

WSKAŹNIKI PAB, ATP I CTP W NADRZĘDNYM HARMONOGRAMOWANIU PRODUKCJI

Zbigniew LISOWSKI

Streszczenie: W artykule omówiono zgodną z APICS filozofię nadrzędnego planowania produkcji obejmującą plan główny (Master Schedule) i harmonogram montażu końcowego (Final Assembly Schedule). W sposób szczególny skoncentrowano się na metodach wyliczania różnych rodzajów wskaźników ATP i CTP oraz ich wykorzystaniu przy potwierdzaniu zamówień sprzedaży w kontekście różnych strategii produkcji. Artykuł prezentuje praktyczną implementację tej filozofii w pakiecie TETA Constellation.

Słowa kluczowe: ERP, TETA, Constellation, planowanie produkcji, harmonogramowanie nadrzędne, harmonogram główny, MPS, PAB, ATP, CTP.

1. Wstęp

Współcześnie wielu producentów staje przed potrzebą udzielenia szybkiej odpowiedzi na pytania typu:

- Czy możemy przyjąć do realizacji to zamówienie?
- Na kiedy zamówienie może być gotowe?
- Jaką ilość możemy zrealizować w zakładanym terminie?

Klienci zwykle wymagają krótszych terminów realizacji (delivery lead time), niż skumulowana długość cyklu produkcyjnego (cumulative lead time), więc firma jest zmuszona zamawiać materiały oraz rozpoczynać produkcję na podstawie prognoz. Wymusza to przyjęcie strategii produkcji na zapas (Make-to-stock) lub – co ostatnio staje się coraz popularniejsze – montaż na zamówienie (Assembly-to-order).

Sytuacja dodatkowo się komplikuje, jeśli sprzedawane produkty jednocześnie są używane jako składniki do bardziej skomplikowanych wyrobów lub są sprzedawane w kompletach. Dodatkowo należy uwzględnić zapotrzebowania wewnętrzne od działów typu serwis oraz udzielić wszystkich odpowiedzi pomimo dużej zmienności procesów wytwórczych.

Powszechnym problemem w firmach jest potwierdzanie zamówień klientów przez dział sprzedaży bez uzgadniania z kierownictwem produkcji i następnie stosowanie kosztownej praktyki „gaszenia pożarów” w celu wypełnienia przynajmniej najważniejszych zobowiązań. Panujący chaos powoduje frustracje i nie przynosi oczekiwanego poziomu obsługi klienta.

2. Planowanie operacyjne

Aby dobrze odpowiedzieć na pytania zadane we wstępie należy najpierw pochylić się nad koncepcją planowania operacyjnego, aby zrozumieć miejsce, w którym te pytania powstają i by wyspecyfikować obszary odpowiedzialne za udzielenie decyzji.

W standardowej koncepcji wspieranej przez APICS [5] wyszczególnia się pięć podstawowych poziomów planowania (patrz rys. 1): Strategiczny (który można dodatkowo podzielić na strategię korporacyjną, biznesową i operacyjną), taktyczny obejmujący planowanie sprzedaży i produkcji (Sales and operations planning – w skrócie SOP) oraz trzy poziomy planowania operacyjnego:

nadrzędne harmonogramowanie (Master scheduling), w którym tworzony jest główny harmonogram produkcji (Master production schedule – MPS); planowanie potrzeb materiałowych (Material requirements planning – MRP) oraz na najniższym poziomie: sterowanie dostawami (Procurement) i sterowanie produkcją (Production activity control – PAC).

Na każdy z w/w poziomów planowania składa się rozbudowany proces postępowania wykorzystujący rozmaite bogato opisane w literaturze (zwłaszcza anglojęzycznej) metody i techniki przetwarzania danych oraz wspomagające podejmowanie decyzji.

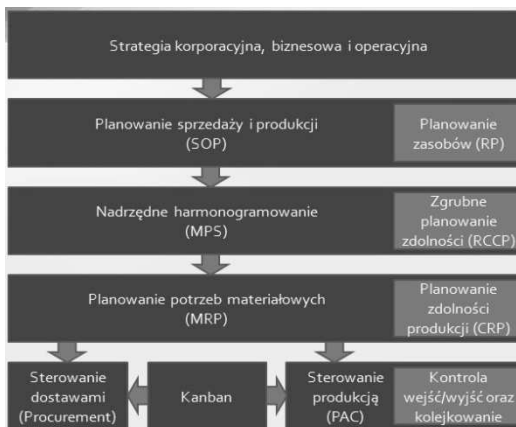
Niniejszy artykuł w sposób szczególny koncentruje się na poziomie harmonogramowania nadrzędnego, gdyż na tym poziomie znajdują się odpowiednie narzędzia umożliwiające udzielenie odpowiedzi na pytania zadane we wstępie. Główny harmonogram z jednej strony musi być zgodny z przyjętymi założeniami na etapie tworzenia SOP a z drugiej stanowi podstawę do dalszych obliczeń i działań podejmowanych na niższym poziomie, którym jest plan potrzeb materiałowych.

Na wszystkich poziomach planowania poniżej strategicznego wykorzystuje się także specyficzne dla danego obszaru techniki planowania zasobów. W przypadku harmonogramu głównego jest nim zgrubne planowanie zdolności (Rough-cut capacity planning – RCCP).

Planowanie na poziomach strategicznych i SOP w większości jest realizowane poza systemem komputerowym, natomiast począwszy od poziomu harmonogramu głównego w dół dobre systemy informatyczne klasy ERP dostarczają solidnego wsparcia dla osób odpowiedzialnych za planowanie i rozliczanie produkcji a także za potwierdzanie zamówień klientów.

3. Nadrzędne harmonogramowanie produkcji

Nadrzędne harmonogramowanie produkcji (Master scheduling), to proces tworzenia i weryfikowania głównego harmonogramu (Master schedule) oraz dostosowywania



Rys. 1. Hierarchia planowania
Źródło: Opracowanie własne

głównego harmonogramu produkcji (MPS) w celu zapewnienia zgodności z planem produkcji (Production plan) będącego elementem SOP. [6]

Główny harmonogram (Master schedule) to formularz przedstawiający w poszczególnych okresach czasu (zwykle dniach lub tygodniach) wielkości prognozy, zamówień klientów, planowanego stanu zapasu (projected available balance – PAB), wielkości dostępnej do obiecania (available-to-promise – ATP) i głównego harmonogramu produkcji (MPS). [1, 6]

Główny harmonogram produkcji (MPS) jest więc to jedna z informacji zawartych w tabeli głównego harmonogramu stanowiąca podstawowe wejście do planu potrzeb materiałowych (MRP). W niektórych opracowaniach jest ona utożsamiana z samym harmonogramem głównym jako całą tabelą. MPS bywa także nazywany planem wpływu produkcji.

W podstawowym ujęciu główny harmonogram obejmuje plan (lub prognozę) sprzedaży (często utożsamiany z prognozą popytu), wielkości przyjętych zamówień, PAB i MPS. Dane są prezentowane dla wybranego indeksu w okresach dziennych lub tygodniowych, w dodatkowym wierszu wyświetlane są informacje o zaległych zamówieniach oraz bieżącym stanie magazynowym.

Na rys. 2 pokazano fragment formularza z pakietu TETA Constellation [8] prezentującego harmonogram główny w widoku podstawowym. System wyliczył wielkość prognozy na podstawie danych z osobnego modułu do prognozowania sprzedaży i pobrał ilości z pozycji potwierdzonych zamówień klientów z terminem realizacji na odpowiednie dni. Kolumnę MPS wypełnia planista główny ręcznie lub z wykorzystaniem mechanizmu do automatycznego ustawiania MPS. Na zrzucie zostały wyróżniony podział między różne okresy planistyczne.

Okres	Nazwa okresu	Progn. sprzed.	Zamów. klient.	PAB	MPS
			45,000	80,000	
2009-11-20	piątek	60,000	65,000	15,000	
2009-11-21	sobota	70,000	55,000	60,000	100,000
2009-11-22	niedziela	0,000	0,000	60,000	
2009-11-23	poniedziałek	50,000	50,000	10,000	
2009-11-24	wtorek	50,000	55,000	55,000	100,000
2009-11-25	środa	50,000	55,000	0,000	
2009-11-26	czwartek	50,000	40,000	150,000	200,000
2009-11-27	piątek	60,000	30,000	90,000	
2009-11-28	sobota	70,000	25,000	20,000	
2009-11-29	niedziela	0,000	0,000	120,000	100,000
2009-11-30	poniedziałek	50,000	10,000	70,000	
2009-12-01	wtorek	50,000	0,000	20,000	
		560,00	430,00		500,00

Rys. 2. Podstawowy widok harmonogramu głównego

Źródło: Zrzut z pakietu TETA Constellation [8]

Okresy zamrożone do granicy popytu (na czerwono), okresy półpłynne między granicą popytu a granicą planowania (na czarno) i okresy poza granicą planowania (na zielono).

Kolumna PAB została wyliczona przez system w okresach zamrożonych wg wzoru:

$$PAB(n) = PAB(n - 1) + MPS(n) - Zam(n) \quad (1)$$

gdzie: n – numer okresu

n-1 – okres poprzedni

W okresach poza granicą popytu stosowany jest wzór następujący:

$$PAB(n) = PAB(n - 1) + MPS(n) - \max[progn(n), zam(n)] \quad (2)$$

Innymi słowy: w okresie zamrożonym system bierze pod uwagę tylko potwierdzone zamówienia sprzedaży, a później: większą z dwu wartości: zamówienia lub prognozy. Działanie tych obliczeń można prześledzić na rys. 2.

Wyliczona wartość wskaźnika PAB stanowi ważną informację dla planisty głównego produkcji. Przede wszystkim powinien on w taki sposób ustalać wielkości MPS, aby nigdy wskaźnik PAB nie spadał poniżej zera, bo to oznacza, że część zamówień (już przyjętych lub prognozowanych) nie zostanie obsłużona. Dodatkowo poza okresem zamrożonym powinien starać się utrzymać określony poziom zapasu bezpieczeństwa. Dla przykładu podanego na rys. 2. w dniu 25.11 wielkość PAB osiąga wartość zero i – jeśli dla tego indeksu został ustalony zapas bezpieczeństwa, to planista powinien podjąć odpowiednie działania. Najlepiej będzie jeśli przyspieszy o jeden dzień jedną z dwu partii zaplanowanych do realizacji na 26.11. Ostateczna decyzja wymaga oczywiście głębszej analizy: rozpoznania poziomu zaawansowania prac w toku, sprawdzenia dostępności mocy produkcyjnych itd.

Należy zwrócić uwagę, że wskaźnik PAB, podobnie jak inne wskaźniki omawiane w dalszej części, nie zależy bezpośrednio od wyników obliczeń MRP ani od szczegółowych danych operacji technologicznych. Dlatego można go stosować nawet wtedy, gdy firma nie ma dokładnie określonych norm czasowych.

4. Wskaźnik Dostępne do obiecania (ATP)

Rozbudowa harmonogramu głównego obejmuje dodatkowe kolumny przeznaczone do wyliczenia wskaźników (patrz rys. 3) [7]:

- Dostępne do obiecania (Available-to-promise – ATP)
- Przesunięte ATP (Backward /Forward ATP)
- Skumulowane ATP (Cumulative ATP)

Okres	Nazwa okresu	Progn. sprzed.	Zamów. klient.	PAB	MPS	ATP	Przes. konsum.	Przesunięte ATP	Skumul. ATP
			45,000	80,000					
2009-11-20	piątek	60,000	65,000	15,000		15,000	-5,000	10,000	15,000
2009-11-21	sobota	70,000	55,000	60,000	100,000	-5,000	5,000	0,000	60,000
2009-11-22	niedziela	0,000	0,000	60,000		-5,000		0,000	60,000
2009-11-23	poniedziałek	50,000	50,000	10,000		-5,000		0,000	10,000
2009-11-24	wtorek	50,000	55,000	55,000	100,000	-10,000	10,000	0,000	55,000
2009-11-25	środa	50,000	55,000	0,000		-10,000		0,000	0,000
2009-11-26	czwartek	50,000	40,000	150,000	200,000	105,000	-10,000	95,000	160,000
2009-11-27	piątek	60,000	30,000	90,000		105,000		95,000	130,000
2009-11-28	sobota	70,000	25,000	20,000		105,000		95,000	105,000
2009-11-29	niedziela	0,000	0,000	120,000	100,000	90,000		90,000	205,000
2009-11-30	poniedziałek	50,000	10,000	70,000		90,000		90,000	195,000
2009-12-01	wtorek	50,000	0,000	20,000		90,000		90,000	195,000
		560,00	430,00		500,00		0,00		

Rys. 3. Widok harmonogramu głównego z kolumnami ATP

Źródło: Zrzut z pakietu TETA Constellation [8]

Wskaźniki ATP stanowią podstawę do działań dla handlowców i wyrażają wielkości, jakie mogą potwierdzić w poszczególnych okresach na zamówieniach sprzedaży, przy czym zależnie od przyjętego sposobu postępowania w danej firmie wykorzystuje się zwykle jeden z tych trzech wskaźników.

4.1. Zwyczajne ATP

Wskaźnik zwykłego ATP dla pierwszego okresu jest wyliczany wg wzoru:

$$ATP(1) = PAB(0) + MPS(1) - \sum_{i=1}^m Zam(i) \quad (3)$$

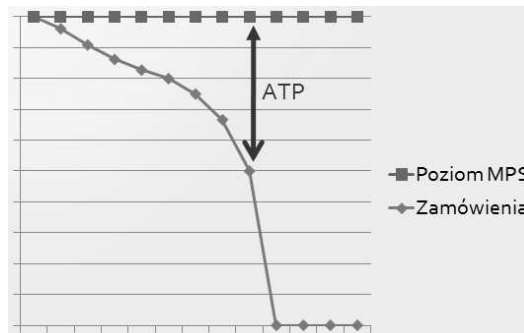
gdzie: m – kolejny okres, w którym występuje dodatni MPS

Dla kolejnych okresów, w których występuje dodatni MPS system stosuje wzór:

$$ATP(n) = MPS(n) - \sum_{i=n}^m Zam(i) \quad (4)$$

przy czym wyliczoną wartość ATP system TETA Constellation wstawia także do kolejnych okresów, w których nie ma podanego MPS. Umożliwia to potem szybsze odnalezienie danej wielkości ATP.

Wskaźnik ten obrazuje więc nieskonsumowaną wielkość bieżącej produkcji przez przyjęte zamówienia sprzedaży. Na rys. 4. zaprezentowana została graficzna prezentacja wskaźnika ATP. Prezentuje on sytuację, w której została zaplanowana codziennie stała wielkość spływu produkcji, zaś ilość potwierdzonych zamówień zmniejsza się w miarę oddalania się w czasie. Różnica w danym okresie pomiędzy MPS, a przyjętymi zamówieniami stanowi wielkość ATP na dany okres.



Rys. 4 Graficzna prezentacja ATP [7]

W istocie handlowiec lub pracownik działu obsługi klienta nie musi zaglądać do harmonogramu głównego, aby sprawdzić, czy może potwierdzić dane zamówienie. Zrobi to za niego system: w momencie, gdy będzie chciał je potwierdzić system sprawdzi dla wszystkich pozycji, czy dla każdej z nich istnieje odpowiednia wartość ATP w okresie odpowiednim dla terminu realizacji zamówienia. Jeśli nie, to system wyświetli sugestie wprowadzenia zmian do zamówienia. Mogą nimi być:

- opóźnienie terminu realizacji do dnia, kiedy będzie wystarczające ATP dla wszystkich pozycji
- pomniejszenie lub usunięcie pozycji, dla których wielkość wskaźnika ATP jest niewystarczająca

W przypadku szczególnie ważnych zamówień (np. strategicznych klientów) handlowiec może także wystosować prośbę do planisty głównego, aby ten wprowadził odpowiednie zmiany w MPS, które doprowadzą do zwiększenia ATP i umożliwią potwierdzenie tego zamówienia. W firmach często przyjmuje się założenie, że zmiany w okresie zamrożonym możliwe są jedynie za zgodą zarządu. Dzięki temu unika się silnej presji na planistę głównego, która zwykle pojawia w takich przypadkach.

Zależnie od przyznanych uprawnień kompetentna osoba może potwierdzić zamówienie, pomimo niewystarczającego ATP. W konsekwencji doprowadzi to do sytuacji, w której

ATP jest ujemne. Zwykle przy wdrażaniu tej funkcjonalności dąży się do tego, by wyeliminować sytuacje występującego ujemnego ATP.

4.2. Przesunięte ATP

Mechanizm zwykłego ATP ma jedną wadę: nie umożliwia zaspokojenia potrzeb klientów z innego, niż bieżący sptyw produkcji. Na rys. 3 widać, że w okresach między 21 a 23-11 wielkość ATP wynosi minus 5 podczas gdy ciągle jest wystarczający stan zapasu (PAB). Dzieje się tak, gdyż system nie skorzystał z wolnego ATP pozostałego w okresie 20-11, aby obsłużyć zamówienia w przyszłości. W dniu. 21-11 ma miejsce sptyw z produkcji (MPS=100) i to on powinien w całości zaspokoić bieżące zamówienia.

Rozwiązaniem tego mankamentu jest zastosowanie wskaźnika przesuniętego ATP. Sposób jego wyliczenia jest analogiczny do zwykłego ATP, ale dodatkowo uwzględnia on wielkość przesunięcia konsumpcji w tył (backward consumption), lub wprzód (forward consumption). Przesunięcie konsumpcji w tył jest bardzo popularnym podejściem umożliwiającym zaspokojenie zamówień z produkcji zrealizowanej wcześniej lub z bieżącego stanu magazynowego. Przesunięcie w przód w praktyce oznacza z góry przyjęte założenie, że zamówienie w całości lub częściowo będzie opóźnione. Na rys. 3 zaprezentowane zostały obydwa przypadki: zarówno przesunięcia w tył, jak i w przód.

4.3. Skumulowane ATP

Skumulowane ATP polega na przeprowadzeniu wyliczeń w sposób narastający. Stosuje się tu wzory:

$$CumATP(1) = PAB(0) + MPS(1) - Zam(1) \quad (4)$$

$$CumATP(n) = ATP(n-1) + MPS(n) - Zam(n) \quad (5)$$

Skumulowane ATP na pierwszy rzut oka może wydawać się najwygodniejszym narzędziem, gdyż w razie potrzeby poniekąd automatycznie następuje przesunięcie konsumpcji do kolejnych okresów. W rzeczywistości jednak stosowanie skumulowanego ATP napotyka na pewne trudności:

Po pierwsze: przesunięcie konsumpcji nie odbywa się w sposób jawny. Przy operowaniu na przesuniętym ATP w przypadku znacznych przesunięć automatycznie rodzi się pytanie: po co to produkować tak wcześnie, skoro i tak będzie to potrzebne dopiero później? Natomiast stosowanie skumulowanego ATP powoduje, że informacja ta pozostaje ukryta.

Po drugie: wykonując sprawdzenie ilości dostępnej do obiecania przy zwykłym lub przesuniętym ATP wystarczyło sprawdzić wartość danego wskaźnika przypadającego na określony okres (dzień lub tydzień). Natomiast w skumulowanym ATP należy wstępnie przeliczyć całą kolumnę, by sprawdzić, czy przyjęcie zamówienia w danym okresie nie spowoduje ujemnego ATP w jakimś okresie przyszłym.

Z w/w powodów autor uważa wskaźnik przesuniętego ATP za lepszy.

5. Harmonogram montażu końcowego

Omówione powyżej wskaźniki ATP bardzo dobrze sprawdzają się w strategii produkcji

na magazyn (MTS). Charakterystyczne w tym przypadku jest to, że zwykle te same indeksy, które są objęte planem MPS są także zamawiane przez klientów.

Inaczej postępuje się w przypadku montażu na zamówienie (ATO) oraz produkcji na zamówienie (MTO), gdyż wówczas harmonogramem główny są objęte kluczowe półprodukty lub materiały, a do wytworzenia wyrobów finalnych stosuje się harmonogram montażu końcowego (Final Assembly Schedule – FAS) [2].

Przy produkcji typu ATO i MTO wskaźniki ATP dla sprzedawanych indeksów prawie zawsze są zerowe, gdyż wynika to z kluczowego założenia tych strategii: nic nie jest produkowane/montowane póki nie ma zamówienia. W tego typu przypadku system musi oprzeć się na dwu innych wskaźnikach:

- CTP (Capable-to-promise) – wskaźnik pokazujący jakie są jeszcze wolne moce krytycznych zasobów na wydziale montażu i ile jednostek zamawianego indeksu jesteśmy w stanie w określonym terminie zmontować.

- Wielopoziomowe ATP – wskaźnik mówiący ile jest jeszcze nierozdysponowanych materiałów i półproduktów, z których możemy skorzystać do realizacji danego zamówienia. Innymi słowy: na ile jednostek wyrobu gotowego starczy nam jeszcze półproduktów i materiałów. (Patrz rys. 5)

Okres	Nazwa okresu	Progn. sprzed.	Zamów. klient.	MPS	CTP	Wielopoz. ATP
2009-11-20	piątek	20,000	25,000	25,000	0,000	5,000
2009-11-21	sobota	40,000	35,000	35,000	10,000	5,000
2009-11-22	niedziela	0,000				
2009-11-23	poniedziałek	20,000	15,000	15,000	20,000	10,000
2009-11-24	wtorek	20,000	10,000	10,000	20,000	15,000
2009-11-25	środa	20,000			30,000	20,000
2009-11-26	czwartek	20,000			40,000	20,000
2009-11-27	piątek	20,000			45,000	20,000
2009-11-28	sobota	40,000			60,000	35,000
2009-11-29	niedziela	0,000				
2009-11-30	poniedziałek	20,000			60,000	40,000
2009-12-01	wtorek	20,000			60,000	40,000
		240,00	85,00	85,00		

Rys. 5 Wskaźniki CTP i wielopoziomowe ATP
Źródło: Zrzut z pakietu TETA Constellation [8]

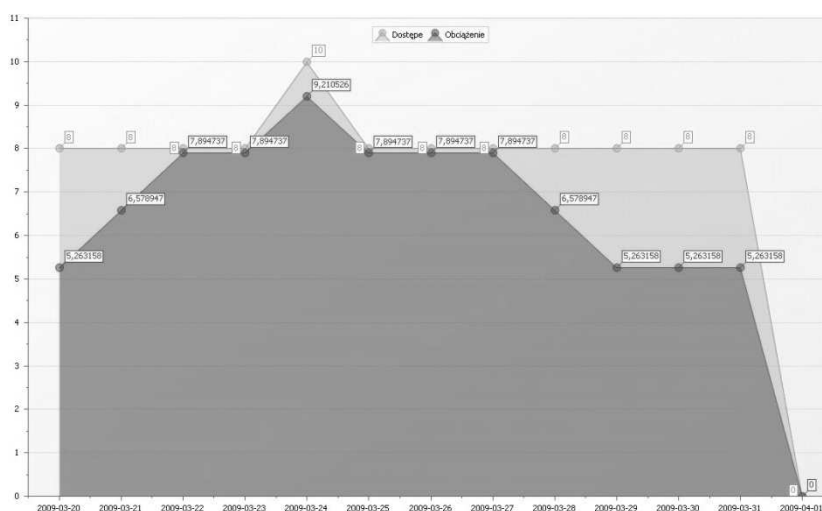
6. Wskaźnik Możliwe do obiecania (CTP)

Wielkość wskaźnika CTP jest wyliczana przez system na podstawie zgrubnego planu obciążeń (RCCP), w którym dla poszczególnych krytycznych zasobów (zwykle stanowisk produkcyjnych) jest określone ATP zasobu. ATP zasobu to jest w najprostszym ujęciu różnica pomiędzy dostępnym czasem pracy (lub dostępnym faktorem) zasobu a jego planowanym obciążeniem. Warto przy tym zwrócić uwagę, że planowane obciążenie w większości przypadków wynika nie tylko z zaplanowanego montażu rozpatrywanego indeksu, ale także wszystkich innych indeksów korzystających z danego zasobu. Popularnym sposobem prezentacji RCCP jest wykres (patrz rys. 6)

Najmniejszy iloraz ATP zasobu przez normatywne zapotrzebowanie danego zasobu do jednej jednostki wyrobu daje wielkość wskaźnika CTP.

$$CTP(n) = \min\left(\frac{ATP_zasobu(n)}{zapotrzebowanie_na_zasob}\right) \quad (6)$$

6. Wielopoziomowe ATP



Rys. 6 Graficzna prezentacja planu obciążenia zasobu

Źródło: Zrzut z pakietu TETA Constellation [8]

Wielopoziomowe ATP jest wyliczane na podstawie odpowiedniego ATP kluczowych półproduktów i materiałów znajdujących się w harmonogramie głównym. Zakłada się więc istnienie jednego lub kilku podstawowych harmonogramów głównych z odpowiednio wyliczonymi wielkościami ATP. Zamówienie na wyrób finalny konsumuje odpowiednie wielkości sptywu produkcji w uzupełniającej kolumnie prezentującej dodatkowe źródła popytu. Algebraicznie kolumna ta jest uwzględniana we wzorach na ATP w taki sam sposób, jak zamówienia sprzedaży.

Do obliczenia zapotrzebowania na dany materiał lub półprodukt stosuje się wielopoziomą strukturę konstrukcyjną. Ostatecznie wielopoziomowe ATP jest najmniejszym ilorazem ATP składnika i wyliczonej wielkości jego zapotrzebowania.

$$Wielopoz.ATP(n) = \min\left(\frac{ATP_skladnika(n)}{zapotrzebowanie_na_skladnik}\right) \quad (7)$$

Zależnie od ustawień systemu przy potwierdzaniu zamówienia na montaż końcowy system może brać pod uwagę tylko wskaźnik CTP lub tylko wielopoziomowe ATP lub mniejszą z tych dwu wartości.

Literatura

1. Vollman, Thomas E., William L. Berry, and D. Clay Whybark, Manufacturing Planning and Control Systems, 5th ed., Irwin McGraw-Hill, 2005.
2. Fogarty, D.W., J.H. Blackstone Jr., and T.R.Hoffman „Production and Inventory Management” 2nd ed., 1991.
3. Tony Arnold J.R., Chapman Stephen N. „Introduction to Materials Management”, Sixth Edition 2008.
4. Monk Ellen, Wagner Bret, „Concepts in Enterprise Resource Planning”, 2d ed., Boston: Thomson Course Technology 2006.
5. Master Planning of Resources - Participant Guide (CPIM) Version 3.1 APICS 2006
6. APICS Dictionary 12th Edition.
7. erp.info.pl/master-schedule/ oraz erp.info.pl/atp-ctp-ctp-w-erp/
8. www.teta.com.pl

Mgr Zbigniew LISOWSKI
Menadżer Domeny Biznesowej Produkcja
TETA S.A.
53-137 Wrocław , al. Wiśniowa 1
tel.: 601-205-182
e-mail: z.lisowski@teta.com.pl