

Małgorzata BARAN¹
Justyna STECKO²

SYMULACYJNY MODEL GOSPODARKI - PRZYPADEK PRZEDSIĘBIORSTWA FOTOSYSTEM

Artykuł związany jest z systemem gospodarki materiałowej w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Początkowo wytłumaczono istotę gospodarki materiałowej, która stanowi jeden z kluczowych procesów wchodzących w skład działalności podstawowej przedsiębiorstwa produkcyjnego. Wskazano i krótko scharakteryzowano najważniejsze procesy magazynowe powiązane bezpośrednio z gospodarką materiałową. Następnie przedstawiono profil działalności przedsiębiorstwa produkcyjnego Fotosystem, w którym przeprowadzono badania mające na celu praktyczne zapoznanie się z systemem gospodarki materiałowej w przedsiębiorstwie. Dzięki temu wskazano zmienne i stałe budujące symulacyjny model systemu gospodarki materiałowej w przedsiębiorstwie. Model symulacyjny opracowano w konwencji metody dynamiki systemów, pozwalającej na przedstawianie procesów zachodzących w systemach (jakimi są również przedsiębiorstwa) zarówno w aspekcie ilościowym, jak i pod kątem analizy dynamiki ich zachowania. Wykorzystano tu oprogramowanie Vensim[®] DSS. Przedstawiono postać graficzną modelu oraz zdefiniowano zmienne i wartości stałych modelu. W kolejnym kroku przeprowadzono symulację modelu. Przyjmując dany krok symulacji przedstawiono przebiegi zmiennych akumulacyjnych modelu. Dokonując analizy przebiegów tych zmiennych wytłumaczono ich odmienne zachowanie. W podsumowaniu odniesiono się do korzyści, jakie mogą płynąć dla przedsiębiorstw, wynikających z korzystania z przedstawionego modelu oraz wskazano kierunki testów związanych z weryfikacją założonych strategii zarządzania gospodarką materiałową w przedsiębiorstwie produkcyjnym.

Artykuł nawiązuje także do najnowocześniejszej koncepcji współczesnego zarządzania – do zarządzania procesowego w organizacji. Modelowanie procesów zachodzących w przedsiębiorstwie stanowi jeden z elementów całościowej struktury zarządzania procesami. Pozwala ono, między innymi, na identyfikację poszczególnych działań składających się na dany proces, graficzne przedstawienie ich kolejności, ogólną analizę procesu, wskazanie zasobów niezbędnych do jego realizacji oraz wyeliminowanie działań nie wnoszących wartości do danego procesu.

Słowa kluczowe: symulacyjny model gospodarki materiałowej, metoda dynamiki systemów, zarządzanie procesowe

1. WPROWADZENIE

Modelowanie procesów przebiegających w organizacjach wiąże się z nowoczesnym podejściem do zarządzania – podejściem procesowym³. Jak twierdzi Bitkowska, to

¹Dr inż. Małgorzata Baran, Zakład Ekonomii i Podstaw Zarządzania, Wydział Prawa i Administracji, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Grunwaldzka 13, 35-068 Rzeszów, tel. 017 872 15 10, autor korespondencyjny: margaritabaran@gmail.com

²Dr Justyna Stecko, Zakład Nauk Humanistycznych, Wydział Zarządzania, Politechnika Rzeszowska, ul. Poznańska 1, 35-084 Rzeszów, tel. 017 8651204, e-mail: jstecko@prz.edu.pl.

właśnie paradygmat myślenia procesami dokonał skokowych zmian w naukach o zarządzaniu w ostatnich latach⁴. Obecnie przechodzi się od myślenia strukturalnego do myślenia procesowego. Organizacje (w tym przedsiębiorstwa) ewoluują z poziomu statycznego na coraz wyższe poziomy dynamiczne. Całościowa koncepcja zarządzania procesami obejmuje takie etapy, jak: identyfikacja procesów, modelowanie procesów, wdrażanie procesów oraz controlling procesów.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie symulacyjnego modelu gospodarki materiałowej, opracowanego dla przedsiębiorstwa Fotosystem⁵, na którym przedsiębiorstwo może przeprowadzać szereg testów i strategii działania związanych z racjonalnym gospodarowaniem surowcami niezbędnymi do produkcji. Model zawiera najważniejsze przepływy fizyczne i informacyjne związane z gospodarką materiałową w badanym przedsiębiorstwie wraz z regułami decyzyjnymi, które nimi kierują. Model zbudowano w konwencji metody dynamiki systemów. Dane empiryczne niezbędne do modelu (czyli poszczególne zmienne i stałe oraz wartości tych stałych) zebrano w badanym przedsiębiorstwie. Badania przyjęły formę pogłębionych wywiadów z kierownictwem przedsiębiorstwa, obserwacji procesów wchodzących w skład gospodarki materiałowej oraz analizy materiałów źródłowych.

Podstawą do opracowania modelu był model przedstawiony przez Stermana⁶. Model ten został przez autorów rozbudowany o kolejną część (związaną z surowcami B) oraz dostosowany do realiów działalności badanego przedsiębiorstwa.

2. GOSPODARKA MATERIAŁOWA W PRZEDSIĘBIORSTWIE

Wśród różnych aktywności, jakie przejawia każde przedsiębiorstwo, jedną z najważniejszych stanowi jego działalność podstawowa. Działalność podstawową przedsiębiorstwa produkcyjnego można określić jako szereg czynności niezbędnych do wykonania dóbr, będących przedmiotem sprzedaży i stanowiących źródło przychodów niezbędnych do finansowania kosztów funkcjonowania i rozwoju tego przedsiębiorstwa. Podstawowym elementem ustalenia działalności podstawowej jest wybór: co produkować, ile produkować i dla kogo produkować – wiąże się to z jednoznacznym określeniem profilu asortymentowego i rozmiarów działalności. Po tych ustaleniach następuje koncepcyjne opracowanie zamierzonej działalności (nazywane inaczej przygotowaniem produkcji), zapewnienie przyszłej produkcji odpowiednich materiałów do przetworzenia (czyli przedmiotów pracy), wyposażenia produkcyjnego (środków pracy) oraz siły roboczej. Kolejnym krokiem jest zorganizowanie produkcji wraz z zapewnieniem

³ Zob. m.in. M. Romanowska, M. Trocki, *Podejście procesowe w zarządzaniu*, t. 1, SGH, Warszawa 2004;

P. Grajewski, *Procesowe zarządzanie organizacją*, PWE, Warszawa 2012; P. Grajewski, *Organizacja procesowa*, PWE, Warszawa 2007; A. Bitkowska, *Zarządzanie procesami biznesowymi w przedsiębiorstwie*, VIZJA PRESS&IT, Warszawa 2009.

⁴ A. Bitkowska, *op. cit.*, s. 11.

⁵ Na prośbę kierownictwa nazwa przedsiębiorstwa została zmieniona.

⁶ J. Sterman, *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, Irwin McGraw-Hill, Boston 2000, s. 727.

ekonomicznej racjonalności realizowanych procesów produkcyjnych oraz dopilnowanie prawidłowego przebiegu jej wykonania⁷.

Przygotowanie produkcji związane jest z czynnościami umożliwiającymi sprawny przebieg procesu wytwórczego. Literatura przedmiotu wskazuje na trzy podstawowe elementy przygotowania produkcji: przygotowanie konstrukcyjne, przygotowanie technologiczne oraz przygotowanie organizacyjne⁸. Liwowski dodaje do nich kolejne trzy elementy: rozpoznanie rynku, wdrożenie projektu konstrukcyjnego, technologicznego i organizacyjnego oraz przygotowanie zbytu.

Materiałowe zaopatrzenie zaplanowanej działalności wynika z koncepcyjnego przygotowania produkcji. W literaturze przedmiotu proces ten jest nieodłącznym zagadnieniem gospodarki materiałowej i magazynowej przedsiębiorstwa⁹. Aby zapewnić terminowe dostawy materiałów dla procesu produkcyjnego, niezbędne jest określenie rodzaju wytwarzanych dóbr oraz ich ilości. Kolejnym elementem jest ustalenie normy zużycia materiałowego przypadającego na jednostkę produktu¹⁰. Pozwala to na obliczenie wielkości zapotrzebowania wynikającego z przyjętych planów produkcyjnych. Planując zakupy wynikające z wielkości zapotrzebowania, należy uwzględnić także zapasy, będące zabezpieczeniem przed występowaniem nieciągłości w przepływach materiałowych kierowanych do produkcji. Zapasy mogą być bieżące oraz minimalne. Zapasy bieżące związane są ze stopniowym zużywaniem materiałów w procesie produkcji i najczęściej kończą się przed kolejną dostawą materiałów. Ich wielkość zależy więc od częstotliwości dostaw i wielkości jednorazowej dostawy. Zapasy minimalne stanowią zabezpieczenie przed opóźnieniami w dostawach i są zużywane dopiero wówczas, gdy przedsiębiorstwo wykorzysta całkowicie zapas bieżący. Określając wielkość zapasu minimalnego, należy określić czas, w którym będzie istniała możliwość utrzymania niezakłóconego toku produkcji dzięki jej zasilaniu z zapasu minimalnego, w wypadku gdy zapas bieżący został wyczerpany.

Do najważniejszych procesów magazynowych związanych z gospodarką materiałową można zaliczyć¹¹:

⁷ B. Liwowski, *Działalność podstawowa przedsiębiorstwa i jej wyspecjalizowane zakresy*, [w:] *Podstawy ekonomiki i zarządzania przedsiębiorstwem*, red. J. Kortan, C. H. Beck, Warszawa 1997, s. 244.

⁸ Zob. m.in. E. Pająk, *Zarządzanie produkcją*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006, s. 46;

K. Pasternak, *Zarys zarządzania produkcją*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2005, s. 234–243; K. Szatkowski, *Przygotowanie produkcji*, PWN, Warszawa 2008.

⁹ Zob. C. Skowronek, *Gospodarka materiałowa w samodzielnym przedsiębiorstwie*, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1989; B. Sołtysiński, *Zaopatrzenie i gospodarka materiałowa w przedsiębiorstwie przemysłowym*, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1963; J. Bik, *Gospodarka materiałowa w procesach produkcyjnych*, Polskie Towarzystwo Ekonomiczne, Katowice 1974.

¹⁰ Pomocne mogą tu być techniczne lub statystyczne normy zużycia, zob. B. Liwowski, *op. cit.*, s. 256.

¹¹ A. Niemczyk, *Zarządzanie magazynem*, Wyższa Szkoła Logistyki, Poznań 2010, s. 119.

- a) przyjmowanie materiałów od zewnętrznego dostawcy zarówno w sensie fizycznym jako rozładunek materiałów, jak i w sensie ewidencyjnym w postaci odpowiednich protokołów przyjęcia;
- b) składowanie materiałów związane z rozmieszczeniem zapasów na powierzchni magazynowej;
- c) kompletowanie, obejmujące pobranie materiałów zgodnie z ustaloną specyfikacją asortymentową i ilościową w celu utworzenia zbioru materiałów niezbędnych do określonych etapów produkcji;
- d) wydawanie materiałów związane z fizycznym przekazaniem zbioru skompletowanych materiałów na linię produkcyjną potwierdzone odpowiednimi protokołami wydania.

3. PROFIL DZIAŁALNOŚCI PRZEDSIĘBIORSTWA FOTOSYSTEM

Przedsiębiorstwo Fotosystem należy do sektora małej przedsiębiorczości działającej w województwie podkarpackim. Firma działa na rynku fotograficznym od kilkunastu lat. Współpracuje między innymi z takimi korporacjami, jak KODAK. Sieć autoryzowanych dystrybutorów firmy w całej Polsce oferuje produkty fotograficzne z dwóch serii: PRO i FUN. Klientami działu PRO są profesjonalni fotografowie z Polski i Europy, natomiast klientami działu FUN są amatorzy fotografii oraz osoby, dla których fotografia stanowi pasję oraz hobby.

Produktami firmy, cieszącymi się obecnie dużym zainteresowaniem na rynku, są fotoalbumy i fotoksiążki. Zastępują one tradycyjne albumy ze zdjęciami, stanowiąc trwałe, eleganckie i kolorowe pamiątki, między innymi z uroczystości rodzinnych. Klient może sam opracować całą szatę graficzną swojej fotoksiążki lub fotoalbumu, korzystając z darmowego programu komputerowego dostępnego na stronie internetowej firmy lub zlecić jej opracowanie pracownikom firmy.

W badaniach skupiono się na produkcji, jakim jest fotoksiążka. Jej produkcja odbywa się tylko pod konkretne zamówienia. Cykl produkcyjny trwa 4 dni. Po tym czasie gotowa fotoksiążka jest wysyłana na adres klienta bądź klient odbiera ją osobiście w punkcie obsługi. Surowce niezbędne do produkcji fotoksiążki to: papier fotograficzny, tektury introligatorskie, przekładki klejowe, odczynniki chemiczne (tzw. chemia fotograficzna), klejna ozdobna oraz tektura ozdobna.

4. SYMULACYJNY MODEL GOSPODARKI MATERIAŁOWEJ W FOTOSYSTEM

Model symulacyjny opracowano w konwencji metody dynamiki systemów. Metoda opiera się na trzech filarach: na tradycyjnym zarządzaniu, na prawach cybernetyki i na symulacji komputerowej. Tradycyjne zarządzanie pomaga w identyfikacji problemu bądź zagadnienia (systemu), które będzie modelowane. Pomaga w odpowiednim doborze zmiennych wpływających na zachowanie systemu oraz wskazuje ścieżki przepływu informacji pomiędzy tymi zmiennymi. Formułuje reguły decyzyjne odpowiedzialne za sterowanie modelem. Cybernetyka odpowiada za powiązanie wybranych zmiennych budujących model w dodatnie lub ujemne pętle sprzężenia zwrotnego oraz pomaga w strukturalizacji modelu matematycznego dla budowanego systemu. Rozwiązanie takiego modelu, obejmującego często zależności nieliniowe, wymaga odpowiedniej

metody numerycznej, którą w wypadku dynamiki systemów jest właśnie symulacja komputerowa¹².

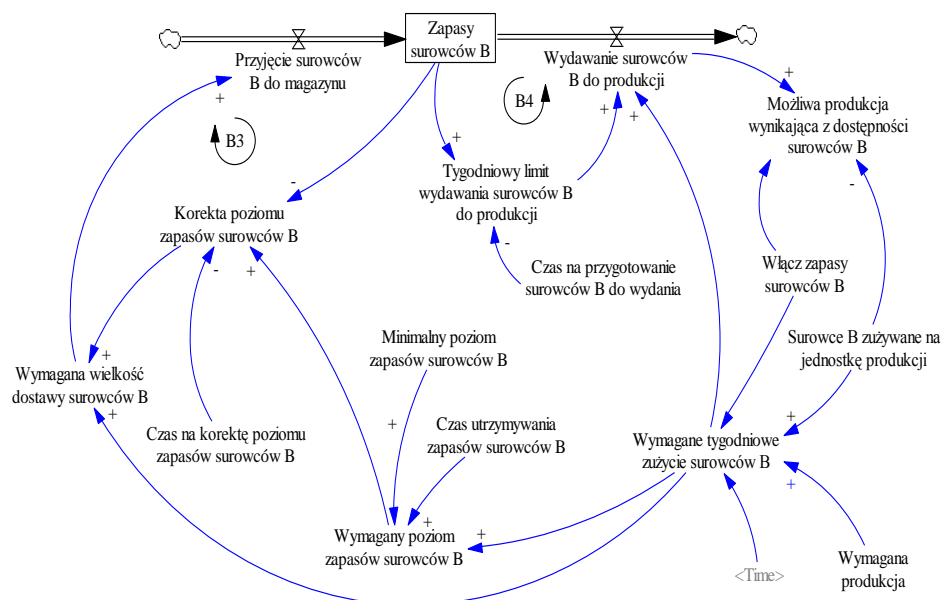
Pierwszym krokiem w badaniach była obserwacja działań, jakie wchodziły w skład gospodarki materiałowej w badanym przedsiębiorstwie. Następnie, wspólnie z kierownictwem tego przedsiębiorstwa oraz osobami wytypowanych przez kierownictwo, wyznaczono zmienne i stałe budujące model symulacyjny systemu gospodarki materiałowej w Fotosystem. Dobrane zmienne i stałe powiązano w pętle przyczynowo – skutkowe oraz przyjęto dla stałych odpowiednie dane numeryczne (korzystając z dostępnej dokumentacji oraz wiedzy pracowników). W kolejnym kroku, przy pomocy oprogramowania Vensim® DSS (którego producentem jest Ventana Systems, Inc.¹³) zbudowano model symulacyjny.

Model składa się z dwóch części. Pierwsza część wiąże się z zapasami surowców (materiałów) A, na które składają się: papier fotograficzny, tektury introligatorskie, przekładki klejowe oraz odczynniki chemiczne. Druga część obrazuje zapasy surowców B, do których wliczono okleinę ozdobną oraz tekturę ozdobną. Za kryterium podziału surowców na surowce A i surowce B przyjęto czas na korektę zapasów surowców (czyli czas mierzony od zamówienia surowców do ich dostarczenia do magazynu), który w wypadku surowców A wynosił 1 dzień, a przypadku surowców B – 3 tygodnie.

Interpretacja pierwszej części modelu jest następująca: *Wymagane tygodniowe zużycie surowców A* (co wynika z przyjętej jednostki w modelu) wyznaczają: *Wymagana produkcja* oraz *Surowce A zużywane na jednostkę produkcji*. *Wymagane tygodniowe zużycie surowców A* razem z *Czasem utrzymywania zapasów surowców A* (określającym zapasy przedsiębiorstwa) precyzują *Wymagany poziom zapasów surowców A*, który nie może być mniejszy od *Minimalnego poziomu zapasów surowców A*, przyjętego w przedsiębiorstwie. Znana wielkość *Wymaganego poziomu zapasów surowców A*, porównana z bieżącymi *Zapasami surowców A* wyznacza *Korektę poziomu zapasów surowców A*, którą cechuje opóźnienie czasowe, określone dzięki stałej *Czas na korektę poziomu zapasów surowców A*. Zarówno *Wymagane tygodniowe zużycie surowców A*, jak i *Korekta poziomu zapasów surowców A* określają *Wymaganą wielkość dostawy surowców A*, która bezpośrednio wyznacza wielkość zmiennej przepływowej *Przyjęcie surowców A do magazynu*. *Zapasy surowców A* (stanowiące w modelu zmienną akumulacyjną) są powiększane przez *Przyjęcie surowców A do magazynu* i pomniejszane przez *Wydawanie surowców A do produkcji* (czyli kolejną zmienną przepływową). Dzięki znanej wielkości *Zapasów surowców A* i *Czasu na przygotowanie surowców A do wydania* można wyznaczyć *Tygodniowy limit wydawania surowców A do produkcji*. *Wydawanie surowców A do produkcji* zależy od *Tygodniowego limitu wydawania surowców A do produkcji* oraz od *Wymaganego tygodniowego zużycia surowców A*. Wielkość *Wydawanych surowców A do produkcji* podzielona przez wielkość *Surowców A*

¹²Zob. także M. Baran, Rozwinięcie symulacyjnego modelu dostosowania zatrudnienia do potrzeb produkcyjnych przedsiębiorstwa Alfa w konwencji dynamiki systemów, „Zeszyty naukowe Politechniki Rzeszowskiej”, „Zarządzanie i Marketing” 17/4 (2010), s. 9; K.R. Śliwa, O organizacjach inteligentnych i rozwiązywaniu złożonych problemów zarządzania nimi, WSM SIG, Warszawa 2001.

¹³ Oficjalna strona firmy to <http://www.vensim.com>.



Źródło: opracowanie własne.

Tabela 1. Definicje zmiennych i wartości stałych w modelu

Nazwa zmiennej/stałej	Definicja zmiennej/wartość stałej	Jednostka
Wymagana produkcja	[(0,0)-(56,495)],(0,130),(1,170),(2,227),(3,284),(4,187),(5,185),(6,248),(7,216),(8,166),(9,150),(10,148),(11,155),(12,139),(13,184),(14,113),(15,120),(16,127),(17,156),(18,116),(19,115),(20,129),(21,128),(22,136),(23,156),(24,162),(25,194),(26,198),(27,162),(28,223),(29,231),(30,259),(31,379),(32,272),(33,279),(34,420),(35,490),(36,356),(37,312),(38,307),(39,321),(40,336),(41,331),(42,342),(43,337),(44,352),(45,346),(46,329),(47,352),(48,458),(49,350),(50,352),(51,368),(52,321),(53,296),(54,290),(55,349),(56,284)	[szt./tydzień]
Surowce A zużywane na jednostkę produkcji	1	[kpl./szt.]
Wymagane tygodniowe zużycie surowców A	MAX (0, Surowce A zużywane na jednostkę produkcji * Wymagana produkcja(Time))	[kpl./tydzień]
Wymagany poziom zapasów surowców A	MAX (Minimalny poziom zapasów surowców A, Wymagane tygodniowe zużycie surowców A * Czas utrzymywania zapasów surowców A)	[kpl.]

Czas utrzymywania zapasów surowców A	2	[tydzień]
Minimalny poziom zapasów surowców A	400	[kpl.]
Korekta poziomu zapasów surowców A	(Wymagany poziom zapasów surowców A – Zapasy surowców A)/Czas na korektę poziomu zapasów surowców A	[kpl./tydzień]
Zapasy surowców A	INTEG (Przyjęcie surowców A do magazynu – Wydawanie surowców A do produkcji) Wartość początkowa: Wymagany poziom zapasów surowców A	[kpl.]
Czas na korektę poziomu zapasów surowców A	0,17	[tydzień]
Wymagana wielkość dostawy surowców A	MAX (0, Wymagane tygodniowe zużycie surowców A + Korekta poziomu zapasów surowców A)	[kpl./tydzień]
Przyjęcie surowców A do magazynu	Wymagana wielkość dostawy surowców A	[kpl./tydzień]
Wydawanie surowców A do produkcji	MIN (Tygodniowy limit wydawania surowców A do produkcji, Wymagane tygodniowe zużycie surowców A)	[kpl./tydzień]
Tygodniowy limit wydawania surowców A do produkcji	Zapasy surowców A / Czas na przygotowanie surowców A do wydania	[kpl./tydzień]
Czas na przygotowanie surowców A do wydania	0,04	[tydzień]
Możliwa produkcja wynikająca z dostępności surowców A	Wydawanie surowców A do produkcji / Surowce A zużywane na jednostkę produkcji	[szt./tydzień]
Włącz zapasy surowców B	0 lub 1	[-]
Wymagane tygodniowe zużycie surowców B	MAX (0, Surowce B zużywane na jednostkę produkcji * Wymagana produkcja(Time)*Włącz zapasy surowców B)	[kpl./tydzień]
Możliwa produkcja wynikająca z dostępności surowców B	IF THEN ELSE (Włącz zapasy surowców B = 1, Wydawanie surowców B do produkcji / Surowce B zużywane na jednostkę produkcji, 0)	[szt./tydzień]
Czas utrzymywania zapasów surowców B	12	[tydzień]
Czas na korektę poziomu zapasów surowców B	3	[tydzień]

Czas na przygotowanie surowców B do wydania	0,02	[tydzień]
Pozostałe zmienne związane z częścią, w której występują surowce B, zostały analogicznie zdefiniowane jak w wypadku surowców A		

Źródło: opracowanie własne.

Jednostką czasu przyjętą w modelu był tydzień roboczy. Wartości stałych przeliczono więc na przyjętą jednostkę. Firma pracowała 6 dni w tygodniu, wobec tego 1 dzień wyniósł 0,17 tygodnia.

Surowce A zużywane na jednostkę produkcji przyjęto jako 1 kpl., co należy rozumieć jako jeden komplet surowców. Do tego kompletu wliczono: papier fotograficzny, tektury introligatorskie, przekładki klejowe oraz odczynniki chemiczne przypadające na jedną fotoksiążkę. Podobnie do jednego kompletu *Surowców B* zużywanych na jednostkę produkcji wliczono okleinę ozdobną oraz tekturę ozdobną przypadającą na jeden wyrób gotowy.

W kolejnych badaniach dokonano walidacji poprawności modelu za pomocą następujących metod:

- oceny poprawności wyboru granic modelowania, poprawności struktury modelu oraz spójności przyjętych wartości parametrów (stałych modelu) w porównaniu z dostępną wiedzą na temat modelowanego systemu;
- testu poprawności i spójności jednostek zmiennych przyjętych w modelu;
- testu działania modelu przy narzuconych warunkach skrajnych.

Głównym celem budowy modelu było ogólne odwzorowanie systemu gospodarki materiałowej w przedsiębiorstwie produkcyjnym wraz z najważniejszymi regułami decyzyjnymi sterującymi tą gospodarką. W związku z powyższym dobrano takie zmienne, które ilościowo przedstawiły badany system. Przy doborze zmiennych do modelu, jak i przy tworzeniu struktury modelu uczestniczyło kierownictwo badanego przedsiębiorstwa oraz eksperci. Posłużono się także literaturą naukową. Wartości parametrów, jakie zostały przyjęte w modelu, dostarczyły osoby upoważnione przez kierownictwo. Wszystkie wartości parametrów (stałych modelu) zostały przez te osoby uśrednione. To wszystko może dowodzić poprawności wyboru granic modelowania oraz struktury badanego systemu, a także poprawności przyjętych wartości parametrów modelu.

Jednym z podstawowych mierników określających poprawność powiązań zmiennych w modelu odpowiedzialnych także za ogólną poprawność modelu jest test spójności jednostek zmiennych przyjętych w tym modelu. Testu dokonano bezpośrednio w programie, w którym model był budowany, za pomocą polecenia *Units Check* w zakładce *Model*. Test potwierdził poprawność jednostek.

Testowanie modelu za pomocą warunków skrajnych polegało na sprawdzaniu jego zachowania wówczas, gdy wartości stałych przyjmowały albo wielkość równą 0 albo bardzo duże wielkości. Podczas procesu testowania program kilkakrotnie zgłaszał przekroczenie zakresu liczbowego przez wielkości niektórych zmiennych, co przerywało symulację. Dotyczyło to głównie zmiennych, które występując w równaniach opisujących model, w mianowniku wyrażenia – przyjmowały wartość 0. Aby zapobiec tego typu błędom, zastosowano funkcję MAX przy definicji tych zmiennych.

5. SYMULACJA MODELU

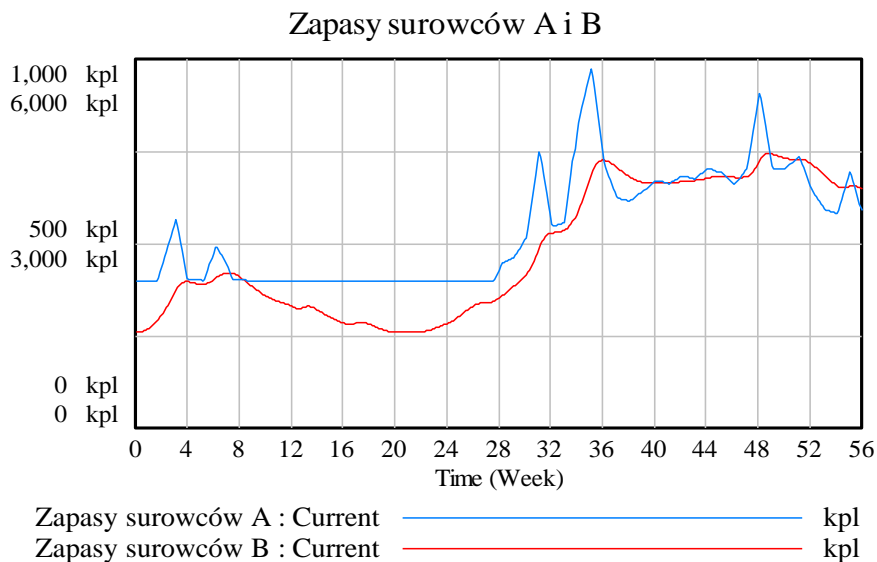
Po uzupełnieniu modelu symulacyjnego o dane zawarte w tabeli 1 przeprowadzono symulację. Krok symulacji przyjęto 0.125. Wyniki symulacji zmiennych *Zapasy surowców A* oraz *Zapasy surowców B* w badanym przedziale czasu prezentuje wykres na rysunku 2.

Wielkość zapasów surowców A przez pierwsze badane dwa tygodnie wynosiła 400 kpl. (czyli była równa minimalnemu poziomowi zapasów surowców A przyjętemu w przedsiębiorstwie), w trzecim tygodniu wzrosła do poziomu 549 kpl., w czwartym tygodniu znów osiągnęła poziom 400 kpl., aż do dwudziestego siódmego tygodnia, z jednym skokiem w szóstym tygodniu, kiedy równa była 475 kpl. Od dwudziestego ósmego tygodnia, kiedy zanotowano zwiększającą się liczbę zamówień (powiększającą tym samym wymaganą produkcję), wielkości zapasów surowców A mieściły się w przedziale 449–974 kpl. Przedsiębiorstwo nie trzymało w magazynie większych ilości tych surowców ze względu na częste dostawy.

W związku z dłuższym cyklem dostaw zapasów surowców B, ich skumulowane wielkości były znacznie wyższe niż wielkości zapasów surowców A. Od początku okresu badawczego do trzydziestego pierwszego tygodnia mieściły się one w przedziale 1560–2846 kpl., a od trzydziestego drugiego tygodnia do końca okresu badawczego osiągały poziom mieszczący się w przedziale 3165–4470 kpl.

Należy pamiętać, że otrzymane wielkości obarczone są pewnym błędem wynikającym z przyjęcia średnich wartości dla stałych występujących w modelu.

Rys. 2. Symulacyjne wielkości zapasów surowców A i B



Źródło: opracowanie własne (środowisko Vensim® DSS).

6. PODSUMOWANIE

Modelowanie gospodarki materiałowej (potraktowanej jako jeden z podstawowych procesów zachodzących w przedsiębiorstwie Fotosystem) pozwoliło na identyfikację poszczególnych działań składających się na ten proces oraz na graficzne przedstawienie ich kolejności. Wpłynęło to pozytywnie na ogólną analizę procesu, eliminację działań, które nie wносиły wartości do procesu, ustalenie wykonawców poszczególnych czynności oraz wskazanie zasobów niezbędnych do ich realizacji. Możliwe było także uporządkowanie dokumentacji związanej z procesem.

Dodatkowo model symulacyjny pozwolił na przeprowadzenie wielu testów związanych z weryfikacją założonych strategii zarządzania gospodarką materiałową w badanym przedsiębiorstwie. Zmieniano wartości takich stałych modelu, jak: „Czas utrzymywania zapasów surowców A” oraz „Czas utrzymywania zapasów surowców B”, obserwując, jaki to ma wpływ na możliwy poziom produkcji wynikający z dostępności surowców oraz generowane koszty związane z magazynowaniem nadmiaru surowców. Analiza wyników symulacji wpłynęła na podjęcie nowych decyzji związanych z zarządzaniem gospodarką materiałową. Skrócono „Czas utrzymywania zapasów surowców B”, co pozwoliło na znaczne obniżenie kosztów związanych z ich przechowywaniem.

Obecnie model może być wykorzystywany w przedsiębiorstwie Fotosystem przy następujących procesach:

- obserwacji dynamicznych zależności pomiędzy zmiennymi budującymi symulacyjny model gospodarki materiałowej;
- prognozowaniu zachowania się systemu gospodarki materiałowej w odpowiedzi na zmieniające się otoczenie (wyrażone poprzez zmianę wartości parametrów stałych modelu lub dodanie nowych stałych);
- planowaniu związanym z zarządzaniem gospodarką materiałową;
- szkoleniach personelu i młodej kadry kierowniczej.

Przedstawiony model może posłużyć także innym przedsiębiorstwom o podobnym profilu działalności, które mogą zaadaptować go do własnego otoczenia i wymagań.

LITERATURA

- [1] Baran M., *Rozwinięcie symulacyjnego modelu dostosowania zatrudnienia do potrzeb produkcyjnych przedsiębiorstwa Alfa w konwencji dynamiki systemów*, „Zeszyty naukowe Politechniki Rzeszowskiej”, „Zarządzanie i Marketing” 17/4 (2010).
- [2] Bik J., *Gospodarka materiałowa w procesach produkcyjnych*, Polskie Towarzystwo Ekonomiczne, Katowice 1974.
- [3] Bitkowska A., *Zarządzanie procesami biznesowymi w przedsiębiorstwie*, VIZJA PRESS&IT, Warszawa 2009.
- [4] Grajewski P., *Procesowe zarządzanie organizacją*, PWE, Warszawa 2012.
- [5] Grajewski P., *Organizacja procesowa*, PWE, Warszawa 2007.
- [6] <http://www.vensim.com>.
- [7] Liwowski B., *Działalność podstawowa przedsiębiorstwa i jej wyspecjalizowane zakresy*, [w:] *Podstawy ekonomiki i zarządzania przedsiębiorstwem*, red. J. Kortan, C. H. Beck, Warszawa 1997.
- [8] Niemczyk A., *Zarządzanie magazynem*, Wyższa Szkoła Logistyki, Poznań 2010.

- [9] Pająk E., *Zarządzanie produkcją*, PWN, Warszawa 2006.
- [10] Pasternak K., *Zarys zarządzania produkcją*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2005.
- [11] Romanowska M., Trocki M., *Podejście procesowe w zarządzaniu*, t. 1, SGH, Warszawa 2004.
- [12] Skowronek C., *Gospodarka materiałowa w samodzielnym przedsiębiorstwie*, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1989.
- [13] Sołtysiński B., *Zaopatrzenie i gospodarka materiałowa w przedsiębiorstwie przemysłowym*, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1963.
- [14] Sterman J., *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, Irwin McGraw-Hill, Boston 2000.
- [15] Szatkowski K., *Przygotowanie produkcji*, PWN, Warszawa 2008.

THE SIMULATION MODEL OF MATERIAL MANAGEMENT A CASE OF THE FOTOSYSTEM ENTERPRISE

The article is related to the material management system in a manufacturing company. Initially, the essence of the material management, which is one of the key processes included in the basic activity of the company was explained. Major processes of warehousing, directly linked to material management, were identified and briefly characterized. Next, the profile of Fotosystem company was shown. In the Fotosystem practical investigations were conducted. Thanks to them, variables and constants, which building simulation model of the material management system in the production company were indicated. The simulation model was developed in the convention of the system dynamics method, which allows to the representation of processes occurring in the system, both in terms of quantity and in terms of the analysis of the dynamics of their behaviour. The software Vensim ® DSS was used here. The graphical form of the simulation model was presented and the variables and constants of the model were defined. In the next step of the investigations, the simulation of the model was presented. The step of simulation was set and the runs of the accumulation variables were shown. The analysis their different behaviour was explained. In conclusions, the benefits that may arise to companies resulting from the use of the presented model were listed and the directions of the tests related to the verification of the assumed material management strategy in a manufacturing company were proposed.

Article also refers to the latest concept of modern management - to manage the processes in an organization. Modeling of processes in the company is one of the elements of a comprehensive process management structure. It allows, among others, to the identification of the individual activities involved in the process, a graphical representation of their order, an overall analysis of the process, identification the resources needed for its implementation and elimination activities adding no value to the process.

Keywords: simulation model of the material management, system dynamics, process management

DOI:10.7862/rz.2013.hss.12

Tekst złożono w redakcji: kwiecień 2013

Przyjęto do druku: wrzesień 2013