



System planowania potrzeb materiałowych (MRP) w przedsiębiorstwie produkcyjnym

MAŁGORZATA ZIĘBA, JAROSŁAW ZIÓŁKOWSKI

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny, Katedra Logistyki,
Koło Naukowe Logistyki Stosowanej, 00-908 Warszawa, ul. S. Kaliskiego 2,
mziemba@poczta.fm, jziolkowski@wat.edu.pl

Streszczenie. Przedmiotem pracy jest opis narzędzia wspomagającego proces planowania potrzeb materiałowych (MRP) w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Model został stworzony w oparciu o aplikację Microsoft Excel. Szczególną uwagę poświęcono analizie przydatności narzędzia w przypadku zmian struktur produktów oraz wystąpienia ograniczeń dostaw na rynku.

Słowa kluczowe: logistyka, system, przedsiębiorstwo, harmonogramowanie dostaw

1. Wstęp

Istotą działalności przedsiębiorstwa produkcyjnego jest wytwarzanie dóbr i wyrobów, w ilości i jakości zaspokajającej popyt powstały na rynku. Skuteczność funkcjonowania zapewniana jest poprzez sprawne zarządzanie i wykorzystywanie narzędzi planistyczno-kontrolnych wspomagających podejmowanie decyzji na wszystkich etapach zabezpieczenia logistycznego procesu produkcyjnego. Do zasadniczych celów logistyki produkcji zaliczyć należy: zabezpieczenie ciągłości i rytmiczności produkcji, minimalizację zapasów w procesie wytwórczym, zatem kosztów ich utrzymania, oraz utrzymanie wysokiej jakości produkcji [4]. W poniższej pracy skupiono się na analizie systemu planowania potrzeb materiałowych jako głównego ogniwa wspomagającego proces decyzyjny, którego wynikiem jest przełożenie planu nadrzędnego (planu produkcji) przedsiębiorstwa na konkretne dane o potrzebach materiałowych zabezpieczających wykonanie założonego planu.

2. System planowania potrzeb materiałowych (MRP)

System MRP (ang. *material requirements planning*) jest narzędziem wspomagającym gospodarowanie zapasami oraz umożliwiającym tworzenie planów zaopatrzenia w materiały i surowce niezbędne do produkcji, na które popyt zależy od zapotrzebowania na finalne wyroby. Przedstawionym w artykule problemem badawczym jest budowa systemu w oparciu o aplikację Microsoft Excel oraz zbadanie jego uniwersalności w odniesieniu do produktów o budowie modułowej, w sytuacji zmian ich struktury oraz wystąpienia ograniczeń związanych z wielkością zamówienia. Zasadniczo problem ten jest szeroko ujęty w pozycjach literaturowych [1] i [2]. Głównym celem systemu jest zapewnienie odpowiedniej ilości surowców i materiałów niezbędnych do realizacji planowanej produkcji i dostaw do klienta, utrzymanie możliwie najniższego poziomu zapasów oraz wspomaganie polityki planistycznej przedsiębiorstwa związanej z tworzeniem harmonogramów dostaw oraz czynnościami montażowymi.

Podstawą funkcjonowania MRP jest ustalenie potrzeb materiałowych w przyjętych okresach czasowych, które stanowią przełożenie nadrzędnego planu produkcji na zamówienia elementów i podzespołów wchodzących w skład struktury danego produktu.

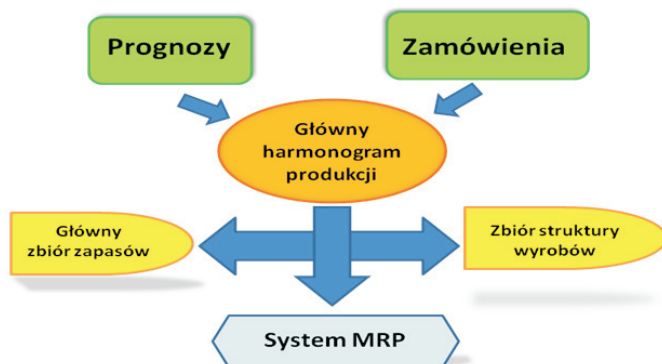
System planowania potrzeb materiałowych opiera się na trzech filarach:

- główny harmonogram produkcji,
- struktura produktów,
- zbiór zapasów.

Połączenie w jedną, spójną całość trzech filarów oraz poszerzenie ich o elementy takie jak: lista materiałowa, planowanie wsteczne oraz rozbiór listy materiałowej pozwala na uzyskanie efektywnie funkcjonującego systemu planowania potrzeb.

Na rysunku 1 zobrazowano system planowania potrzeb materiałowych (MRP). Pokazuje algorytm pozyskiwania informacji niezbędnych do jego prawidłowego działania. W początkowym etapie planowania potrzeb przeprowadzane są prognozy popytu na dany asortyment, które następnie poszerzane są o odnotowane w systemie zamówienia. Na tej podstawie powstaje główny harmonogram produkcji.

Znajomość harmonogramu jest niezwykle istotnym elementem podczas planowania potrzeb materiałowych. To on warunkuje moment, w którym powinno zostać złożone zamówienie na surowce i materiały, aby terminowo wykonać zlecenie. Wybór momentu złożenia zamówienia odbywa się na podstawie planowania wstecznego. Jest ono ściśle powiązane z okresem realizacji zamówienia, który określa czas liczony od momentu złożenia zamówienia do chwili dostawy do magazynu i przygotowania go do montażu. Dodatkowo planowanie wsteczne opiera się na strukturze produktu, liście materiałowej oraz informacji o poziomie zapasów poszczególnych surowców. Znając wszystkie przedstawione powyżej parametry, decydent może określić takie momenty złożenia zamówienia



Rys. 1. Wykres systemu planowania potrzeb materiałowych (MRP). Źródło: opracowano na podstawie [1]

na materiały, które umożliwią terminową produkcję i zaspokojenie potrzeb odbiorców (klientów).

Stosowanie systemu MRP daje szereg korzyści związanych ze sprawnym i efektywnym zarządzaniem przedsiębiorstwem. Zaliczyć tutaj należy:

- obniżenie kosztów magazynowania zapasów związanych z dostarczaniem surowców i produkcją „na czas” zgodnie z głównym harmonogramem produkcji oraz eliminowaniem zbędnego zapasu,
- terminową produkcję,
- elastyczność w aspekcie realizacji zamówień,
- stworzenie podstaw do długoterminowego planowania nadrzędnego, które służy rozwojowi przedsiębiorstwa,
- przydatność w przypadku produkowania partiami lub realizowania procesów montażu wyrobów,
- łatwość koordynowania procesów składania zamówień w całym przedsiębiorstwie (w związku z wykorzystaniem jednego narzędzia).

System MRP posiada również wady, do których zaliczyć można:

- potrzebę używania wysokiej jakości sprzętu komputerowego,
- możliwość pojawienia się trudności związanych z wdrożeniem zmian systemowych,
- zagrożenie wzrostu kosztów składania zamówień i transportu, wynikających z obniżenia zapasów,
- wysoką wrażliwość na okresowe wahania popytu,
- złożoność [1].

3. Zastosowanie systemu MRP w procesie produkcji

W poniższym opracowaniu przedstawiono sposób działania systemu planowania potrzeb materiałowych w oparciu o produkty A i B. Dodatkowo dokonana zostanie analiza wpływu ograniczenia poziomu wielkości zamówień poszczególnych podzespołów oraz oddziaływania zmiany struktury wyrobu na poprawność działania systemu.

3.1. Założenia systemu MRP

3.1.1. Główny harmonogram produkcji

Główny harmonogram produkcji (tab. 1) powstaje z weryfikacji prognoz popytu wraz z magazynowymi stanami zapasów. Daje informacje, jakie produkty i w jakim terminie przedsiębiorstwo zobowiązane jest wyprodukować. Tworzony jest indywidualnie dla produktów, udzielając szczegółowej odpowiedzi na temat dostępności poszczególnych wyrobów oraz dysponowanych zdolności produkcyjnych.

TABELA 1
Główny harmonogram produkcji. Źródło: opracowano na podstawie [1]

Tydzień Produkt/element	9	10	11	12	13
A	1250	0	0	0	850
B	460	0	0	0	360
C	0	0	0	0	0
D	270	0	0	0	250
E	380	0	0	0	430
F	0	0	0	0	0

Z przedstawionego w tabeli 1 planu produkcyjnego wynika, iż w tygodniach 9. i 13. występuje zapotrzebowanie odpowiednio na produkty A i B oraz elementy D i E:

- A — 1250 i 850,
- B — 460, 360,
- D — 270, 250,
- E — 380, 430.

3.1.2. Zapasy elementów oraz czasy realizacji zamówień

TABELA 2

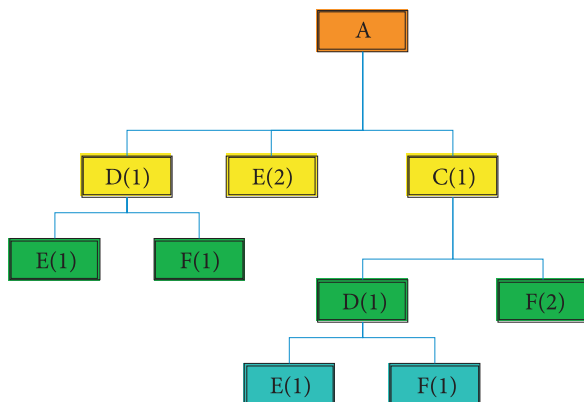
Zapasy elementów oraz czasy realizacji zamówień

Wyrób	Zapasy na koniec 3 tygodnia	Okres realizacji zamówień (w tygodniach)
A	50	2
B	60	2
C	40	1
D	30	1
E	30	1
F	40	1

W tabeli 2 zobrazowano poziom zapasów utrzymywany przez przedsiębiorstwo produkcyjne oraz okresy realizacji zamówień poszczególnych elementów. Przykładowo zapas produktu A na koniec 3. tygodnia wynosi 50 sztuk, a czas realizacji zamówienia dwa tygodnie.

3.1.3. Struktura produktów

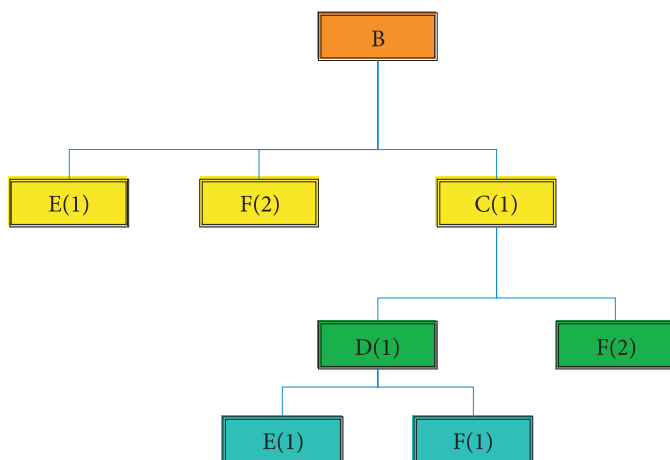
Struktura produktu obrazuje, z jakich elementów składa się dany wyrób. Dzięki niej możliwe jest budowanie listy materiałowej, a następnie jej rozbiór z zachowaniem zasad planowania wstecznego. Poniżej (rys. 2 i 3) przedstawiona została struktura produktów A i B, która posłuży do dalszego zobrazowania działania systemu MRP.

Produkt A

Rys. 2. Struktura produktu A

Produkt A składa się z trzech poziomów podzespołów. Na pierwszy poziom składają się: 1 element D, 2 elementy E i 1 element C. Poziom drugi stanowi rozkład elementów D i C na niższe podzespoły. I tak, odpowiednio element D na 1 podzespół E i F, element C na 1 podzespół D i 2 podzespoły F. Na trzecim poziomie strukturalnym znajdują się podzespoły elementu D. Analogiczna sytuacja ma miejsce dla produktu B.

Produkt B



Rys. 3. Struktura produktu B

3.2. Plan potrzeb materiałowych dla produktów A i B

Plan potrzeb materiałowych stanowi spójną całość prezentowaną najczęściej w formie tabeli, która dostarcza informacji, w którym okresie należy złożyć zamówienie na podzespoły, aby w całości wypełnić plan produkcji.

W tabeli 3 przedstawiono plan potrzeb materiałowych dla produktów A i B. Według planu produkcji w 9. tygodniu występuje zapotrzebowanie na produkty A w ilości 1250 sztuk i B — 460 sztuk. Czas realizacji zamówienia dla tych wyrobów wynosi dwa tygodnie, dlatego należy je złożyć odpowiednio w tygodniu 7., w ilości wynikającej z harmonogramu pomniejszonej o poziom utrzymywanego zapasu, tj. dla produktu A 1200 szt. (1250 szt. odjąć 50 szt., które fizycznie znajdują się w magazynie) oraz 400 szt. dla B. Wielkości podzespołów C, D, E, F oraz momenty ich dostaw wynikają z przedstawionych powyżej struktur produktów i czasów realizacji zamówienia oraz stanowią sumy potrzeb netto wynikających z zapotrzebowania na produkty A i B. Złożenie zamówienia na produkt A i B w tygodniu 7. generuje zapotrzebowanie na ich elementy składowe, których planowanie rozpoczyna się od pierwszego poziomu strukturalnego. Na wyrób A i B składa się między innymi

po jednym elemencie C, dlatego w 7. tygodniu występuje zapotrzebowanie na ten element w wysokości 1600 szt. (1200 szt. składających się na produkt A i 400 szt. na produkt B). W związku z tym należy w 6. tygodniu złożyć zamówienie na ten artykuł w wysokości 1560 szt. (uwzględniając tygodniowy czas realizacji zamówienia oraz 40 szt. posiadanego zapasu). Analogiczne rozważania przeprowadza się dla pozostałych półproduktów. Należy pamiętać, że jeżeli produkt finalny składa się z dwóch sztuk danego elementu, to planując zamówienie mnoży się wielkość zapotrzebowania przez dwa. I tak na produkt A składają się dwie szt. elementu E na pierwszym poziomie strukturalnym oraz jedna szt. na produkt B, dlatego planowane jest zamówienie w wielkości 2800 szt. Kolejne kroki planowania wykonywane są analogicznie dla niższych poziomów strukturalnych wyrobów A i B.

W tabeli przedstawiono zestawienie potrzeb brutto rozumianych jako ilość produktów, jaka musi być uzyskana na finalnym etapie produkcji, poziomu zapasów oraz potrzeb netto stanowiących różnicę pomiędzy potrzebami brutto i zapasem, a więc ilość towaru, jaki powinien zostać fizycznie zapotrzebowany. Dodatkowo zobrazowano wielkość składanego zamówienia oraz moment jego dostawy.

TABELA 3

Plan potrzeb materiałowych dla produktów A i B

Wyrób	Wyszczególnienie		Tydzień					
			4	5	6	7	8	9
A LT = 2	Potrzeby brutto	0	0	0	0	0	0	1250
	Zapas = 50	50	50	50	50	50	50	50
	Potrzeby netto		0	0	0	0	0	1200
	Dostawa			0	0	0	0	1200
	Zamówienie		0	0	0	1200	0	0
B LT = 2	Potrzeby brutto		0	0	0	0	0	460
	Zapas = 60	60	60	60	60	60	60	60
	Potrzeby netto		0	0	0	0	0	400
	Dostawa		0	0	0	0	0	400
	Zamówienie		0	0	0	400	0	0
C LT = 1	Potrzeby brutto		0	0	0	1600	0	0
	Zapas = 40	40	40	40	40	40	0	0
	Potrzeby netto		0	0	0	1560	0	0
	Dostawa		0	0	0	1560	0	0
	Zamówienie		0	0	1560	0	0	0
D LT = 1	Potrzeby brutto		0	0	1560	1200	0	0
	Zapas = 30	30	30	30	30	0	0	0
	Potrzeby netto		0	0	1530	1200	0	0
	Dostawa		0	0	1530	1200	0	0
	Zamówienie		0	1530	1200	0	0	0

cd. tabeli 3

E LT = 1	Potrzeby brutto	30	0	1530	1200	2800	0	0
	Zapas = 30		30	30	0	0	0	0
	Potrzeby netto		0	1500	1200	2800	0	0
	Dostawa			1500	1200	2800	0	0
	Zamówienie		1500	1200	2800	0	0	
F LT = 1	Potrzeby brutto	40		1530	4320	800	0	0
	Zapas = 40		40	40	0	0	0	0
	Potrzeby netto		0	1490	4320	800	0	0
	Dostawa			1490	4320	800	0	0
	Zamówienie		1490	4320	800	0	0	

3.3. Ograniczenia produkcji

W przypadku wystąpienia ograniczeń związanych z wielkością składanych zamówień należy nanieść odpowiednie zmiany w harmonogramie dostaw. Ograniczenia te wynikać mogą z pojemności posiadanych magazynów surowców i półproduktów, jak również ze zdolności produkcyjnych kontrahentów.

W tabeli 4 przedstawiono wpływ ograniczenia produkcji na otrzymane dostawy towaru oraz na możliwości realizacji harmonogramu produkcji.

TABELA 4

Plan potrzeb materiałowych przy ograniczonych dostawach

Wyrób	Maksymalne zamówienie	Wyszczególnienie	Tydzień								
			5	6	7	8	9	10	11	12	13
A LT = 2	500	Potrzeby brutto	0	0	0	0	1250	700	200	0	0
		Zapas = 50	50	50	50	50	50	0	0	0	0
		Potrzeby netto	0	0	0	0	1200	700	200	0	0
		Dostawa	0	0	0	0	500	500	200	0	0
	Zamówienie	0	0	500	500	200	0	0	0	0	
C LT = 1	500	Potrzeby brutto	0	0	500	500	200	0	0	0	0
		Zapas = 40	40	40	40	0	0	0	0	0	0
		Potrzeby netto	0	0	460	500	200	0	0	0	0
		Dostawa	0	0	460	500	200	0	0	0	0
	Zamówienie	0	460	500	200	0	0	0	0	0	
D LT = 1	500	Potrzeby brutto	0	460	1000	1200	900	400	0	0	0
		Zapas = 30	30	30	0	0	0	0	0	0	0
		Potrzeby netto	0	430	1000	1200	900	400	0	0	0
		Dostawa	0	430	500	500	500	400	0	0	0
	Zamówienie	430	500	500	500	400	0	0	0	0	

cd. tabeli 4

E LT = 1	600	Potrzeby brutto	430	500	1500	2400	2600	2000	1400	800	200
		Zapas = 30	30	0	0	0	0	0	0	0	0
		Potrzeby netto	400	500	1500	2400	2600	2000	1400	800	200
		Dostawa	400	500	600	600	600	600	600	600	200
		Zamówienie	500	600	600	600	600	600	600	200	0
F LT = 1	700	Potrzeby brutto	430	1420	2220	2420	2120	1420	720	20	0
		Zapas = 40	40	0	0	0	0	0	0	0	0
		Potrzeby netto	390	1420	2220	2420	2120	1420	720	20	0
		Dostawa	390	700	700	700	700	700	700	20	0
		Zamówienie	700	700	700	700	700	700	20	0	0

Z tabeli 4 wynika, iż zastosowanie poprzedniego algorytmu do obliczeń potrzeb materiałowych powoduje poważne opóźnienia w pełnym zrealizowaniu planu produkcji, co może powodować koszty związane z nieterminową obsługą klienta, wzrostem jego niezadowolenia, a ostatecznie prowadzić do utraty zamówienia. W opisywanym przypadku należy zmodernizować system, aby uzyskać efekt przesunięcia momentu złożenia zamówienia z tygodnia 7. na tydzień 5. (tab. 5).

TABELA 5

Plan potrzeb materiałowych z uwzględnieniem wcześniejszego planowania

Wyrób	Maksymalne zamówienie	Wyszczególnienie	Tydzień									
			4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A LT = 2	500	Potrzeby brutto	0	0	0	0	0	1250	0	0	0	0
		Zapas = 50	50	50	50	550	1050	1050	0	0	0	0
		Potrzeby netto	0	0	0	0	0	200	0	0	0	0
		Dostawa	0	0	0	500	500	200	0	0	0	0
		Zamówienie	0	500	500	200	0	0	0	0	0	0

Napływające dostawy składowane będą w magazynie surowców i półproduktów. Ważnym elementem jest kalkulacja kosztów, mająca na celu sprawdzenie, czy ekonomicznie lepszym rozwiązaniem jest ponoszenie kosztów magazynowania materiałów przez dodatkowy okres 2 tygodni, czy opłacać koszty związane z nieterminowym wykonaniem planu produkcji.

Podjmując próby modernizowania systemu, w przypadku wystąpienia ograniczeń w dostawach surowców, należy pamiętać o jednym z założeń systemu, jakim jest utrzymywanie możliwie niskiego poziomu zapasu. W takiej sytuacji przedsiębiorstwo oprócz analizy kosztów powinno zastanowić się nad wyborem nowego dostawcy, który nie generowałby ograniczeń dostaw.

3.4. Zmiana struktury produktu

W dalszej części opracowania zostanie przedstawiona analiza wpływu zmiany struktury produktu na prawidłowość działania systemu MRP. Obrazuje to uniwersalność narzędzia planowania (w przykładowym zastosowaniu do rodziny produktów) bez konieczności dokonywania gruntownych zmian procedur i rejestrów w systemie (rys. 4).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1				Tydzień										
2	Wyrób	Wyszczególnienie		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
3	A	Potrzeby brutto	0	0	0	0	0	0	1250	0	0	0	0	
4		Zapas= 50	50	50	50	50	50	50	50	0	0	0	0	
5		Potrzeby netto	0	0	0	0	0	0	1200	0	0	0	0	
6	LT=2	Dostawa		0	0	0	0	0	1200	0	0	0	0	
7	Le	Zamówienie		0	0	0	1200	0	0	0	0	0	0	
8	B	Potrzeby brutto	0	0	0	0	0	0	460	0	0	0	0	
9		Zapas= 60	60	60	60	60	60	60	60	0	0	0	0	
10		Potrzeby netto	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0	0	
11	LT=2	Dostawa		0	0	0	0	0	400	0	0	0	0	
12	Le	Zamówienie		0	0	0	400	0	0	0	0	0	0	
13	GŁÓWNY HARMONOGRAM PRODUKCJI													
14		produkt		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
15		A		0	0	0	0	0	1250	0	0	0	0	
16		B		0	0	0	0	0	460	0	0	0	0	
17		C		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18		D		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19		E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20		F		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21														
22														
23		Struktura produktu A					Struktura produktu B							
24			ILOSC					ILOSC						
25		Poziom	C	D	E	F		C	D	E	F			
26		1	1	1	2	0		1	0	1	2			
27		2	0	1	1	1		0	1	0	2			
28		3	0	0	1	1		0	0	1	1			
29		4	0	0	0	0		0	0	0	0			
30		5	0	0	0	0		0	0	0	0			
31														

Rys. 4. Algorytm obliczeń potrzeb materiałowych w aplikacji MS Excel w przypadku zmian w strukturze produktu

Każdorazowa zmiana struktury wiąże się ze zmianą listy materiałowej produkowanych produktów. W zależności od składu poszczególnych poziomów struktury, w poszczególnych tygodniach następuje pojawienie się popytu na dane surowce. Zastosowanie algorytmu, który w swojej procedurze zawierał będzie odwołanie do poszczególnych miejsc w tabeli struktury produktu oraz do harmonogramu, umożliwia trwale dostosowanie systemu do zmiany produkowanych wyrobów. Tabela struktury produktu tworzona jest na podstawie sumowania poszczególnych elementów składowych wyrobu na różnych poziomach strukturalnych.

4. Wnioski

W artykule zaprezentowany został system planowania potrzeb materiałowych MRP. W tym celu stworzono i opisano aplikację, która umożliwi wyliczenie potrzeb materiałowych na poszczególne surowce i podzespoły w zależności od popytu na produkt finalny. Przeanalizowane i przedstawione zostały przykłady tworzenia harmonogramu zamówień dla większej liczby wyrobów, dla zamówień o ograniczonej ilości oraz dla procesów produkcyjnych ze zmienną strukturą produktu. Zaprezentowane opracowanie pozwala stwierdzić, że system MRP stanowi użyteczne narzędzie, które może być wykorzystywane w planowaniu produkcji niezależnie od mocy przerobowych danego przedsiębiorstwa, zmiennych struktur wytwarzanych zespołów oraz przypadków narzucenia ograniczeń przez dostawców.

Obrazując metodykę obliczeń systemu MRP, zastosowano przykłady produktów (maksymalnie trzy poziomy strukturalne). Jednakże powyższe narzędzie może być wykorzystywane do obliczeń i planowania dużo bardziej złożonych przypadków, w których niezbędne będzie wykorzystanie sprzętu komputerowego.

Artykuł opracowany na podstawie referatu z XXX Seminarium KNS Wydziału Mechanicznego WAT 11-13.05.2011 r.

Artykuł wpłynął do redakcji 21.10.2011 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano w grudniu 2011 r.

LITERATURA

- [1] Cz. SKOWRONEK, Z. SARJUSZ-WOLSKI, *Logistyka w przedsiębiorstwie*, PWE, Warszawa, 2008.
- [2] C. BOZARTH, R.B. HANDFIELD, *Wprowadzenie do zarządzania operacjami i łańcuchem dostaw*, HELION, Gliwice, 2007.
- [3] J.J. COYLE, E.J. BARDI, C.J. LANGLEY JR, *Zarządzanie logistyczne*, PWE, Warszawa, 2007.
- [4] S. NIZIŃSKI, J. ŻUREK, *Logistyka ogólna*, WKŁ, Warszawa, 2011.

M. ZIĘBA, J. ZIÓŁKOWSKI

Material requirements planning system (MRP) in the production company

Abstract. The aim of this article was to present material requirements planning system (MRP) as a useful tool that can be used for the planning of production irrespectively of the capacity of a company, changing structures of manufactured bands and cases to impose restrictions on the service providers. The main system objective is to ensure adequate quantities of raw materials and materials necessary to achieve the planned production and delivery to the customer, to maintain the lowest inventory levels and to support the planning policies relating to business scheduling of deliveries and assembly operations. Due to that, the author developed and described an application that enables the efficient and accurate calculation of material requirements for various raw materials and components depending on the demand for the final product. There were analyzed and presented the examples of scheduling

orders for a lot number of products, for the procurement of limited quantities and for production processes with a variable structure of the product. In description of the methodology of calculation of MRP system, the author presented simple examples (maximum of three structural levels). However, it is shown in this article that this tool can be efficiently and effectively used for the calculation and planning a lot more complex cases, in which it will be necessary to use computer equipment.

Keywords: logistic, system, company, scheduling deliveries