



Małgorzata Grzelak

Wojskowa Akademia Techniczna w Warszawie
Wydział Logistyki
Instytut Logistyki
malgorzata.grzelak@wat.edu.pl

ANALIZA ORAZ METODYKA MODELOWANIA SYSTEMU PRODUKCYJNEGO W PRZEDSIĘBIORSTWIE WYTWÓRCZYM BRANŻY STOLARSKIEJ

Streszczenie: Funkcjonowanie firm produkcyjnych opiera się na wydajnym systemie produkcji składającym się z elementów wektora wejściowego (X), procesu transformacji i wektora wyjściowego (Y) wraz z zaakceptowaną koncepcją zarządzania. Celem artykułu jest przedstawienie metody modelowania wybranego systemu produkcji oraz szczegółowej analizy podstawowego procesu produkcyjnego w badanym przedsięwzięciu. Szczególną uwagę zwrócono na metodę obliczania programu produkcyjnego, skutecznego funduszu czasu pracy, taktu, zadania godzinowego, zapotrzebowania na materiały i surowce. Ponadto omówiono metody szacowania liczby maszyn i urządzeń produkcyjnych, urządzeń technologicznych, niezbędnych pracowników produkcji bezpośredniej, wymaganej powierzchni produkcyjnej i poziomu przechowywanych zapasów.

Słowa kluczowe: produkcja, system produkcyjny, modelowanie, kalkulacje, planowanie.

JEL Classification: L6.

Wprowadzenie

Podstawowym celem funkcjonowania systemów produkcyjnych w przedsiębiorstwach jest wytwarzanie dóbr i materiałów zgodnie z założeniami firmy. Efektywne funkcjonowanie przedsiębiorstw wytwórczych zależy od odpowiedniego ich zorganizowania wewnątrz przedsiębiorstwa. System produkcyjny jest definiowany jako celowo zaprojektowany i zorganizowany układ materialny,

informacyjny i energetyczny, który jest eksploatowany przez człowieka oraz służy wytwarzaniu dóbr zaspokajających potrzeby klienta.

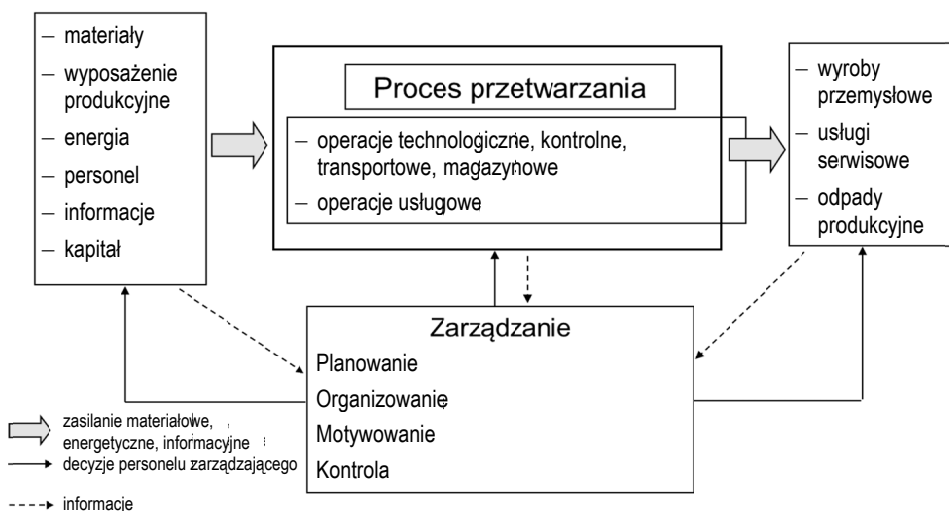
Celem artykułu jest analiza systemu produkcyjnego w wybranym podmiocie branży stolarskiej oraz przedstawienie metody modelowania jego systemu produkcyjnego wraz z podstawowymi obliczeniami orientacyjnymi, których odpowiednia kalkulacja warunkuje prawidłowe funkcjonowanie działalności wytwórczej.

W opracowaniu zastosowano metody badawcze oparte na analizie literatury przedmiotu, obserwacji funkcjonowania organizacji oraz przeprowadzonych obliczeniach, co umożliwiło rozpoznanie, czy wskazany system produkcyjny został zorganizowany w prawidłowy sposób.

1. Analiza oraz metodyka budowy systemu produkcyjnego w badanym podmiocie

Procesy produkcyjne w przedsiębiorstwach są realizowane na podstawie zorganizowanego systemu produkcyjnego, który definiuje się jako układ elementów i relacji pomiędzy nimi wraz z procesem transformacji wektora wejścia w wektor wyjścia. Metodyka budowy modelu systemu inauguruje określenie wyrobów, które będą wytwarzane, a następnie zdefiniowanie kolejnych elementów składowych tworzących, do których zaliczają się czynniki wektora wejścia, wektora wyjścia oraz proces transformacji wewnątrz systemu. Na tej podstawie jest tworzona strategia zarządzania oraz analiza otoczenia wewnętrznego i zewnętrznego struktury wytwórczej.

W poniższym artykule przedstawiono zasady budowy modelu systemu produkcyjnego na przykładzie wybranego podmiotu funkcjonującego w branży stolarskiej. Przedmiotem działalności przedsiębiorstwa jest wytwarzanie stołów oraz krzeseł. Analizę systemu zaprezentowano z wykorzystaniem jego zdefiniowanych elementów zgodnie z rys. 1.



Rys. 1. Elementy systemu produkcyjnego

Źródło: Opracowanie własne.

Celem funkcjonowania systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa jest przekształcenie wektora wejścia, na który składają się takie czynniki, jak: surowce i materiały, techniczne środki produkcji, personel, czynniki energetyczne, kapitał i informacja, w wyroby lub usługi zgodnie z potrzebami klienta. W badanym podmiocie gospodarczym zdefiniowano następujące elementy wejściowe:

- przedmioty pracy: drewno, kleje, lakiery, impregnaty,
- techniczne środki produkcji: frezarki laserowe, piły tarczowe stacjonarne, piły mechaniczne, młotki, dłuta, papier ścierny,
- czynnik ludzki: 10 pracowników etatowych,
- czynniki energetyczne: firma posiada przyłącze do podstawowych mediów, tj. wody, prądu i gazu,
- informacje: prognozy z badań rynku, analiza kosztów produkcji, badania chłonności rynku, informacje o dostępnych surowcach i dostawcach, schematy technologiczne procesu produkcji,
- kapitał: szacowany na około 2 mln złotych, w skład którego wchodzi techniczne środki produkcji, transportowe, hala produkcyjna wraz z magazynami wyrobów i materiałów na działce o powierzchni 2000 m² oraz 500 tys. zł zgromadzone na kontach bankowych.

Powyższe elementy podczas transformacji zachodzącej wewnątrz systemu, a będącej realizacją procesu produkcyjnego, zmieniają się w czynniki wektora wyjścia, tj.: wyroby, braki i odpady produkcyjne oraz informacje. Szczegółowa analiza procesu produkcyjnego zostanie przedstawiona w dalszej części artykułu.

W omawianej firmie założono uzyskanie następujących elementów wektora wyjścia:

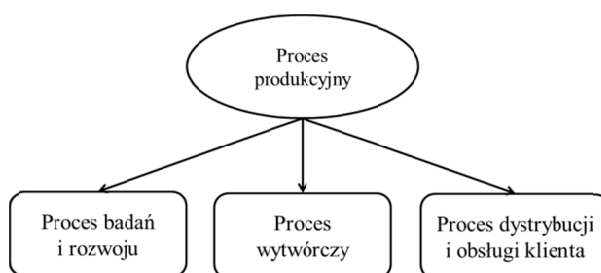
- wyroby produkcyjne: stoły rzeźbione laserowo i krzesła,
- odpady produkcyjne: lakiery i impregnaty wykorzystane w produkcji stołów, które są przekazywane do wyspecjalizowanych przedsiębiorstw zewnętrznych,
- informacje: o jakości wyrobów, jednostkowych kosztach produkcji, doświadczeniu pracowników oraz stanie procesu produkcyjnego.

Ponadto w czasie budowy systemu produkcyjnego została opracowana strategia jego zarządzania zgodnie z czterema funkcjami:

- planowanie, stanowiące punkt wyjścia dla rozpoczęcia każdego rodzaju działalności w przedsiębiorstwie; w analizowanym przedsiębiorstwie obejmuje całokształt działalności prowadzącej do prawidłowego przygotowania produkcji oraz jej zabezpieczenia w surowce i materiały,
- organizowanie, mające na celu określenie struktury administracyjnej i produkcyjnej w firmie oraz wyposażenie w maszyny, urządzenia,
- sterowanie, realizowane poprzez określenie procedur działania, opisu stanowisk oraz wprowadzonego systemu motywacji i premiowania pracowników,
- kontrolowanie, występujące w każdej fazie procesu produkcyjnego, dotyczące zarówno surowców, materiałów, wyrobów gotowych, ich jakości, jak i pracowników.

2. Analiza i zasady tworzenia procesu produkcyjnego w przedsiębiorstwie wytwarzającym stoły

Proces produkcyjny to uporządkowany zespół działań, których celem jest wykonanie i dostarczenie określonego produktu zgodnie z potrzebami klienta [Burchart-Korol, Furman, 2007, s. 34-37]. Obejmuje całość działań, od momentu pobrania surowców i materiałów z magazynów, przez wszystkie czynności technologiczne, do czasu dostarczenia wyrobu gotowego. Proces produkcyjny składa się z trzech podstawowych elementów, które przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Struktura procesu produkcyjnego

Źródło: Opracowanie własne.

Proces badań i rozwoju ma na celu zgromadzenie kapitału i określenie źródeł finansowania działań produkcyjnych wraz z przeprowadzeniem prognozowania długoterminowego i określeniem planu strategicznego. Ponadto na tym etapie następuje projektowanie produktu i procesu, szkolenie personelu, zapewnienie niezbędnych surowców i materiałów oraz opracowanie innowacyjnych rozwiązań.

Proces wytwórczy prowadzi do przekształcenia surowców i materiałów w produkty końcowe. Składa się z trzech głównych elementów: procesu wytwórczego podstawowego, pomocniczego oraz obsługi wytwarzania.

Proces dystrybucji i obsługi klienta ma na celu zorganizowanie sprawnie funkcjonującej sieci sprzedaży, obsługi, transportu i działań marketingowych. Jest powiązany z fazą badań i rozwoju poprzez przepływ materiałów, informacji i czynników energetycznych. Natomiast elementem, który spaja trzy części procesu produkcyjnego, jest marketing, który dodatkowo wiąże system produkcyjny z jego otoczeniem.

Modelowanie procesu produkcyjnego w przedsiębiorstwie rozpoczyna się od określenia danych wejściowych niezbędnych do podjęcia wytwarzania. W tabeli 1 przedstawiono informacje, które powinny zostać poddane analizie przed przystąpieniem do projektowania procesu produkcyjnego.

Tabela 1. Dane wprowadzające do projektowania wytwarzania

Nazwa wyrobu Stół rzeźbiony					Nr dokumentacji ABC 1/2017				
A. Żądana wielkość produkcji gotowej i terminy									
1. Przewidziane zapotrzebowanie i postulowana wielkość produkcji									
	I kw. 2016	II kw. 2016	III kw. 2016	IV kw. 2016	I kw. 2017	II kw. 2017	III kw. 2017	IV kw. 2017	
Zapotrzebowanie (szt.)	70	100	150	80	80	100	150	90	
Wielkość produkcji (szt.)	100	100	150	100	100	100	150	100	
2. Program wprowadzenie wyrobu do produkcji:									
<ul style="list-style-type: none"> • opracowanie prototypu i przeprowadzenie badań • analiza wyniku badań nad produktem, wprowadzenie poprawek • wytworzenie serii próbnej • przeprowadzenie testów • rozpoczęcie produkcji 									
B. Częstotliwość serii, partii i dostawy									
1. Seria wyrobu gotowego – 20 szt.									
2. Wielkość dostawy – 20 szt.									
3. Częstotliwość partii – zależna od zamówień, min. raz w miesiącu									
C. Preliminarz kosztów oprzyrządowania									
<ul style="list-style-type: none"> • oprzyrządowanie specjalistyczne – 140 000 zł • oprzyrządowanie ogólnego użytku – 2000 zł 									

cd. tabeli 1

D. Docelowe koszty jednostkowe produkcji
1. Robocizna:
• pracownicy administracyjni – 4 x 3500 zł
• pracownicy produkcyjni – 4 x 2000 zł
• pracownicy ochrony – 2 x 2000 zł
2. Materiały:
• drewno – 400 zł/szt.
• lakier – 50 zł/szt.
• impregnat – 30 zł/szt.
• zużycie maszyn – 10 zł/szt.
• zużycie energii – 100 zł/szt.
F. Inne wytyczne
brak

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Durlik [2015b].

Kolejnym krokiem jest określenie czynności realizowanych w fazie przygotowania produkcji (badań i rozwoju), operacji technologicznych podczas wytwarzania oraz strategii sprzedaży i dystrybucji. W tabeli 2 przedstawiono układ procesu produkcyjnego w ujęciu technologicznym wraz ze wskazaniem istotnych czynności technologicznych, kontrolnych, transportowych i magazynowych w poszczególnych operacjach (oznaczonych xx). Tabela 3 przedstawia fazy i procesy technologiczne procesu produkcyjnego.

Tabela 2. Proces produkcyjny w ujęciu technologicznym

Rodzaje procesów	Operacje	Fazy procesu produkcyjnego			
		technologiczne	kontrolne	transportowe	magazynowo-składowe
Przygotowanie produkcji	zakup surowców	x	xx	x	x
	transport na halę produkcyjną	x	x	xx	x
	kontrola jakości	x	xx	x	x
Wytwarzanie, w tym obróbka części i montaż	wstępna obróbka drewna	xx	xx	x	x
	precyzyjna obróbka drewna	xx	xx	x	x
	manipulacje produkcyjne	x	x	xx	x
	lakierowanie	x	xx	x	xx
	montaż	xx	xx	x	x
Dystrybucja i obsługa klienta	kontrola jakości	x	xx	x	x
	magazynowanie	x	x	x	xx
	dostawa do klienta	x	x	xx	x

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Durlik [2015b].

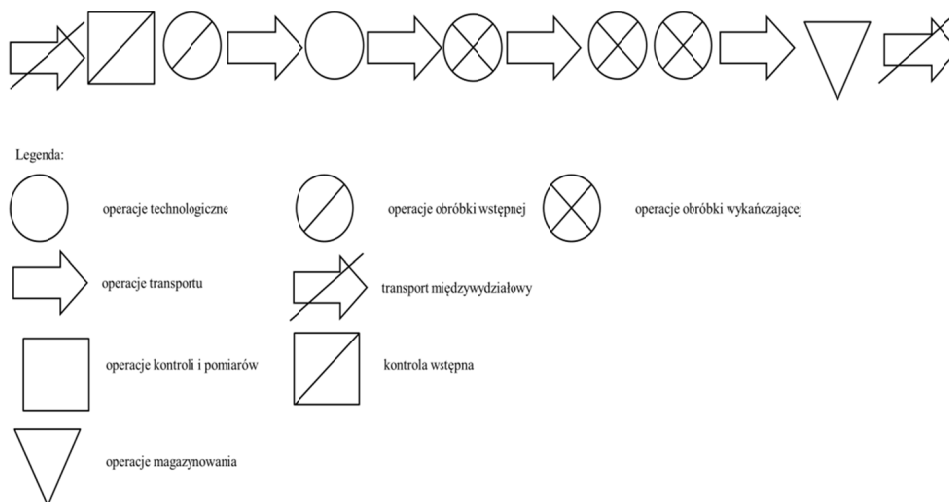
Tabela 3. Fazy procesu produkcyjnego

Faza produkcyjna	Procesy technologiczne w ramach poszczególnych faz	
Badania i studia Prace rozwojowe Przygotowanie materiałów i półwyrobów	P1 P2 P3	projektowanie modelu wyrobu wstępna partia produkcyjna zakup drewna i transport na halę produkcyjną
Obróbka części	O1 O2 O3	wstępna obróbka elementów (piła mechaniczna) precyzyjna obróbka elementów (frezarka laserowa) lakierowanie
Montaż podzespołów i montaż ostateczny	M1	montaż / klejenie nóg do blatu
Dystrybucja, sprzedaż i serwis	D1 D2	magazynowanie dostawa do klienta

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Durlik [2015b].

Tabela 3 posłuży do przeprowadzenia orientacyjnych obliczeń pracowników bezpośrednio produkcyjnych i wyposażenia technicznego w systemie produkcyjnym zgodnie z oznaczonymi operacjami w poszczególnych fazach.

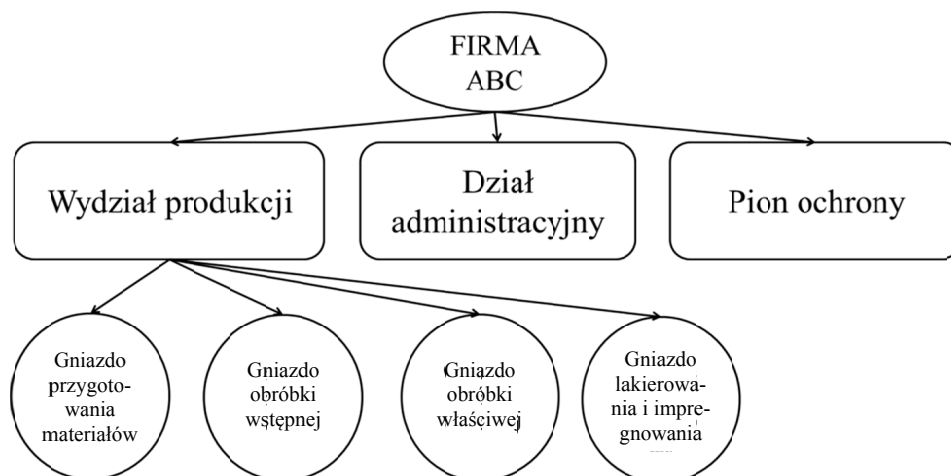
Następnym krokiem w modelowaniu systemu produkcyjnego jest graficzne przedstawienie procesu wytwórczego oraz określenie struktury administracyjno-produkcyjnej zakładu (rys. 3 i 4).

**Rys. 3.** Graficzny schemat procesu wytwórczego podstawowego

Źródło: Opracowanie własne.

W ramach wytwarzania surowce i materiały przechodzą z magazynu na halę produkcyjną, gdzie jest przeprowadzana kontrola wstępna. Następnie realizowane są operacje obróbki wstępnej, główne operacje technologiczne oraz obrób-

ki końcowej na poszczególnych stanowiskach roboczych zgodnie z powyższym schematem. Proces kończy się transportem gotowych elementów do magazynu, a finalnie dystrybucją do klienta.



Rys. 4. Struktura administracyjno-produkcyjna firmy

Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 4 przedstawia strukturę administracyjno-produkcyjną firmy. Zgodnie z powyższym funkcjonowanie systemu produkcyjnego skupia się w ramach wydziału produkcji, w którym są wykonywane wszelkie czynności niezbędne do wytworzenia stołu. Poszczególne operacje są realizowane w czterech równoległych pracujących gniazdach, w których odbywają się poszczególne fazy procesu wytwórczego.

Efektom projektowania procesu produkcyjnego jest opracowanie szczegółowej charakterystyki faz procesów technologicznych, określenie wskaźników technicznych i ekonomicznych do obliczeń, charakterystyka masy i postaci materiałów i surowców, maszyn i urządzeń produkcyjnych oraz wyposażenia technicznego, a także przygotowanie instrukcji poszczególnych stanowisk roboczych [Durlík, 2015a, s. 254].

3. Metodyka prowadzenia podstawowych orientacyjnych obliczeń produkcyjnych w procesie wytwarzania stołów

W trzecim etapie opracowania modelu systemu produkcyjnego należy przeprowadzić orientacyjne i szczegółowe obliczenia, które są niezbędne do zapewnienia jego prawidłowego funkcjonowania. Pozwalają one na ilościowe

określenie czynników wytwarzania w jednostkach naturalnych lub wartościowych, dokonanie ich zbilansowania oraz porównania możliwości produkcyjnych z zadaniami [Durlik, 2015a, s. 83]. Obliczenia orientacyjne są stosowane głównie w firmach, które charakteryzują się produkcją jednostkową, małoseryjną i średnioseryjną (produkcja stołów w analizowanym przedsiębiorstwie), natomiast kalkulacje szczegółowe służą personelowi technologicznemu w rozbudowanych zakładach wytwórczych oraz wspierają pracę kierowników produkcji.

Obliczenia umożliwiają określenie zapotrzebowania na surowce, materiały i półwyroby, zespoły handlowe oraz liczby niezbędnych pracowników produkcyjnych, wyposażenia technologicznego i powierzchni produkcyjnej.

W badanej organizacji kalkulacje niezbędne do stworzenia modelu systemu produkcyjnego są przeprowadzane w następującej kolejności:

1. Korygowany program produkcji:

$$N_i = N_{di} \cdot (1 + b_{di}) \quad (1)$$

gdzie:

N_i – korygowany program produkcji i -tego detalu,

N_{di} – planowany, docelowy program produkcji i -tego detalu w szt./rok,

b_{di} – planowany, docelowy poziom braków produkcyjnych w %.

Zgodnie z tabelą 1 założono, że wielkość produkcji stołów w 2017 r. ma wynosić 450 szt., natomiast poziom braków ustalono na 5%, dlatego korygowany program produkcji wynosi:

$$N_i = 450 \cdot (1 + 0,05) = 473 \text{ szt.}$$

2. Efektywny fundusz czasu pracy:

$$F_j = (K_d - N^r - S_w - S_{wo}) \cdot 8 \cdot Z_m \cdot \eta_{pj} \quad (2)$$

gdzie:

F_j – efektywny fundusz czasu j -tego stanowiska roboczego w godz./rok,

K_d – liczba dni w roku,

N^r – liczba niedziel w roku,

S_w – liczba świąt w roku (z wyłączeniem świąt przypadających w niedziele),

S_{wo} – liczba wolnych sobót w roku,

z_m – zmianowość,

η_{pj} – planowany współczynnik uwzględniający przestoje stanowiska roboczego.

W badanym podmiocie praca odbywa się na jednej zmianie trwającej 8 godzin, pracownicy dysponują 30-minutową przerwą w ciągu dnia oraz zakłada się

przeznaczenie 15 min dziennie na konserwację maszyn. W związku z tym fundusz czasu pracy w 2017 roku kształtuje się na poziomie:

$$F_{jp} = (365 - 52 - 13 - 51) \cdot 8 \cdot 1 \cdot 0,9375 = 1867h / rok$$

$$F_{jm} = (365 - 52 - 13 - 51) \cdot 8 \cdot 1 \cdot 0,9687 = 1930h / rok$$

3. Takt produkcji, oznaczający czas pomiędzy ukończeniem kolejnych jednostek produktu:

$$\tau_i = \frac{F_j}{N_i} \quad (3)$$

gdzie:

τ_i – takt produkcji i -tego detalu w godz./szt.,

N_i, F_j – określenia jak wyżej.

Na podstawie powyższych obliczeń oszacowano, że takt w firmie stolarskiej wynosi:

$$\tau_i = \frac{1867h / rok}{473szt. / rok} = 3,95h / szt.$$

4. Zapotrzebowanie na materiały, surowce i półwyroby:

Zużycie materiałów jest obliczane na podstawie opracowanej technologii produkcji, w której określa się rodzaj, jakość i ilość surowców. Natomiast zapotrzebowanie szczegółowo oblicza się na podstawie norm zużycia oraz założonego planu produkcji w danym przedziale czasu. Jest ono ustalane według wzoru:

$$Z_f = Z_u + Z_k + Z_p \quad (4)$$

gdzie:

Z_f – zapotrzebowanie na dany materiał lub półwyrób,

Z_u – przewidywane zużycie materiału w danym okresie,

Z_k – zapas materiału na koniec planowanego okresu,

Z_p – zapas materiału na początek planowanego okresu.

W analizowanym podmiocie produkcja jest realizowana zgodnie ze strategią MTO (ang. *make-to-order*), tzn. jest podejmowana w momencie wpłynięcia zamówienia, dlatego zapotrzebowanie na surowce kalkuluje się na podstawie tabeli 4.

Tabela 4. Zapotrzebowanie na materiały i surowce

Lp.	Nazwa wyrobu gotowego	Program produkcji roczny N szt/rok	Nazwa zespołu półwyrobu z kooperacji	Norma zużycia na 1 (100) wyrobów gotowych szt/wyrób	Zapotrzebowanie roczne	
					kg/rok	m ³ /rok
1.	Stół	473	drewno	0,25 m ³		118,25
2.	Stół	473	klej	0,2 kg	94,6	
3.	Stół	473	lakier	3 l	141,9	

Źródło: Opracowanie własne.

5. Liczba maszyn i urządzeń produkcyjnych:

Obliczenia liczby maszyn i urządzeń produkcyjnych oraz w późniejszej części pracowników bezpośrednio produkcyjnych i wyposażenia technicznego będą polegały na bilansowaniu potrzebnej liczby godzin i dysponowanych poprzez dobór ilości posiadanych maszyn. Kalkulacje są prowadzone w grupach rodzajowych maszyn i urządzeń:

$$M_p = \sum_{j=1}^k N_j \times T_{mj} \quad (5)$$

gdzie:

M_p – liczba maszynogodzin potrzebnych,

N – program produkcyjny,

K – liczba produkowanych asortymentów,

T_m – czas grupy maszyn przeznaczony na daną operację we właściwym (określonym) przedziale czasu.

Natomiast:

$$M_d = F_{jm} \cdot i \quad (6)$$

M_d – liczba maszynogodzin dysponowanych,

F_{jm} – fundusz efektywny czasu pracy maszyny,

i – ilość maszyn w grupie.

6. Liczba potrzebnego wyposażenia technicznego:

Obliczenia niezbędnej do funkcjonowania firmy liczby maszyn i urządzeń przeprowadza się w grupach operacji technologicznych, kontroli i pomiarów, transportu, magazynowania i składowania zgodnie ze wzorem:

$$M_m = M_1 + M_2 + \dots + M_n \quad (7)$$

przy czym:

$$M_1 = \frac{T_1}{F_{jm1}} \quad (8)$$

Analogiczne obliczenia należy przeprowadzić w każdej grupie maszyn i operacji, natomiast całkowitą liczbę wyposażenia technicznego oblicza się według wzoru:

$$M_n = \frac{\sum T_m \cdot N}{F_{jm} \cdot k} \quad (9)$$

przy czym:

k – współczynnik przekroczenia norm (jeżeli planowany).

7. Liczba pracowników bezpośrednio produkcyjnych:

Obliczenia przeprowadza się w grupach robotników $R_{b1} : R_{bn}$ według rodzajów robót:

$$R_b = R_{b1} + R_{b2} + \dots + R_{bn} \quad (10)$$

$$R_{b1} = \frac{T_{r1}}{F_{jp1}} \quad (11)$$

$$R_{bn} = \frac{T_{rn}}{F_{jpn}} \quad (12)$$

przy czym:

T_r – czas wykonania danej operacji,

F_{jp} – czas efektywny pracy robotnika.

8. Powierzchnia produkcyjna i zakładu:

Kolejną grupą kalkulacji są obliczenia niezbędnej powierzchni dla poszczególnych wydziałów i gniazd produkcyjnych, w których, podobnie jak w przypadku maszyn, należy porównać iloczyn powierzchni pomnożonej przez czas potrzebny do wykonania zadania P_p oraz iloczynu powierzchni i czasu dysponowanego P_d . Warunkiem podstawowym jest zależność:

$$P_p \leq P_d \quad (13)$$

Powierzchnię potrzebną oblicza się według wzoru:

$$P_p = \sum_{j=1}^k N_j \cdot g_j \cdot t_j \quad (14)$$

gdzie:

k – liczba produkowanych asortymentów,

N – roczny program produkcyjny,

g – powierzchnia potrzebna do wyprodukowania 1 szt. wyrobu,

t – czas niezbędny do przeprowadzenia robót przy wykonaniu 1 szt. wyrobu.

Powierzchnię dysponowaną określa równanie:

$$P_d = F_{ep} \cdot S \quad (15)$$

przy czym:

F_{ep} – efektywny fundusz czasu pracy powierzchni,

S – posiadana powierzchnia produkcyjna.

Obliczenia poszczególnych grup pracowników, maszyn, urządzeń, wyposażenia technicznego i powierzchni zostały przedstawione w tabeli 5 w podziale na poszczególne operacje.

Tabela 5. Obliczenia produkcyjne

Nazwa części zespołu wyrobu	Ogółem		Fazy przygotowawcze			Fazy obróbki części		Fazy montażu		Fazy dystrybucji sprzedaży i serwisu		Uwagi
		P1	P2	P3	O1	O2	O3	M1	D1	D2		
Pracochłonność jednostkowa Tr – czas wykonania danej fazy [h]	31	3	9	2	1	1	0,5	0,5	12	2		
Łączna Tr * N pracochłonność [h]	8798	1419	4257	946	473	473	236,5	236,5	284	946		
Obliczona liczba pracowników bezpośrednio produkcyjnych	4	0	0	0	1	1	1	1	0	0		
Przyjęta liczba pracowników	8	1	1	1	1	1	1	1	1	0		
Przyjęty efektywny fundusz czasu pracy 1. urządzenia lub stanowiska [h]	1867	1867	1867	1867	1867	1867	1867	1867	1867	0		
Obliczona liczba urządzeń lub stanowisk	9	1	2	1	1	1	1	1	1	0		
Przyjęta liczba urządzeń lub stanowisk	9	1	2	1	1	1	1	1	1	0		
Normatyw powierzchni m ² /1 urządzenie lub stanowisko robocze	80	2	10	10	6	6	20	6	10	0		
Powierzchnia produkcyjna (normatyw x ilość stanowisk)	90	2	20	10	6	6	20	6	10	0		

Źródło: Opracowanie własne.

W powyższej tabeli zebrano wyniki obliczeń niezbędnych do modelowania systemu produkcyjnego elementów zgodnie z punktami 1-8. Na tej podstawie można wnioskować, że przyjęta liczba pracowników, maszyn i urządzeń jest wystarczająca do skutecznego prowadzenia działalności produkcyjnej. W przypadku gdy przyjęta liczba stanowisk roboczych lub pracowników byłaby mniejsza od obliczonej, należałoby ponownie przeanalizować przyjętą strukturę systemu produkcyjnego i przedsiębiorstwa.

Podsumowanie

Reasumując, w artykule przedstawiono metodę modelowania systemu produkcyjnego w przedsiębiorstwie oraz omówiono kluczowe etapy, które są niezbędne do zrealizowania podczas przygotowania się do rozpoczęcia wytwarzania.

Ponadto zaprezentowano czynności, które należy zrealizować podczas opracowywania założeń do systemu, na które składają się elementy wektora wejścia oraz wyjścia wraz ze sposobem zarządzania. Szczegółnej analizie poddano proces transformacji, na który składają się czynności w ramach przygotowania produkcji, operacji procesu wytwórczego oraz formy sprzedaży, a także strategię dystrybucji. Przedstawiono również algorytm prowadzenia obliczeń orientacyjnych umożliwiających ilościowe określenie niezbędnych materiałów, surowców i pozostałych czynników produkcji warunkujących zakładany poziom wytwarzania.

Zaprezentowane narzędzie jest użyteczne do opracowywania nowych modeli systemów produkcyjnych w przedsiębiorstwach oraz do weryfikacji już istniejących, pod kątem liczby pracowników, maszyn, urządzeń i wyposażenia technicznego w kontekście czasochłonności operacji i dysponowanego funduszu czasu pracy.

Literatura

- Burchart-Korol D., Furman J. (2007), *Zarządzanie produkcją i usługami*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- Durlik I. (2015a), *Inżynieria zarządzania. Cz. I: Strategia i projektowanie systemów produkcyjnych*, Placet, Warszawa.
- Durlik I. (2015b), *Inżynieria zarządzania. Cz. II: Strategia i projektowanie systemów produkcyjnych*, Placet, Warszawa.
- Durlik I. (1993), *Inżynieria zarządzania. Strategia i projektowanie systemów produkcyjnych w gospodarce rynkowej*, Wyd. Naukowe „AMP”, Katowice.

Muhlemann A.P., Oakland J.S., Lockyer K.G. (1995), *Zarządzanie. Produkcja i usługi*, PWN, Warszawa.

Pająk E., Klimkiewicz M., Kosieradzka A. (2014), *Zarządzanie produkcją i usługami*, PWE, Warszawa.

ANALYSIS AND METHODOLOGY OF MODELING THE PRODUCTION SYSTEM OF THE CARPENTRY INDUSTRY

Summary: Functioning of manufacturing companies is based on an efficient production system consisting of elements of the input vector (X), transformation process and output vector (Y) together with the accepted management concept. The aim of the article is to present the method of modeling the selected production system and detailed analysis of the basic manufacturing process in the examined enterprise. Particular attention has been paid to the calculation method of the production program, the effective working time fund, the tactic, the hourly task, the demand for materials and raw materials. In addition, the methods of estimating the number of machines and production equipment, technological equipment, necessary direct production staff, the required area of the company and the level of stocks kept are discussed.

Keywords: manufacturing, production system, modeling, calculations, scheduling.