with the implementation of the methodology and the planning system can be:

- Target shortening projects – achieved by streamlining the flow of information and the standardization process;
- Improving the governance of the project – each member of the team will know exactly what are the assumptions, will see the progress of the work and will know the key problems of realization;
- Increase employee motivation – working on the project, even for workers' position could become an interesting and profitable;
- Improving the flow of documents – reports the project has a simple form, it is easy to write and compare with others;
- All working people make a real project team;
- The ability to dynamically changes in the project plan using networking techniques – a large variation in the work is in such projects often encountered.

4. Conclusions

This study shows the possibility of implementation of PRINCE2 methodology to a project management involving a relocation of industrial facilities. It was used case study method of relocation particular industrial facility to assess the suitability of the chosen methodology in managing this type of projects. After analyzing the applicability of the various elements of project management methodology to be noted that the methodology PRINCE2 would improve the project management. The company does not use in their work any project management methodology. The application of the methodology could reduce the project team, both the management and the workers. Duration of the project could be shorter and easier would react to deviations from the deadlines for the various stages and activities.

It would improve the project management process itself, because its executives would have a better understanding of what has already been done and what should still perform. The motivation of employees to be improved, because knowing the details of the project they would feel more responsible for its implementation. On the other hand, they might be motivated financially for keeping or reducing the individual terms. It would facilitate the documentation of the project, which would improve the management and could serve to improve the planning of future similar projects. The introduction of network techniques would help in the dynamic response to any change in the conditions of the project. However, the introduction of methodology has its limitations mentioned in the article. The insertion methodology without taking into account these constraints does not guarantee success.

In summary, based on a case study of an industrial relocation project it seems reasonable to suggest the company application of PRINCE2 methodology to managing the projects, which the company performs in daily activities.

Bibliography

- [1] Buczkowska Teresa, *Zarządzanie projektami Project Management*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2012.
- [2] Meredith Jack R., Mantel Samuel J., *Project Management*, Wydawnictwo John Wiley & Sons, New York 2012.
- [3] Miedziński Bogdan, *Podstawy zarządzania projektami*, Oficyna Wydawniczo-Poligraficzna „Adam”, Warszawa 2012.
- [4] Office of Government Commerce, *PRINCE2 – skuteczne zarządzanie projektami*, Wydawnictwo TSO, Londyn 2009.
- [5] Stabryła Adam, *Zarządzanie projektami ekonomicznymi i organizacyjnymi*, PWE, Warszawa 2006.
- [6] Wyrwicka Magdalena K., *Zarządzanie projektami*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2011.
- [7] Zaskórski Piotr, Woźniak Jacek, Szwarc Krzysztof, Tomaszewski Łukasz, *Zarządzanie projektami w ujęciu systemowym*, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2013.

Jacek Dziwulski, Wiesław Harasim

The impact of cultural behavior management organizations

Keywords: *the organizational culture, management organization*

Abstract

The article presents selected concepts and approaches to organizational culture in business management. The paper shows trends in creating organizational behaviors. Then, an attempt to evaluate the organizational culture in organizations of the future was taken. At the end of the article authors presented an innovative organizational culture creation for the organization.

1. The origin and formation of organizational culture in the company

Thanks to globalization or competition the organizational culture is constantly evolving. It affects perceiving the image of the enterprise by market partners as well as customers. The original culture derives from the philosophy of the first founder of the company. Then it is passed to employees through tangible symbols, language, rituals, anecdotes. Managers create a common atmosphere, define the limits of what is good and what is not. New employees are chosen mostly with similar opinions to the organization.

The culture contains permanent elements, what makes it difficult to be changed. They are shaped for a few, or even several years. They have a deep-rooted values that employees are very attached to. The content and strength of culture influences the ethical climate of the organization and ethical behavior of its members. Fostering high ethical standards occurs only at the time when the organization has a culture of tolerance for risk, low aggressiveness, and especially focuses on both measures and targets. Managers' innovation and the desire to pursue the goals are also praised. A manager who wants the organizational culture to be more ethical, needs to keep the following in mind:

- presenting the high ethical level himself – his behavior would have a model role to be followed,
- dissemination of the organization's Code of Ethics, which he or she is at the head,
- workshops, seminars and programs that shape ethical behavior are necessary in the organization's work,
- rewarding individuals who present a high level of ethical behavior.

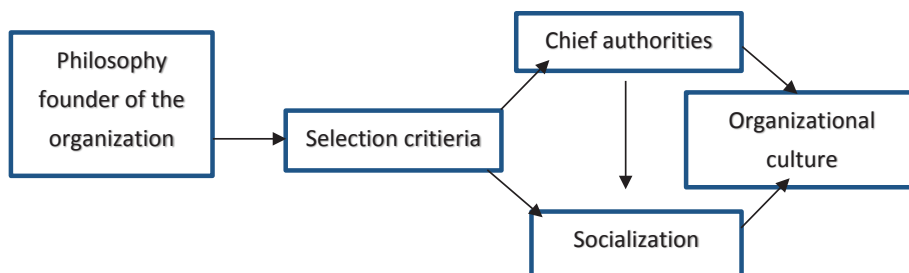


Chart 1. *The creation of organizational culture.*

Source: S.P. Robbins, Rules of behavior in the organization, Zysk and S-ka, Poznan 2000, p. 252.

Culture of the organization is formed especially by team leaders, mostly those who have had the influence on its shape from the very beginning. It is therefore important that employees see their ethically best part, because they often identify themselves with the leaders having a vision of their expectations and behavior. „Relativism of organizational culture stems from the objectives and means specific to individual companies, but also with the psychological selection criteria that prefers certain types of personality and intelligence of their employees. (...) The tradition is a source of ideology and custom, forming the base of a particular type of culture. (...). It is the permanent value of each company and the determinant of its effectiveness and originality” (J. F. Terelak 2005, p. 209 – 210).

Proper culture and ethics in organizations contribute to the proper management of the company, without the need of constant employees monitoring. The company should be managed with values that are promoted by leadership. The ethical power of managers should dominate this way. They are responsible for the morality and ethics of taken decisions on behalf of the organization. Their duty is to reach out the employees in such a way that the moral business idea was intended as the main objective at their work. Therefore, managerial positions should be occupied by not only well-educated people, but morally mature, still pursuing in their decisions to perfection.

The organizational culture of E. Schein is defined by fundamental assumptions that have been created within the organization. There are many definitions of organizational culture, from the psycho- sociological point of view, it is a system of norms, values that specifies the way the organization acts by the team.

The organizational culture of the company may consist of:

- **Patterns of thinking** – the values created in the company, which help employees to take appropriate choices. These patterns are standards of behavior that are conducive upon establishing new relations and maintaining positive relationships between staff. Standards are marked out by informal rules of conduct that are the foundation of social life in the institution.
- **Patterns of behavior** – this term conceals a number of attitudes that, in terms of social psychology, are called mental predispositions of human being to certain behaviors.
- **Symbols** – symbols may be the physical elements or business clothing, decorative elements that are characteristic to the organization. The symbol may be presented by language having the communicative role between co-workers, code words, mental shortcuts.

Organizational culture can be divided into three levels. The classification was made by famous researcher – Edgar Schnie (Cz. Sikorski 2002, p. 3).

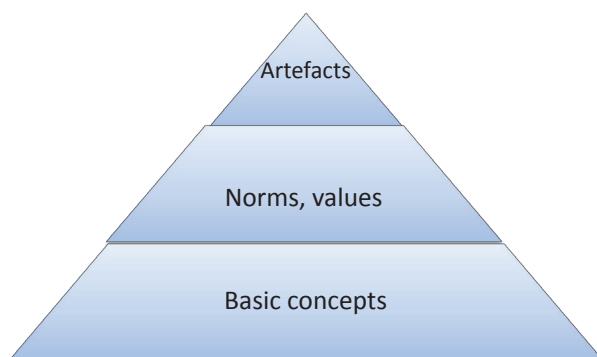


Chart 2. *Model of organizational culture by E. Schein*

Source: B. Nogalski, *Organizational culture and the spirit of the organization*, Publishing House of Organizational Center for the Advancement, Bydgoszcz 1998, p 108.

Each group creates a social system which operates at the workplace. To keep employees in the organization and make full use of their qualifications, and even they could themselves be effective, there is a need to create a positive culture to favour the productive work, performing tasks properly, sharing knowledge and information between colleagues.

Organizational culture is associated with communication, positive organizational culture that is the correct communication between employees, but also between employees and management. Such contacts build confidence, positive relationships, identify employees with the office and create a good image within the organization, and this is reflected in the image of the company from the external point of view. Employees identification is an important factor in the eyes of the employer. Positive culture affects the workers building new foundations for organizational capital (J. Low, P. C. Kalafut 2004, p. 151)

Organizational culture focused on knowledge should direct its efforts on knowledge generation and development. Charles Leadbarrer believes that each institution based on knowledge and being in a common correlation with the culture must have some features that will favour the generation of knowledge. That testifies to individual independence while teams should have a degree of freedom in order to generate new ideas, allow employees to demonstrate in the field of creative and innovative thinking. The organization already at the time of staff selection must determine the candidate's profile and set up exclusively for the acquisition of specialized individuals in predetermined competencies (Ch. Evans, 2005, p 54). Inside the company, behaviors that contribute to sharing knowledge, information among employees should be promoted. However, the institution must look to the future, all its actions should be oriented to its development as well as the development of its subordinates. Staff resources should be represented by capable, creative, with high knowledge and experienced people.

Organizational culture is to serve explaining and showing numerous indications of conduct function, but also help to understand the functioning of the institution in which they work. Such culture will provide an incentive to work, to motivate creative thinking, willingness to cooperate with the organization. It can provide a strong foundation for creating a strong, stable company taking into account the talented, educated workers constituting a strong team who work in a friendly atmosphere, thereby creating the image of the company inside it as well as outside its walls (J. Brdulak 2005, p 29).

2. Trends in the creation of organizational behaviors

The importance of organizational culture, values and vision of the organization increases with increasing share of services, intellectual capital and the increasing expectations of stakeholders. To pursue the objectives and tasks of the institution effectively there is a need to shape the behavior of individual actors within an organization and outside.

Henri Janne stands seven levers of acculturation (J. Brilman 2002, p. 78)

1. **Language** – the implementation of new procedures and management techniques introduces a particular vocabulary to the language of the organization. That causes the intervention of the fundamental basis of culture of the organization, and also its modification.
2. **Education** – training in the scope of new functioning and acting solutions. Family, church, show business, media, publishing, etc. participate in the process of socialization of the individual in the organization. Each of them has an impact on the organization through the implementation of its objectives.
3. **Propaganda** – communication between the organization and the customer. The most effective organizations care about the quality of communication, both for its content and form. Besides, they use all possible channels to transfer information. In the messages they stress the value of the organization.
4. **Causative forecasts, accelerating and disruptive** – vision and strategies creating. Employees expect management that they acted in the role of soothsayers. For this reason, the vision and its implementation are becoming one of the most important elements of modern management. Vision is the formula of ambition and hope of the institution.
5. **Normative expectations** – values, objectives, recognition of achievements, rewards and payment systems. Normative expectations are expressed by the organization through the design of information and IT systems, appropriate system for management processes monitoring, staff evaluation systems, bonus and rewarding employees systems. Indicators, targets and systems for the recognition and remuneration are designed to determine the direction of normative expectations.
6. **Fashion** – following the progress and fashion trends. Each fashion is the result of some innovative projects in an organization.
7. **Cultural patterns and models** – management, teams, effective organizations, organization's heroes. The following cultural models due to the level of their occurrence can be identified: a model of the team human, the human of the organization and the human of the nation. Following behaviors occurring in these models is one of the most important processes of acculturation.

By using the seven levers, presented above, one can advance a thesis that the organization will be seven times stronger and faster in action. All organizations, to survive in the conditions determined by the paradigms of the New Economy will be forced to introduce changes and innovation rapidly (W. Harasim, J. Dziwulski Siedlce 2011, p. 10-11).

Table 1. *The main trends of organizational culture changes.*

Yesterday and today	Today and tomorrow
Visionary has a great idea, but often unrealistic one. The concept of vision is a slightly pejorative. Vision combines primarily with ethical decision-making, determining the social role of the organization, making strategic decisions. The project of the organization relating to the processes of social communication streamlining. Vision rarely formulated. Vision developed by the management. Organizational culture is knowledge, but often the system of values that are sometimes expressed openly, but sometimes only implicitly. The field of little interest among directors. Acculturation, or cultural change is an education. Management: anticipating, organizing, ordering, controlling, etc.	Vision – specific, consistent idea of what the organization wants to be, it is often expressed in terms of goals, missions and tasks both marketable and ethical. Vision is connected to TQM (Total Quality Management), and is focused on satisfying customers, shareholders and other investors while respecting the ethics and behavior of the coherence with adopted strategy. The project of the organization has been replaced by a vision combining cultural issues (values and missions) and objectives (the concept of an organization, challenging tasks, the path of development), the principle of organizing the future. Vision is part of good governance. Vision is often developed through a process of consultation with the final stage of the Management decision. The concept of the learning organization, values often explicitly demonstrated, developing methods of management and technical resources. Acculturation or cultural change is a complex process involving education, indicators, wages, vision, etc. Management: anticipating, organizing, ordering, controlling, etc., but also creating or changing culture more and more often.

Source: Kuc B.R., *Perfect management. Looking for perspicacity*, PTM. Menagerial Publisher, Warsaw 2008.

Mc Kinsey's model of culture of "7S" organization assumes that:

- the strategy is a coherent beam of action, which is to lead the organization to the assumed position
- organizational structure is reflected in the organization chart and job descriptions,
- systems – these are processes and procedures that are necessary to perform the tasks and achieve objectives, taking into account technological systems,
- management styles or ways of managers behavior,
- staff (employees) these are people in the organization, showing strong points and weaknesses,
- shared values that are associated with organizational culture,
- skills and abilities determine the chances of achieving different levels by the organization (J. Szaban 2003, p.15 – 16).

The concepts of organizational culture:

1. Culture as a part of the primary whole. The Anglo-American researchers use the term corporate culture, which means that the organization has a culture of having one of its defining characteristics (ie, culture co-creates the organization).
2. The organization as a whole is considered to be the culture, and the organization is culture (J. Szaban 2003, p.11).

Table 2. *Variants of the dimensions of organizational culture by Kluckhohn-Strodtbeck*

Dimension	Variants		
Relation to the environment	Domination	Harmony	Subordination
Orientation in time	For the past	At the present	For the future
Human nature	Good	Mixed	Bad
Relation to the action	To exist	To supervise	To act
Responsibility	Unit	Group	Hierarchical
Space perception	Private	Mixed	Public

Source: Szaban J., *Soft management. With contemporary problems of people management.*, Ed. Kozminski Academy of Entrepreneurship and Management. Kozminski University, Warsaw 2003, p.19.

R.M. Kanter (R.M. Kanter 2002, p. 42) believes that in the era of markets and the development of information technology globalization the following elements are characteristic for organizational culture:

- the company's development strategy is not a rigid script, but it is based on improvisation and new innovations creation,

- organizational models need to be based on greater internal integration, hence there is no room for strong centralization and bureaucracy,
- building alliances is passing away, and in return, a wide network of co-operation is being created,
- using different motivational techniques to make the best employees not leave the organization.

In the literature the division of the organizational culture into three basic groups can be found:

- *Linearly-active cultures* – where management is focused on tasks with a high degree of commitment,
- *Multi-active cultures* – where management is focused on people,
- *Reactive cultures* – where dominance of orientation on power prevails, authority (R.D. Lewis, 1993).

Main features of cultures in the business world (R.R. Gesteland 2000, p. 131-133)

1. *Pro-partner cultures* – characteristics:
 - a) people are willing to do business with strangers,
 - b) first contact is established at the markets, trade missions, by a third parties and providing references,
 - c) proceeding to the interests, there is a need to create a climate of trust at meetings,
 - d) it is important to maintain harmony between people, avoiding conflicts and confrontation during the discussion,
 - e) negotiators are sensitive to the behavior of facial expressions,
 - f) slightly open, highly contextual way of expression is preferred not to offend anyone,
 - g) effective communication and problem-solving requires contacts face to face,
 - h) during negotiations lawyers are in the background,
 - i) while explaining disagreements it is important to depend on close relationships.
2. *Pro-transactional cultures* – characteristics:
 - a) openness to talk about business with new partners,
 - b) despite the introduction and references are always helpful, it is generally possible to contact with a potential partner in a direct way,
 - c) during the meeting after a few minutes of general conversation it is common to go into business,
 - d) when communicating, fully understanding each other has a high priority,
 - e) little attention is paid to facial expressions,
 - f) one should expect open, honest expression,
 - g) most cases are arranged by the phone, fax or email,
 - h) in case of disagreement, written contracts are introduced.

3. *Ceremonial and hierarchical cultures* – characteristics:
 - a) an important way of showing respect is formality in human relations,
 - b) the differences in social and professional status are prized,
 - c) the partners generally are addressed by their last name, prefixing them with the title,
 - d) the ceremonials of the protocol are numerous and complex.
4. *Non-ceremonial and egalitarian cultures* – characteristics:
 - a) non-ceremonial behaviors are not seen as disrespectful,
 - b) people feel embarrassed when they have to deal with significant differences in the social and professional status,
 - c) shortly after meeting most of the partners address one another by name,
 - d) there is little of formal rituals.
5. *Polychronic cultures* – characteristics:
 - a) people and good relationships between them are more important than punctuality and precisely fixed schedules,
 - b) schedules and deadlines are treated flexibly,
 - c) meetings are often interrupted.
6. *Monochronic cultures* – characteristics:
 - a) punctuality and schedules compliance are very important for people,
 - b) schedules and deadlines are rigid,
 - c) meetings are very rarely interrupted.
7. *Moderate cultures* – characteristics:
 - a) people like silence, speak quietly, and rarely interrupt one another, they feel better then,
 - b) here is a spatial distance, ie. with the exception of handshakes there are no contacts with touch,
 - c) constant watching each other's eyes is not present in this culture,
 - d) people do not use gesture and facial expressions.
8. *Expressive cultures* – characteristics:
 - a) people speak loudly, interrupt each other,
 - b) spatial distance does not occur, there are a lot of contacts by touch,
 - c) direct look into each others eyes during negotiation talks demonstrates the interest,
 - d) there is quite a lot of elements of facial expressions and gestures.

The organizational culture by E. Schein that is a system of shared beliefs and values, developing in the organization and directing its members behaviors (E.H. Schein 1990 and 1997).

Organizational culture is presented at two levels:

- visible culture,
- fundamental culture.

Visible culture these are the elements that can be noticed and heard when a person moves across the organization as a guest, client or employee. Cultural determinants of this type these are: workers' clothing, the distribution of their offices, behavior and conversations between them, the content of their conversations, the way they talk about their customers and how they treat them. Visible culture is also based on elements that help members of the organization share and reinforce the specific features identity of the organization.

- *Tales* – stories and narratives about the dramatic sagas and events in the life of the organization often repeated by members.
- *Heroes* – people who are paid special attention at and whose achievements have been recognized and admired by the members of the organization.
- *Ceremonies and rituals* – ceremonies and meetings, planned or unplanned, during which the important occasions are celebrated.
- *Symbols* – special ways of using language and non-verbal means of communication to forward important messages from the life of the organization (J.R. Schermerhorn 2008, p. 195 – 196).

Leadership in the organization is strongly linked with the creation of appropriate organizational culture. As the organization as a whole, each task group or team of employees has its own culture. The extent to which the organizational culture supports the effectiveness depends on how strong are the fundamental values of the whole team. At any level managers should promote values that meet the following conditions:

- relevance,
- universality,
- strength.

Features of multicultural organization:

- Pluralism – members of the organization ranked among majority as well as minority cultures have an impact on the determination of core values and principles of operation,
- Structural integration – members of the organization ranked among the minority cultures occupy an adequate number of positions at all levels of the hierarchy and in all functional areas,
- Integration of informal networks – the different types of groups supporting and mentoring help members of minority cultures in the course of their careers,
- Lack of prejudice and discrimination – various training activities and teamwork are carried out systematically to eliminate prejudices against other cultures,
- Minimum intergroup conflicts – diversity does not lead to destructive conflicts between majority and minority cultures (J. Van Maanen Van, E.H. Schein 1979).

Table 3. *Characteristics of the four types of company cultures.*

	Family	The Eiffel Tower	Controlled missile	Incubator
Relations between employees	The overall relations with a limited whole, with which you are associated.	Fragmentary role in the mechanical system of required interactions.	Fragmentary tasks in a cybernetic system, aimed on common goals.	The overall spontaneous relations created during a combined creative process.
Attitude towards authority	The status is assigned to main figures that are close and hold full authority.	Status is assigned to primary roles that are distant but all-powerful.	Status is achieved by the team members who contribute to the achievement of pursued objective.	Status is achieved by the individuals being an example of creativity and development.
Ways of thinking and learning	Intuitive, holistic, lateral and repairing mistakes.	Logical, analytical, vertical and reasonably effective.	Focused on the problem, professional, practical, interdisciplinary.	Process-oriented, creative, ad hoc, inspiring.
The attitude towards employees	Members of the family.	Human Resources.	Specialists and experts.	Contributors.
Methods for changing	,Father' changes the course.	Changing the rules and procedures.	Changing the approach while the target is moving.	Improvisation and adjusting.
Ways to motivate and reward	Personal satisfaction of being loved and respected. Management by objects.	Promotion to a higher position, a more significant role. Management by job description.	Wage or recognition for effects and solved problems. Management by objectives.	Participation in the process of creating a new reality. Management by enthusiasm.
Criticism and conflict resolving	Turn the other cheek, protect others from losing face, do not lose the race for authority.	Irrationality is assigned to critique, unless there are appropriate procedures for the amicable problems solutions.	Constructive criticism only concerning the task, then admitting a mistake and fast correction.	Criticism must improve creative idea, not deny it.

Source: F. Trompenaars, Hampden – Turner, Ch., *Seven dimensions of culture. The importance of cultural differences in business*, Economic Publishing, Cracow, 2002, p. 211.

The above table refers to the four models of organizational culture in the company. Employees working in each of them differently relate to each other, have different views on management, differently think, learn and make changes, they are granted other motivating prizes and their approach to criticism as well as the way to resolve conflicts are different. Most companies of the guided missile type are settled in the United States and Great Britain, and most family businesses can be found in France and Spain. Sweden excels when it comes to business incubators, and Germany – in terms of the Eiffel towers.

This should be interpreted with caution, since smaller companies, no matter where they operate, they take the family functioning model or incubator. Big companies requiring the structure to ensure consistency, often choose the model of the Eiffel Tower or guided missile.

3. Evaluation of organizational culture in the organization of the future

F. Trompenaars and Ch. Hampden – Turner (F. Trompenaars and Ch. Hampden – Turner 2002, p. 13-23) do not agree with the theory that economic globalization will lead to the development of one culture common to the whole world.

They believe that the key to the organization's success is understanding of their own culture and our expectations for how other people should think and act. To better understand the cultural factors there is a need to consider seven dimensions of culture:

1. Relationship to the ethical, legal and arising from interpersonal commitments principles (universalism vs particularism).
2. The attitude towards the individual and the group (individualism vs collectivism).
3. The way of behavior (self-restraint vs emotionality).
4. The perception of the world (segmentation vs total).
5. The method of determining social status (achievement vs attribution).
6. Relation to the time.
7. Relation to the environment.

Culture of an organization is defined in several different ways:

- *Organizational culture as the organization itself.* Some researchers found that organizations form miniature societies that have distinct models of cultures and subcultures. Organizational culture in this sense includes behaviour models of members of the organization, the structure of management and communication systems as well as values, norms and cultural models.
- *Organizational culture as one of the general cultures.* Organizational culture is one of the general cultures, just as the nation's culture, the culture of the region, etc. Cultural ties, values, norms and models from different cultures

can intermingle and influence one another. The impact of various cultures can be different, but the strongest one is the national culture.

- *Organizational culture as a social “rules of the game”.* Organizational culture was defined by its formal and informal elements. P.M. Blau pointed to a group of unwritten factors of the social “rule of the game” of an organization that enable participants to better understand and identify with the organization.
- *Organizational culture as the “identity” of the organization.* Identity of an organization is formed by the set of attributes, that is collective acting and the logic distinguishing it from others. In the time perspective it allows the organization to maintain the continuity of its operations and is also the source of identification for its members. Identity is shaped by organizational leaders. The internal and external image of the organization is emphasised.
- *Organizational culture as a philosophy of the organization.* Each organization has its own set of existential assumptions, shared by the employees and for the vision of the organization and its stakeholders. Philosophy has an impact on the perception of the members of the organization and shapes the strategy, structure and social processes.
- *Organizational culture as a system of acceptable basic meanings or values.* C. Geertz (C. Geertz 1975, p. 5) defines culture as a network of meanings woven by man. Smircich L. (L. Smircich 1983, p. 160-172) emphasizes the need to study the organizational according to culture of the network of meanings. H. Schenplein (H. Schenplein 1988) defines organizational culture as the values, norms and beliefs widely accepted in the organization and forming the system. E.H. Schein (E.H. Schein 1985, p. 9) talks about organizational culture as “a learned product of group experience”.
- *Organizational culture as models and patterns of behavior* (L. Sulkowski 2002, p. 54-57). E. Jacque argues that organizational culture is the usual way of thinking and acting, shared and assimilated by the number of employees and potential candidates for the employees.

In addition to the organizational culture, the identity of the company is an important part of it. The following statements that indicate the need to distinguish between the level of organizational culture and individual identity can be specified:

1. No one is a typical member of its national or organizational culture.
2. No one is a member of one, isolated group. However, the identity is determined in relation to other groups.
3. No-one is given their identity in complete and unchanged form.
4. No culture is completely closed, uniform, integrated and unchanged.
5. Every culture has a procedural character.
6. In every culture in the process of values transmission, particularly norms and models transmission, it comes to transformation and change (L. Sulkowski 2002, p 60).

Table 4. *Typology of culture research in the organization and management theory due to assumptions about culture and its role in the surrounding reality.*

Culture as an independent variable	Culture as an internal variable	Culture as a native metaphor
Intercultural Management National management styles. Similarities and differences in management in different countries. Association of efficiency and national culture. The globalization of culture.	Corporate Culture Managing corporate culture. Association of efficiency and organizational culture. Changes and classifications of organizational cultures.	Cognitive approach Organization as a cognitive enterprise. Symbolic approach Organization – symbolic discourse. Dramaturgical approach People as actors of the organization. The organization is treated as a theater. Interpretative approach Organizational reality as an intentional construct of consciousness. Psychodynamic approach Exploring organization as a form of human expression.
Functionalism		Non-functional paradigms

Source: L. Sulkowski, *Cultural changeability of an organization*, PWE, Warsaw 2002, p. 166, Kostera M., *Postmodernism in management*, PWE, Warsaw 1996, p. 63.

Eleven indicators of organizational culture:

1. Mythology, stories, heroes and standards.
2. Stereotypes and subcultures.
3. The degree of formalization.
4. The degree of familism.
5. Management style, degree of participation and type of employees socialization.
6. The degree of centralization and the image of the organization's management (indirect pointer).

7. Features of the organizational structure and the mobility of workers (indirect pointer).
8. Objectives and strategy of the organization (indirect pointer).
9. The methods of making changes in the organization (indirect pointer).
10. Channels and means of communication in the organization.
11. Approach to human resources – selection, motivating and staff development (indirect indicator) (L. Sulkowski, 2002, p. 76).

Table 5. *Types of organizational cultures and examples of people management.*

Types of organizational cultures	Ways of human resources management		
	Recruitment	Motivating	Development
Knight army Looking for qualified individuals, only executives.		Managers reward individual employees.	Training managers in specific domains.
Tenants	Recruitment of skilled and highly competitive individuals.	Mechanisms of rewarding the best (reward rules).	Self-improvement, limited internal training in specific areas.
Conquistadors army	Leader is looking for potential supporters, the key is determination and motivation to work.	Commitment and loyalty to the leader are rewarded.	Education is a process of integration around the person of the leader.
Common move	Self-recruitment – most interested can start work.	Mechanisms to reward and consequently selection (the weakest do not earn).	Self-education, limited specialist training.
Janissaries army	Recruitment of people who are susceptible to discipline and loyalty.	Rewarding by bureaucratic regulations.	Strong, indoctrination, and build loyalty training.
Revolutionaries	Recruitment of people susceptible to missionary activity.	Self-rewarding and consequently the selection (the weakest do not earn).	Indoctrination training, network promotion mechanisms.
Army of the prince	Recruitment of people people who want to work in a strong and loyal team.	Commitment and loyalty to the group are rewarded.	Integration trainings, centered around senior executives.
Partisans	Recruitment of people who adhere to the idea and want to implement it as a team.	Commitment and loyalty to the group and ideas are rewarded.	Integration and indoctrination training include managers and professionals.

Source: L. Sulkowski, *Cultural changeability of an organization*, PWE, Warsaw 2002, p. 166, Kostera M., *Postmodernism in management*, PWE, Warsaw 1996, p. 86 – 87

4. Creating an innovative company culture

In the future there will be created a new, global and uniform organizational culture that will be characterized by:

- relativization of values and cultural norms (previously considered only for the purpose of local cultures),
- standardization of values and practices,
- loss of meaning and specificity of national values,
- standardization of communication (L. Sulkowski 2002, p. 151).

Global culture is disseminated through the following mechanisms:

- transnational corporations,
- global financial markets,
- unified mass communication,
- patterns of management '*on best way*'.

Organizational culture fulfils five functions:

- integrational,
- perceptual,
- adaptive,
- broadcasting the identity,
- stimulating organizational change (Cz. Sikorski 1990, p. 13-16).

The integrational function of organizational culture by P. Bate is a culture understood as a social "glue" keeping the organization as a whole. The "glue" is a participation in the organization, which is manifested in the completion and acceptance of common goals, values, norms and customs. E.H. Schein lists six groups of factors that allow you to assess the degree of cultural integration of the staff:

- a common language based on similar, understood conceptual categories, on its own vocabulary,
- determining the border for a group, separating it from the environment,
- creation of an internal hierarchy and principles of social stratification within the group,
- strengthening the principles, rules and rituals governing relations between members of the group,
- agreement on a system of rewards and punishments,
- adoption of a common ideology that allows to justify the attitude of group members towards the organization and the rules adopted by itself (E.H. Schein 1985, p. 50).

Perceptual function is a way of perceiving reality, environment, organization, and oneself by members of the organization. A.M. Pettigrew (A.M. Pettigrew 1979) defines organizational culture by reference to perceptual function as a system of collectively accepted meanings, understandable for a group at a particular time. This function can be a perception of organizational reality and

the environment through the prism of cognitive filters and stereotypes common to the members of the organization.

The adaptive function involves the elaboration of scenarios of behavior in certain situations due to the perception of organizational reality and the environment as relatively stable elements. E.H. Schein talks about the adaptive function as a binder of working group. Organizational culture enables employees identification with the organization through building the consensus. Elements of consensus by Schein:

- vision, mission and strategy,
- objectives of the organization, on one hand lead to the execution of the mission but on the other hand interests of workers are taken into account,
- measures to achieve the objectives, such as the management system, model of decision-making, labor division, technology, etc.
- criteria for evaluating the performance of the organization, along with folded strategies, methods and tools for correcting actions.

Giving the identity to the organization is linked with the establishment of a common, coherent image of the organization, a sense of community among its participants.

Organizational culture becomes a catalyst and the tool for *organizational change*. Shaping the organizational culture is related to changes that occur in the environment of the organization, particularly in the competitive sector. E.H. Schein lists several possible negative effects of any change to the culture that have the impact on other elements of the organization:

1. Limiting the possibilities of implementing new strategies – assumptions of current culture are in contradiction with the assumptions of the new strategy.
2. Problems arising in mergers and acquisitions situations – different cultural values.
3. The difficulties associated with the implementation of new solutions in the sphere of organization, technology and organizational structure.
4. Intergroup conflicts generation – strengthening the counter-cultures or subcultures.
5. Problems with communication system – different perspectives of the organization subcultures.
6. Difficulties with the assimilation of new employees in the organization.
7. Reducing the efficiency of the work by new cultural norms that reduce the efficiency and effectiveness of employees (E.H. Schein 1985, p. 30-44).

T. Kelley (T. Kelley 2010, p. 125 – 128) claims that you need to be able to create and maintain an innovative organizational culture to gain the ability to permanently overtake the competition in everyday activities. If as an organization we are able to create evocative visualization of the future, then our partners (suppliers, distributors and consultants), and our customers can help us realize our vision.

The methodology of creating innovative organizational culture can be summarized in five steps:

1. Understanding the market, customer and technology along with all possible constraints.
2. Observation of specific people in specific situations.
3. The idea of new products or services, together with people using them.
4. Evaluation and improvement of prototypes.
5. Introducing a new product to the market.

In most companies, innovation begins with the teams, and these are created by individuals. T. Kelley (T. Kelley 2010, p. 128 – 131) proposes eight crazy forms of great teams:

- *visionary* – a person who imagines the future, inspires devotion and enthusiasm for work,
- *guy for trouble* – the person who does not tolerate fools and cuts unnecessary discussions in the group. He is able to cope with any situation and is a specialist in solving any problems.
- *iconoclast* – a person who questions the status quo. He or she does not share all the views on teamwork and innovation but has an amazing ability to detect the major trends and strategic allies.
- *pulse researcher* – the person who inspires designers and engineers in the company, showing them often overlooked images and models of behavior of ordinary and extraordinary people.
- *craftsman* – leaving the freedom for people creating new solutions, in order to have an open mind.
- *technologist* – a person who has knowledge about complex materials, equipment and technologies. Also is able to solve Byzantine problems or show secret source of information.
- *entrepreneur* – a person who is brilliant and willing to innovate. Constantly experimenting with fast brainstorming, developing prototypes and innovations communication. He or she is a master of technology process and an extraordinary leader of the brainstorming session.
- *transvestite* – a person who is self-taught and enthusiastic, with a very strong self motivation. Main characteristics of such persons are: energy, abilities and personality.

Literature

- [1] Brdulak J., *Zarządzanie wiedzą, a proces innowacji produktu*, Warszawa, Szkoła Główna Handlowa, 2005.
- [2] Brilman J., *Nowoczesne koncepcje i metody zarządzania*, Warszawa, PWE, 2002.

- [3] Evans Ch., *Zarządzanie wiedzą*, Warszawa, PWE, 2005.
- [4] Geertz C., *The Interpretation of Cultures*, London 1975.
- [5] Gesteland R.R., *Różnice kulturowe a zachowania w biznesie*, Warszawa, Wyd. Naukowe PWN, 2000.
- [6] Harasim W., Dziwulski J., *Human Capital Management in organisation of the future*. [W:] *Competitive and cooperative business strategies for efficient outcomes in different markets – internal organizational drivers*, edited by Wioletta Wereda & Sylwia Starnawska, Siedlce, Siedlce University of Natural Sciences and Humanities, 2011.
- [7] Kanter R.M., *How to be a leader in the times of uncertainty?*, "Master Business Administration" 2002, nr 2.
- [8] Kelley T., *Sztuka innowacji. Lekcja kreatywności z doświadczeń czołowej amerykańskiej firmy projektowej*, Warszawa, Klasyka biznesu, New Media s.r.l., 2010.
- [9] Kostera M., *Postmodernizm w zarządzaniu*, Warszawa, PWE, 1996.
- [10] Kuc B.R., *Zarządzanie doskonale. Poszukiwanie przenikliwości*, Warszawa, PTM. Wyd. Menedżerskie, 2008.
- [11] Lewis R.D., *When Cultures Collide: Managing Successfully Across Cultures*, London, Nicholas Brealey, 1993.
- [12] Low J., Kalafut P.C., *Niematerialne wartości firmy*, Kraków, Oficyna Ekonomiczna, 2004.
- [13] Maanen Van J., Schein E.H., *Toward a Theory of Socialization*. [W:] *Research in Organizational Behavior*, ed. B.M. Staw, JAI Press, Greenwich, CT 1979.
- [14] Nogalski B., *Kultura organizacyjna a duch organizacji*, Bydgoszcz, Oficyna Wydawnicza Ośrodka Postępu Organizacyjnego, 1998.
- [15] Pettigrew A.M., *On Studying Organizational Culture*, "Administrative Science Quarterly", December 1979.
- [16] Robbins S.P., *Zasady zachowania w organizacji*, Poznań, Zys i S-ka, 2000.
- [17] Schein E.H., *Organizational Culture and Leadership*, ed. 2, Addison-Wesley, Reading, MA, 1997.
- [18] Schein E.H., *Organizational Culture and Leadership*, San Francisco, Jossey-Bass, 1985.
- [19] Schein E.H., *Organizational Culture*, "American Psychologist" 1990, No. 45.
- [20] Schenplein H., *Kultura przedsiębiorstwa i jej rozwój*, „Organizacja i Kierownictwo” 1988, nr 7/8.
- [21] Schermerhorn J.R., *Zarządzanie. Kluczowe koncepcje*, Warszawa, PWE, 2008.
- [22] Sikorki Cz., *Kultura organizacyjna*, Warszawa, Wydawnictwo C.H Beck, 2002.
- [23] Sikorski Cz., *Kultura organizacyjna w instytucji*, Łódź, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, 1990.

- [24] Smircich L., *Studying Organizations as Cultures*. [W:] *Beyond Method Strategies for Social Research*, pod red. G. Morgan, Beverly Hills Sage Publications, 1983.
- [25] Sułkowski Ł., *Kulturowa zmienność organizacji*, Warszawa, PWE, 2002.
- [26] Szaban J., *Miękkie zarządzanie. Ze współczesnych problemów zarządzania ludźmi*, Warszawa, Wyd. Wyższej Szkoły Przedsiębiorczości i Zarządzania im. Leona Koźmińskiego, 2003.
- [27] Terelak J.F., *Psychologia organizacji i zarządzania*, Warszawa, Centrum Doradztwa i Informacji Difin, 2005.
- [28] Trompenaars F., Hampden – Turner Ch., *Siedem wymiarów kultury. Znaczenie różnic kulturowych w działalności gospodarczej*, Kraków, Oficyna Ekonomiczna, 2002.

