

**UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI**  
**WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ I ŚRODOWISKA**  
**INSTYTUT BUDOWNICTWA**

**ARTUR SPÓLNIK**

**EKONOMETRYCZNE FORMOWANIE**  
**PORTFELA ZAMÓWIEŃ**  
**I OCENA PROGRAMU PRODUKCYJNEGO**  
**W FIRMIE BUDOWLANEJ**

**PRACA DOKTORSKA**

**PROMOTOR: dr hab. inż. Jacek Przybylski prof. UZ**

Zielona Góra  
wrzesień 2004 r.

## WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ

PP	- program produkcyjny
PB	- przedsiębiorstwo budowlane
PPPB	- program produkcyjny przedsiębiorstwa budowlanego
OPRPP	- ocena przebiegu realizacji programu produkcyjnego
$T_{\max}$	- przedział czasu objęty przez PP
C	- funkcja sankcji
PZPB	- portfel zamówień przedsiębiorstwa budowlanego
$K_p$	- współczynnik efektywności wykorzystania zasobów
$C_R$	- cykl realizacyjny
JSPPB	- jedyny system przygotowania produkcji budowlanej
UMS	- uogólnione modele sieciowe
MNK	- metoda najmniejszych kwadratów
MZRA	- metoda zespołowego rozliczania argumentów
AC	- analiza czynnikowa
MI	- modelowanie imitacyjne (symulacja)
TOZ	- trend optymalnej złożoności
NI	- normatywna informacja
ZP	- zaopatrzenie programowe
WEWZ	- współczynnik efektywności wykorzystania zasobów
ATE	- analiza techniczno-ekonomiczna
RBM	- roboty budowlano-montażowe

## SPIS TREŚCI

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ.....	2
WSTĘP.....	5
Rozdział I - Stan wiedzy odnośnie przygotowanie programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego i zadania badawcze .....	9
1.1. Analiza procesu kierowania przygotowaniem produkcji W zakresie realizowanego programu produkcyjnego (PP).....	9
1.2. Analiza ocen przebiegu realizacji PP w przedsiębiorstwie Budowlanym i metody jego ustalania .....	15
1.3. Wnioski i zadania badawcze .....	33
Rozdział II – Formatowanie portfela zamówień przedsiębiorstwa budowlanego w warunkach rynkowych.....	37
2.1. Przedstawienie zadania formowania portfela zamówień przedsiębiorstwa budowlanego i opracowanie metody rozwiązywania go .....	37
2.2. Rozwiązywanie zadania przy ograniczonym potencjale przedsiębiorstwa budowlanego .....	48
2.3. Rozwiązywanie zadania przy ograniczonych ekonomicznych możliwościach przedsiębiorstwa budowlanego.....	73
2.4. Optymalizacja procesu formowania portfela zamówień PB .....	82
2.5. Wnioski badawcze.....	86
Rozdział III – Przygotowanie programu produkcyjnego PB na podstawie oceny przebiegu jego realizacji.....	88
3.1. Określanie oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego PB za pomocą modelu symulacyjnego .....	88
3.1.1. Parametry zasobów PB .....	93
3.1.2. Parametry obiektów PP .....	95
3.1.3. Parametry robót PP.....	97
3.1.4. Funkcjonał określenia pierwszeństwa przy wyborze wariantów rozdzielenia zasobów .....	99
3.1.5. Algorytm rozdzielenia zasobów na wykonanie robót programu produkcyjnego.....	100
3.2. Ustalenie granicznych wartości ocen przebiegu realizacji programu produkcyjnego.....	108
3.3. Adaptacja symulacyjnego modelu oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego do warunków działalności przedsiębiorstwa budowlanego (PB).....	117
3.4. Optymalizacja procesu uzgadnianych kontraktów na podstawie oceny przebiegu realizacji programu produk-	

cyjnego (PP) .....	134
3.5. Wnioski badawcze .....	135
Rozdział IV – perspektywy wdrażania i rozwoju udoskonalanych metod przygotowania programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego .....	137
4.1. Podstawowe tezy po zaopatrzeniu programowym dla zadań przygotowania PPPB.....	137
4.2. Ocena przebiegu realizacji oraz przygotowania PPPB.....	139
4.3. Perspektywy rozwoju udoskonalanych metod przygotow- ania programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowl- anego PPPB .....	144
4.4. Wyniki badawcze .....	146
REASUMACJA PRACY .....	148
LITERATURA .....	150

## WSTĘP.

Każde przedsiębiorstwo budowlane formuje portfel zamówień pod kątem indywidualnych kosztów własnych i również własnych realiów ekonomiczno-technicznych. Dlatego odpowiedzi na pytania: jak optymalnie ułożyć program produkcyjny, jak rozwiązać zagadnienie z włączeniem nowego obiektu w już realizowany program produkcyjny, jak prawidłowo rozliczyć swoje możliwości, trzeba udzielać indywidualnie dla danej firmy. W warunkach rynku efektywne funkcjonowanie każdego przedsiębiorstwa zależy od umiejętności wybierania korzystnych zamówień i skutecznej ich realizacji.

Do wyboru odpowiednich zamówień niezbędne jest posiadanie wysokiego image'u i prowadzenie ukierunkowanego poszukiwania umów budowlanych, a dla skutecznej ich realizacji jest potrzebne szybkie wcześniejsze oraz wystarczająco dokładne rozliczenie ceny umownej i terminów<sup>\*1</sup> budowy obiektu, a także ocena przebiegu stopnia wykonania programu produkcyjnego własnym potencjałem. Niedokładne oszacowanie w sensie „in minus”, a także przeliczenie się z realnymi możliwościami w zakresie przyszłych nakładów i niedokładne ich rozpoznanie we wszystkich aspektach przez dział przygotowania produkcji może doprowadzić firmę budowlaną do krachu ekonomicznego.

Wszystko to świadczy o tym, że proces kierowania przygotowaniem produkcji budowlanej nabył bardziej skomplikowanego charakteru niż to miało miejsce w okresach wcześniejszych.

Żeby rozstrzygnąć problem związany ze zwiększeniem trudności sterowania budową, szereg autorów proponuje stworzenie podsystemu kontroli umów, który rozumie się jako ukierunkowaną działalność przedsiębiorstwa budowlanego w warunkach rynku po zawarciu umów budowlanych, zaczyna-

---

\* żądanego terminu zakończenia umowy, tj.  $C_R$

jąc od poszukiwania potencjalnych zleceniodawców, a kończąc podpisaniem kontraktów i finalnie kontrolą ich realizacji.

Ważniejszymi komponentami podsystemu kierowania kontraktacją jest formowanie portfela zamówień i ocena przebiegu realizacji programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego. Przygotowanie programu produkcyjnego jest trudnym, nieprzerwanym, dynamicznym i losowym procesem, co uwarunkowuje zastosowanie skomplikowanych modeli i metod rozwiązania zadań wynikających z PP.

Te problemy były rozstrzygane na wiele sposobów, ale w warunkach stosunków rynkowych nabrały bardziej skomplikowanego charakteru i ich rozwiązanie wywiera duży wpływ na wyniki pracy przedsiębiorstwa budowlanego.

W ostatnim czasie pojawiło się sporo opracowań doskonalących metody rozwiązywania zadań przy formowaniu portfela zamówień i ocenę przebiegu realizacji programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego. Jednak są one jeszcze bardzo akademickie, tzn. o niskim stopniu przydatności praktycznej.

**Cel dysertacji** - opracowanie modeli i metod formowania portfela zamówień przedsiębiorstwa budowlanego oraz oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego, ich realizacji na etapie przygotowania produkcji przedsiębiorstwa budowlanego przy zapewnieniu optymalnych warunków pracy.

Dla osiągnięcia tego celu zostały postawione następujące zadania:

1. Wykonać analizę literatury przedmiotu i normatywnych źródeł, a także przeprowadzić analizę funkcjonowania dotychczasowego systemu kierowania realizacją procesu budowlano-montażowego.
2. Zbadać i opracować możliwe do przyjęcia metody rozwiązywania zadań formowania portfela zamówień przedsiębiorstwa budowlanego na

podstawie analizy wymaganych i istniejących produkcyjno-ekonomicznych wskaźników jego działalności oraz propozycji zleceńodawcy.

3. Zbadać i udoskonalić metody określenia oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego w warunkach gospodarki rynkowej.
4. Zbadać program wymagań dla modeli i metod rozwiązywania zadań w celu wykorzystania ich na komputerze. Opracować ekonomiczno-matematyczny aparat, spełniający stawiane wymagania. Wprowadzić również zmiany w toku procesu przygotowania programu produkcyjnego w związku z wykorzystaniem nowej metody.
5. Opracować kompleks środków programowych wg wyników badań z możliwością wdrożenia go w przedsiębiorstwach budowlanych.

Za teoretyczną i metodologiczną podstawę badań przyjęto obowiązujące w budownictwie ustawy i normatywy, osiągnięcia krajowe i zagraniczne w dziedzinie organizacji i kierowania budownictwem, technologii budownictwa, zastosowano analizę systemową, metody ekonomiczno-matematyczne, statystykę matematyczną, teorię modelowania stochastycznego i optymalizację modelowania symulacyjnego oraz automatyzację kierowania.

**Obiektem badania** są przedsiębiorstwa budowlane różnych struktur i form własności.

**Nowość naukowa** dysertacji polega na:

- opracowaniu metody formowania portfela zamówień z dowolnie wybranym kryterium rozliczenia, które pozwoli zestawiać program produkcyjny w dowolnym przedziale czasu i optymalizować jego produkcyjne i ekonomiczne wskaźniki;

- opracowaniu metody oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego, pozwalającego na bazie sformowanego portfela zamówień, zbudować harmonogramowy plan robót, optymalizowany według kryterium integralnego na podstawie danych o obiekcie, przedsiębiorstwie i o dowolnie wybranym użytkowniku.

\* **Wartość praktyczna pracy** polega na tym, że proponowane w dysertacji naukowo uzasadnione metody do przygotowania programu budownictwa mogą być wykorzystane praktycznie w dowolnym przedsiębiorstwie czy firmie budowlanej. Wyraża się to w pełnej możliwości wdrożenia kompleksu programów z zastosowaniem opracowanej metody.



## **1. STAN WIEDZY ODNOŚNIE PRZYGOTOWANIA PROGRAMU PRODUKCYJNEGO PRZEDSIĘBIORSTWA BUDOWLANEGO I ZADANIA BADAWCZE.**

### **1.1. Analiza procesu kierowania przygotowaniem produkcji budowlanej z punktu widzenia realizowanego programu produkcyjnego.**

Niezbędność pomyślnego i skoordynowanego rozwoju stawia przed budownictwem inwestycyjnym trudne i złożone zadania, rozwiązanie których jest niemożliwe bez podjęcia odpowiednich środków doskonalących organizację i kierowanie budownictwem.

Przedsiębiorstwa budowlane swą samodzielność produkcyjno-ekonomiczną przejawiają w przygotowaniu programu produkcyjnego zgodnie z własnymi rozliczeniami ekonomicznymi lub określeniem ceny umownej będącej odbiciem stosunku popytu-podaży, warunków budownictwa (rejon, czas, zagęszczenie, technologia, itp.), jakości robót i innych.

Pod procesem organizacji i kierowania budownictwem rozumie się podjęcie decyzji w zakresie kwestii od uzasadnienia techniczno-ekonomicznej racjonalności budowy do jej zakończenia przez wykonawcę [55]. Kwestie wyróżnione z wyżej przedstawionego kompleksu i odnoszące się do kompetencji wykonawcy, zawierają treść procesu kierowania przemysłem budowlanym.

Jak wiadomo proces organizacji i kierowania przemysłem budowlanym przedstawia całokształt konsekwentnych czynów subiekta-zarządcy, który to proces rozpoczyna się od stawianego celu i kończy się jego osiągnięciem.

W wyniku realizacji procesu organizacji i kierowania zapewnia się wykonanie konkretnych funkcji, z których każda przedstawia kompleks jedno-

rodnych powtarzających się zadań, rozwiązywanych w celu zapewnienia bez zakłóceńowego funkcjonowania przemysłu budowlanego.

W systemie kierowania przemysłem budowlanym można wyróżnić minimum sześć podstawowych funkcyjnych podsystemów [73, 87]: kierowanie przygotowaniem przemysłu budowlanego, kierowanie robotami, kierowanie funduszami, kierowanie gospodarką materiałowo-techniczną i jej zasobami, kierowanie finansowymi zasobami przemysłu budowlanego, kierowanie zasobami pracy w budownictwie.

Proces kierowania, realizujący się w strukturze funkcjonalnego podsystemu kierowania przygotowaniem produkcji budowlanej, można przedstawić jako proces kierowania jedynym systemem przygotowania produkcji budowlanej (JSPPB).

Rozpatrzmy problemy rozwiązywane przez wykonawcę w okresie realizacji wyznaczonego procesu.

JSPPB zawiera cztery stadia przygotowania produkcji budowlanej:

- przygotowanie ogólne organizacyjno-techniczne;
- przygotowanie przedsiębiorstwa budowlanego;
- przygotowanie do budowy obiektów;
- przygotowanie budowlano-montażowych robót (procesów produkcyjnych).

Biorąc pod uwagę charakter badań istotne są dwa pierwsze wyżej przedstawione stadia przygotowania produkcji budowlanej.

W strukturze wspólnego organizacyjno-technicznego przygotowania (pierwsze stadium JSPPB) przyjrzymy się kwestii kolejności zawierania umów-zleceń.

Przygotowaniu warunków umownych w budownictwie poświęcono sporo prac [69, 71, 108], u podstawy których leżą kwestie rozwiązania zadań, zapewniających realizację zasad o umowach zleceniach na budownictwo in-

westycyjne. Jako przykład rozpatrzmy proces zawarcia umowy-zlecenia na budownictwo inwestycyjne pomiędzy zleceniodawcą i wykonawcą [70].

W początkowym stadium wyznaczonego procesu przeprowadza się prace przedumowne, w wyniku których rozwiązuje się kwestie dotyczące wstępnej analizy warunków umowy.

W końcowym stadium zgodnie z ustalonymi regułami [72] dział kosztorysów i umów firmy analizuje materiały otrzymane celem opracowania wstępnej wersji przedumownej i na tej podstawie wspólnie z radcą prawnym przygotowuje projekt umowy i jego szczegółowe warunki.

Uzgodniony z zainteresowanymi działami i służbami firmy projekt umowy z załącznikami i szczegółowymi warunkami podpisuje kierownik PB i przekazuje zleceniodawcy do załatwienia formalności. Zleceniodawca musi w ustalonym terminie podpisać go i zwrócić wykonawcy. Przy napotkaniu sprzeciwów zleceniodawca musi spisać protokół niezgodności, skierować go w tym samym terminie do wykonawcy razem z podpisaną umową-zleceniem. Wykonawca musi w ustalonym terminie dokonać korekty lub też całą dokumentację przekazać do ostatecznej decyzji organizacji nadrzędnej, do arbitrażu lub sądu.

Żeby uczestniczyć w przetargach, potencjalny wykonawca musi w ustalonym przez zleceniodawcę terminie wypełnić dokumentację przetargową, w której powinien ustalić swoje warunki. Przy wypracowaniu tych ostatecznych, jako kryterium przyjęcia przez przedsiębiorstwo budowlane optymalnej dla niego decyzji, musi występować wskaźnik kompleksowy, odtwarzający oczekiwane i żądane wyniki ekonomiczne jego działalności produkcyjnej przy realizacji propozycji przetargu. Więc, dla praktycznego ustawienia warunków kontraktowych przedsiębiorstwa budowlanego niezbędne jest, po pierwsze: przygotować projekt nowego programu produkcyjnego z uwzględnieniem zawartości programu bieżącego i propozycji inwestora i po drugie: wykonać

analizę oczekiwanych wyników ekonomicznych, wykorzystując do tego wskaźnik kompleksowy.

W taki oto sposób, udział przedsiębiorstwa budowlanego w przetargach na zlecenie, powoduje niezbędność sprawnego i jakościowego przyjęcia decyzji po ustaleniu korzystnych ekonomicznie i realizacyjnie warunków kontraktu, a to wymaga rozpatrzenia nowych zadań organizacji i kierowania przemysłem budowlanym.

Przygotowanie przedsiębiorstwa budowlanego (drugie stadium JSPPB) odtwarza się w programie kompleksowym, który określa się planem budowlano-finansowym, gdzie się łączy kwestie działalności przemysłowej i finansowej. Plan budowlano-finansowy składa się z kilku części, z których wiodącą jest program produkcyjny przedsiębiorstwa budowlanego (PPPB). Przedstawia on, plan uruchomienia mocy produkcyjnych i obiektów. Wszystkie pozostałe rozdziały są pochodnymi w stosunku do programu produkcyjnego i są przeznaczone dla jego pomyślnej realizacji.

Rozpatrzone stadium JSPPB realizuje się na podstawie już podpisanych umów-zleceń. Dlatego głównym jego zadaniem jest zapewnienie warunków zleceniodawcy, nawet na niekorzyść interesów przedsiębiorstwa budowlanego. Takie decyzje w warunkach rynku nie powinny być podejmowane, gdyż przy założeniu dłuższego horyzontu czasowego nie dają gwarancji normalnego funkcjonowania firmie budowlanej. Tak więc, w realiach rynkowych uzasadnienie warunków umowy-zlecenia wskazane jest przyjmować na podstawie analizy techniczno-ekonomicznej przygotowanego programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego.

Prócz tego w warunkach stosunków rynkowych pojawiły się jakościowo nowe wymagania, które we wcześniejszym systemie gospodarowania nie miały miejsca; na przykład, podjęcie decyzji przez przedsiębiorstwo budowlane przy braku zamówień na produkcję budowlaną lub pojawienie się ko-

rzystnego zamówienia przy już zestawionym i realizowanym programie. Biorąc pod uwagę, że w warunkach rynku gwarancji obciążenia nikt dać nie może, staje się oczywista niezbędność dla przedsiębiorstwa budowlanego posiadania do dyspozycji odpowiednich metod rozwiązywania wskazanej klasy zadań.

Pojawienie się w JSPPB nowej funkcji poszukiwania zleceniodawców daje możliwość znalezienia ich w każdej chwili. To powoduje konieczność przeprowadzenia przez wykonawcę operatywnej wstępnej analizy umownych warunków realizacji budowy, co oznacza, że zleceniodawca musi otrzymać konkretną odpowiedź w najkrótszym terminie.

W wyniku takiej analizy muszą być ustalone trzy najważniejsze wskaźniki: cena umowna na inwestycję, ciągłość i terminy jej realizacji [77]. Rozwiązanie takich kwestii wiąże się z pewnym ryzykiem dla obu stron [36]. Rozwiązanie racjonalne tego zadania jest możliwe tylko z pomocą nowoczesnych metod podejmowania decyzji w warunkach ryzyka i niepewności oraz przy wykorzystaniu możliwości komputerów [79, 101].

Jak zauważono wcześniej, najczęściej opracowywanie programu budowlano-ekonomicznego na kolejny rok odbywało się na podstawie zawartych umów ze zleceniodawcami. Dlatego przy opracowywaniu programu produkcyjnego, często pojawiały się trudności z jego praktyczną realizacją. Poza tym, przy podpisaniu umowy, nie zawsze doceniano moment ryzyka, co do możliwości jej wykonania w uzgodnionym terminie i zakresie oraz wynikających stąd skutków prawnych. Wcześniejsza zmiana programu przy podpisywaniu umowach dokonywała się dyrektywnie i strona ekonomiczna często nie była najistotniejsza, natomiast ważne było, aby nie przebiegając w środkach realizować przygotowany program budowlany.

W warunkach stosunków rynkowych wszystko się zmienia. Na pierwszy plan wychodzą warunki ekonomiczne [35], które kształtują pomyślność

przedsiębiorstwa budowlanego. Czyli, kwestie przygotowania programu produkcyjnego muszą być ściśle powiązane z potencjałem przedsiębiorstwa budowlanego i procesem podpisywania umów. Przy czym, przygotowanie i ocena (ekonomiczna i pewności realizacji) przeprowadzana jest na jakościowo nowym poziomie, uwarunkowanym wymaganiami praktyki i możliwościami nauki.

Przeprowadzona analiza pozwala pokazać, że w warunkach stosunków rynkowych proces organizacji i kierowania przemysłem budowlanym staje się przedsięwzięciem trudnym, dynamicznym, nieprzerwanym i stochastycznym, w jego strukturach pojawiają się nowe etapy, a część wcześniej istniejących ulega jakościowym zmianom.

Dla rozwiązania problemów, związanych z rosnącymi trudnościami kierowania budową szereg autorów proponuje stworzyć podsystem kierowania kontraktacją, co ujmowane jest jako ukierunkowana działalność przedsiębiorstwa budowlanego w warunkach stosunków rynkowych po zawarciu kontraktów (umów) na inwestycje, zaczynając od poszukiwania potencjalnych zlecniodawców i kończąc podpisaniem kontraktów z postępującą po nich kontrolą wykonania.

Dla celów badawczych ważne jest, że podjęcie decyzji w procesie kierowania kontraktacją jest nierozdzielnie związane z oceną oczekiwanych wyników realizacji przygotowania programu produkcyjnego; powstaje więc konieczność analizy opracowania oceny przebiegu PP.

## **1.2. Analiza ocen przebiegu realizacji programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego i metody jej ustalenia.**

Ważnym etapem działalności produkcyjnej przedsiębiorstwa budowlanego, decydującym o jej efektywności w warunkach gospodarki rynkowej jest przygotowanie programu produkcyjnego (dalej PPPB). Rozpatrywany proces określa się szeregiem właściwości, jedną z których jest dynamiczny charakter przygotowania programu produkcyjnego, polegający na tym, że:

- 1) program produkcyjny może być przygotowany na nieustalony okres czasu tj. określony na podstawie propozycji zlecniodawców;
- 2) w obojętnym momencie czasu we wcześniej przygotowanym i realizowanym PPPB mogą być włączone nowe obiekty, które pojawiają się w wyniku propozycji zlecniodawców.

Drugą ważną właściwością przygotowania programu produkcyjnego w warunkach stosunków rynkowych jest zapewnienie wymaganej efektywności ekonomicznej działalności produkcyjnej przedsiębiorstwa budowlanego.

Różnorodność wariantów alternatywnych wykonania PPPB doprowadza do niezbędności ich ocen. Jako ostatni może być wykorzystany przebieg realizacji PPPB. Rozpatrzymy pojęcie przebiegu realizacji bardziej szczegółowo.

W warunkach stosunków rynkowych jest przyjęte rozpatrywanie różnych typów przebiegu realizacji programu produkcyjnego, np. pod względem zużywanych zasobów, organizacyjno-technologicznym, ekonomicznym, itp.

Jak wykazały badania [34,80], program produkcyjny nie może być rozpatrywany jako zwykły całokształt tworzących go obiektów, to znaczy, że przygotowanie programu produkcyjnego na podstawie ocen osobnych obiektów nie może gwarantować najlepszego wariantu PPPB w całości.

Do głównych ocen przebiegu realizacji programu produkcyjnego, można odnieść następujące niżej wymienione:

- 1) zgodność struktury budowlano-montażowych robót ze strukturą zasobów przedsiębiorstwa budowlanego;
- 2) skoordynowanie mocy przedsiębiorstwa budowlanego i zakresu budowlano-montażowych robót;
- 3) oceny ekonomiczne.

W osnowie przebiegu realizacji ekonomicznego leży ustalenie bilansu wydatków i zysków. W warunkach rynku jest on wskaźnikiem uniwersalnym, niemniej jednak w sytuacji niestabilizowanej te oceny są trudne do realizacji wskutek ciągłych zmian polityki ekonomicznej, wyrażanych poprzez ustawy i inne akty normatywne.

Jednak ogólnie wiadomo charakterystyki realizowanego programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego w znacznym stopniu odzwierciedlają jego wskaźniki ekonomiczne.

Przy tym różne charakterystyki czasowe odzwierciedlają różne wskaźniki ekonomiczne wykonywania programu produkcyjnego. Na przykład, długość wykonania całego programu produkcyjnego, uzależnia wielkość ogólnego zysku przedsiębiorstwa budowlanego od jego wykonania, ogólne przekroczenie terminów umownych ukończenia budowy obiektów programu produkcyjnego jest powiązane z wielkością kar i odszkodowań umownych.

W ten sposób terminy budowy obiektów PPPB i ustalone na ich podstawie charakterystyki czasowe można rozpatrywać jako wskaźniki uogólnione przebiegu realizacji programu produkcyjnego, czyli odzwierciedlają one wpływ wskaźników organizacyjno-technologicznych na jego wykonanie i określają przy tym wyniki ekonomiczne.



Więc, w procesie przygotowania PPPB, dla analizy alternatywnych wyników jego wykonania, niezbędne jest ustalenie oceny przebiegu realizacji każdego wariantu programu produkcyjnego i wybór lepszego z nich.

Ustalenie ocen przebiegu realizacji programu produkcyjnego (dalej jako UPRPP) opiera się na ustaleniu czasowych charakterystyk i odpowiadających im wskaźników ekonomicznych działalności przedsiębiorstwa budowlanego.

Większość prac, poświęconych badaniu kwestii organizacji i kierowania przedsiębiorstwem budowlanym, w tym czy innym stopniu dotyczą określenia terminów budowy obiektów lub wykonania osobnych typów budowlano-montażowych robót programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego. Dlatego są rozpatrzone nie same prace, a wykorzystane lub proponowane w nich metody, ich walory i niedociągnięcia.

Z powyższego powodu w rozprawie została wykonana analiza wykorzystanych przez autorów prac naukowo-badawczych dotyczących metod ustalenia terminów budowy i wykonania robót w procesie przygotowania i realizacji programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego z uwzględnieniem jego mocy, zakresów budownictwa i innych czynników [59, 79, 89, 110].

Metody stosowane przez różnych autorów, warunkowo można podzielić na następujące grupy:

- 1) metody modelowania matematycznego;
- 2) metody sieciowe;
- 3) metody statystyczne;
- 4) metody prognozowania;
- 5) metody modelowania symulacyjnego;
- 6) metody niezawodności organizacyjno-technologiczne;
- 7) metody samoorganizacji.

Krótko rozpatrzemy metody każdej z w/w grup.

### **Metody modelowania matematycznego.**

Wykorzystanie metod modelowania matematycznego opiera się na przedstawieniu systemu przedsiębiorstwa budowlanego jako skomplikowanego systemu [30, 32]. W tym przypadku podstawą modelowania wskazanego systemu jest teoria podobieństwa.

Przy modelowaniu skomplikowanych systemów praktycznie niemożliwe jest osiągnięcie podobieństwa absolutnego, dlatego wykonuje się niepełne modelowanie systemów, w podstawie których założono przybliżone podobieństwo, a to oznacza, że przy modelowaniu są odpowiednio odtwarzane tylko badane elementy funkcjonowania systemów, w tym czasie kiedy inne elementy mogą być modelowane w sposób przybliżony lub nie być modelowane wogóle.

W zależności od rozwiązywanych zadań w dużej ilości prac dla zbadania systemu przedsiębiorstwa budowlanego stosuje się różne typy modelowania matematycznego.

Metody programowania matematycznego są przeznaczone do zbudowania optymalnego PP wykonania określonego typu robót, pozwalającego osiągnąć minimum wydatków lub maksymalną efektywność wykorzystania zasobów. W zależności od funkcji celowej i ograniczeń programowanie matematyczne dzieli się m. in. na: liniowe, nieliniowe, dyskretne, nieprzerwane, dynamiczne, stochastyczne i inne. Szerokie zastosowanie znalazły metody programowania matematycznego przy rozwiązywaniu rocznych, kwartalnych i miesięcznych harmonogramów do [12, 110] realizowanego PPPB.

Główną wadą metod programowania matematycznego jest ograniczona możliwość obliczenia przypadkowych czynników. Z tego powodu nie mogą

one być wykorzystane z niezbędną efektywnością dla określenia ocen przebiegu realizacji programu produkcyjnego.

Wykorzystuje się też ekonomiczno-matematyczne modele. Na przykład, w pracy [45] określenie terminów budowy obiektów ustala się z wykorzystaniem modelu działalności produkcyjnej przedsiębiorstwa budowlano-montażowego. W modelu uwzględnia się współdziałanie zasobów pracy, maszyn i urządzeń, jak również ograniczenia technologiczne i zasobów na wykonanie budowlano-montażowych robót. Celową funkcją jest ocena zakresu niedokończonej budowy i oddanie obiektów w terminie oceniane funkcją karną. Do wad przedstawionego modelu odnosi się niemożliwość obliczenia charakteru probabilistycznego danych wyjściowych, wykorzystanie jako jednostki możliwości brygady i ustalenie długotrwałości wykonania robót na podstawie normatywów.

Ekonomiczno-matematyczny model realizacji PPPB w wyniku optymalizacji planu kalendarzowego uruchomienia mocy produkcyjnych i obiektów rozpatruje się w pracy [6]. Głównymi ograniczeniami są terminy dyrektywne wprowadzenia obiektów i normatywna długotrwałość budowy. Funkcję docelową określa się jako odchylenie od rytmicznego uruchamiania obiektów. Główną wadą modelu jest brak obliczenia organizacyjno-technologicznych i zasobowych ograniczeń na wykonanie robót programu produkcyjnego.

Metody stochastycznej optymalizacji planu kalendarzowego wykonania robót też znalazły zastosowanie w realizacji PPPB. Na przykład zostały one wykorzystane w pracy [78]. Na podstawie rozwiązanych przez autora modeli wielopoziomowych została zbadana zależność pomiędzy względnością wykonania robót planu kalendarzowego i wydatkami. Ustalenie wydatków i względności realizacji wykonania PP autor pokazuje na podstawie rozwiązania kompleksu wielopoziomowych stochastycznych zoptymalizowanych zadań, co znacznie obniża elastyczność modelu i utrudnia jego wykorzystanie

do ustalenia terminów budowy obiektów dynamicznie przygotowanego programu produkcyjnego.

W większości prac terminy budowy ustala się w wyniku rozwiązania zadań rozmieszczenia zakresów prac lub możliwości ich wykonania. Podstawowe zadania rozmieszczenia zasobów sprowadzają się do sortowania listy obiektów z obliczeniem różnorodnych ograniczeń. Jako czynniki, określające priorytety obiektów, rozpatruje się przestrzenne położenie obiektu, specjalizację zasobów, moc i strukturę robót, czasowe ograniczenia w budowie obiektów, itd. Jako kryteria optymalności w zadaniach rozmieszczenia wykorzystuje się minimum wymienionych nakładów, maksymalną objętość wykonanych prac, minimum warunkowej pracochłonności obiektu, minimum rozliczanych nakładów inwestycyjnych, minimum przejścia zasobów z obiektu na obiekt, itd.

Na przykład, w pracy Gassul W. A. [34] rozpatruje zadanie rozmieszczenia w wydziałach przedsiębiorstwa budowlanego zasobów do wykonania robót programu produkcyjnego. Nieprzerwalność wykonywania robót, rozpatrywana jako ograniczenie w zadaniu, znacznie obniża adekwatność danego modelu do realnych procesów przedsiębiorstwa budowlanego. Wykorzystywana funkcja celowa - minimum przejścia brygady z obiektu do obiektu - nie odzwierciedla celu optymalizacji terminów budowy obiektów programu produkcyjnego.

W innej pracy, poświęconej rozmieszczeniu zasobów [13], rozpatruje się optymalną budowę kompleksu obiektów z rozliczeniem ciągłości normatywnej budowy kompleksu i przy występowaniu ograniczeń zasobów. Funkcją celową jest minimum nakładów inwestycyjnych. W modelu nie rozlicza się wzajemnych powiązań różnorodnych budowlano-montażowych robót i proponuje się ciągłość ich wykonania.

Analiza metod, wykorzystywanych w zadaniach optymalnego rozmieszczenia pokazała, że modelowanie realnych procesów produkcji budowlanej z rozliczeniem organizacyjno-technologicznych czynników i ograniczeń zasobów, w wyniku dużej ich liczebności prowadzi do problemów obliczeniowych i innych wskazanych wcześniej braków uzasadniając w pełni konieczność udoskonalenia tych metod.

### Metody sieciowe.

Do planowania i kierowania wykonaniem kompleksu robót, rozliczenia rozmieszczenia zasobów, wyznaczenia najbardziej realnego terminu ukończenia wykonania kompleksu robót i prognozy wydatków wykorzystuje się metody sieciowe.

Znane są różnorodne formy modeli sieciowych i ich klasyfikacji wg różnych oznaczeń [8, 9, 59]. Na przykład opis matematyczny modelu sieciowego wykonania kompleksu budowlano-montażowych robót ogólnie można przedstawić w następujący sposób:

$$T_j^n - T_i^k \geq 0 \quad i, j = 1, \dots, m \quad (1.1)$$

gdzie:

$$T_i^k - T_i^n \geq t_i$$

$t_i$ - czas trwania  $i$ -tej roboty;

$i, j$ - indeksy odpowiednio poprzedniej i następnej pracy.

W dzisiejszych czasach modele sieciowe stosuje się w wielu systemach organizacji i kierowania [59, 95]. A jednak opis matematyczny modeli sieciowych nie odpowiada wszystkim nowoczesnym wymogom, które eksponują m. in. jakość modelowania budownictwa [6].

Modele sieciowe odzwierciedlają tylko jeden typ związków pomiędzy zależnymi robotami, tzn. ich całkowite poprzedzenie [8, 9].

$$\begin{array}{ccc} n & & k \\ T & \geq & T \\ j & & i \end{array}$$

Jednak związki rzeczywiste pomiędzy zależnymi robotami budowlanymi najczęściej okazują się znacznie bardziej skomplikowane. W szczególności, wykonanie jednej roboty może być częściowo lub całkowicie połączone z wykonaniem innej roboty.

Za pomocą modeli sieciowych nie jest możliwe odzwierciedlić wielowariantową technologię i organizację robót. Wszelkie, nawet nie znaczące, zmiany w wykonaniu budowlano-montażowych robót pociągają za sobą zmiany topologicznej struktury modeli sieciowych. W wyniku kierowania produkcją budowlaną za pomocą modeli sieciowych odbywa się dyskretnie - w terminach uaktualnianej informacji.

Trzeba zaznaczyć, że do rozwiązania specjalistycznego kręgu zadań były proponowane różnorodne modyfikacje modeli sieciowych, na przykład, uogólnione modele (UMS). Rozpatruje się w nich dwa typy związków pomiędzy robotami zależnymi - „nie wcześniej” i „nie później” i takie same ograniczenia terminów początku i ukończenia robót. UMS dają nie tylko jakościowy obraz związku wzajemnego robót, ale i ilościową ocenę każdego związku.

Wykorzystanie uogólnionych modeli sieciowych pozwala podnieść jakość modelowania organizacyjno-technologicznych procesów budownictwa. Tym nie mniej UMS zostaje determinowanym czasowym modelem z wadami właściwymi dla tego typu modeli.

Takim sposobem, wady modeli sieciowych nie pozwalają na efektywne zastosowanie ich do określenia ocen przebiegu realizacji dynamicznych programów produkcyjnych.

### **Metody statystyczne.**

Obiektem badania metod statystycznych są różnorodne wskaźniki efektywności przemysłu budowlanego. Zbudowanie modeli statystycznych zasa-  
dza się na opracowaniu danych statystycznych [96, 107, 114] otrzymanych w wyniku analizy działalności produkcyjnej przedsiębiorstwa budowlanego i zbudowania funkcji podziału.

Zasadniczą wadą metod statystycznych, przeszkadzającą aktywnie wykorzystywać ostatnie do określenia czasowych charakterystyk budownictwa obiektów programu produkcyjnego, jest trudność, a niekiedy niemożliwość rozliczenia konkretnych zmian rozwoju przemysłu budowlanego w aspekcie zmieniającego się czynnika czasu.

### **Metody prognozowania.**

Pod metodami prognozowania rozumie się grupę metod, powstałych po określeniu zależności pomiędzy parametrami przemysłu budowlanego, co pozwala znajdować związki jednych parametrów poprzez drugie. Najbardziej rozpowszechnionymi metodami prognozowania, wykorzystywanymi w rozwiązaniu zadań przygotowania i realizacji PPPB są: ekstrapolacja prognozo-

wania [107], metoda najmniejszych kwadratów (MNK) [96], metody zespołowego rozliczenia argumentów (MZRA) [37] i analiza czynnikowa (AC).

Podstawę metody ekstrapolacji prognozowania tworzy przedstawienie uporządkowanych w czasie zestawów zmian parametrów systemu jako szeregów czasowych, składających się ze zdeterminowanych i przypadkowych składników. W tym przypadku składnik determinowany (trend) przedstawia sobą znaczące strony rozwoju procesu w całości, a składnik przypadkowy odzwierciedla przypadkowe wahania procesu. Zadanie prognozowania polega na określeniu typu funkcji ekstrapolacyjnej na podstawie wychodzących danych empirycznych.

W zależności od typu wykorzystywanych funkcji ekstrapolacyjnych i sposobu rozliczenia błędów uzyskiwanych danych w ekstrapolacji prognozowania wykorzystuje się metodę najmniejszych kwadratów i jej modyfikacje jak: metoda wygładzania eksponencjalnego, metoda modelowania probabilistycznego i metoda wygładzania adaptacyjnego.

Najbardziej rozpowszechnionymi metodami prognozowania wieloczynnikowego są takie metody matematyczne, jak analizy korelacyjne i regresyjne, metoda grupowego obliczenia argumentów, analiza czynnikowa, teoria rozpoznawania obrazów, itd.

Metoda grupowego obliczenia argumentów przedstawia dalszy rozwój metod analizy regresyjnej. Metoda bazuje na zasadach teorii samokształcenia z wykorzystaniem skierowanego doboru [4]. Prognozowanie wykonuje się na bazie systemu równań regresyjnych, otrzymanych w wyniku rozwiązania zadania syntezy modelu optymalnego wysokiej złożoności jako adekwatnej złożoności badanego systemu.

W procesie syntezy modelu optymalnego rozpatruje się różnorodne kombinacje wchodzących oraz pośrednich zmiennych i dla każdej kombinacji buduje się model. Dla zmniejszenia błędów wykorzystuje się ciąg kontrolny i



wyznacza się regularne zmienne kryterium średniokwadratowego błędu lub wielkości współczynnika korelacji.

Realizacja systemowego podejścia w prognozowaniu czasowych charakterystyk wyników wykonania programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego, oznacza maksymalne możliwe obliczenie całokształtu parametrów, które charakteryzują system przemysłu budowlanego i współdziałanie pomiędzy nimi. Takie podejście do prognozowania czasowych charakterystyk wyników wykonania programu produkcyjnego realizuje się przy wykorzystaniu analizy czynników [21]. Metoda zasadza się na wydzieleniu uogólnionych wykładników-czynników. To pozwala, zadanie prognozowania zmiany parametrów systemu przemysłu budowlanego, sprowadzić do zadania prognozowania rozwoju czynników.

Wyznaczony kompleks zadań prognozowania wyników działalności produkcyjnej przedsiębiorstwa budowlanego, może być rozwiązany na podstawie teorii rozpoznawania obrazów [33]. Zastosowanie metody teorii rozpoznawania obrazów daje możliwość ustalenia przedziałów stałości dla ciągów czasowych i tym samym zapewnia się obiektywność wyboru modelu prognozowania.

Charakterystyczną osobliwością metody prognozowania jest obliczenie tylko zewnętrznych przejawów prognozowanych tendencji systemu produkcji budowlanej, wyrażające się poprzez wielkości ich parametrów. W taki sposób zabezpiecza się regularność metod prognozowania, tzn. jednym wartościom wchodzących parametrów odpowiadają takie same wartości wychodzących parametrów.

Poza tym, w systemie przemysłu budowlanego taka regularność nie istnieje. Na przykład, dla tego samego składu obiektów programu produkcyjnego (wchodzące parametry) możliwe są różne terminy wprowadzenia tego samego obiektu (wychodzące parametry).

Rozpatrzone wyżej matematyczne, sieciowe, statystyczne i prognozowane metody opisu modelowania i analizy funkcjonowania systemu przemysłu budowlanego dla realizacji PPPB nie pozwalają kompleksowo obliczyć takich charakterystycznych dla niego właściwości, jak: obecność dużej ilości parametrów stanu, elementy nieprzerwanego i dyskretnego działania, złożoność związków pomiędzy parametrami systemu, oddziaływanie licznych zewnętrznych i wewnętrznych przypadkowych czynników oraz ustalić niezbędne obliczenia rozwoju procesu w czasie. Poza tym, zastosowanie dużej ilości metod modelowania jest ograniczone na skutek wielowymiarowości realnego systemu produkcji budowlanej. W związku z tym, do modelowania procesów wykonania programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego nabiera sensu zastosowanie metody modelowania symulacyjnego.

### **Metody modelowania symulacyjnego.**

Jeden z pierwszych modeli symulacyjnych budownictwa obiektów i kompleksów został opracowany na początku lat 70-tych.

Metody modelowania symulacyjnego znalazły zastosowanie przy rozwiązaniu takich zadań, jak: układanie portfela zamówień przedsiębiorstwa budowlanego, optymalizacja technologii i organizacji budownictwa przy realizacji PPPB, planowanie w budownictwie, również w procesie tworzenia i funkcjonowania zautomatyzowanych systemów kierowania budownictwem, włącznie z metodą operatywnego kierowania przemysłem budowlanym w trakcie wykonania PPPB.

Zakres zastosowania modelowania symulacyjnego (MI) jest uwarunkowany następującymi czynnikami:

- 1) eksperyment maszynowy z modelem symulacyjnym daje możliwość zbadania właściwości funkcjonowania analizowanych systemów w każdych warunkach;
- 2) zastosowanie komputerów w eksperymencie symulacyjnym znacznie zmniejsza wydatki i długotrwałość badań w porównaniu z eksperymentem z natury;
- 3) model symulacyjny posiada strukturalną i algorytmiczną elastyczność;
- 4) model symulacyjny daje możliwość zbadania obiektu (procesu) modelowania na bazie wiedzy reguł jego zachowania;
- 5) metody modelowania symulacyjnego pozwalają rozliczać czynniki przypadkowe;
- 6) metody modelowania symulacyjnego charakteryzują się wysoką adekwatnością, ponieważ ich struktura jest bliska logicznej i funkcjonalnej strukturze obiektu modelowanego;
- 7) metody modelowania symulacyjnego dają duże możliwości w wykorzystaniu różnorodnych środków opisu matematycznego.

Główną wadą, która się pojawia przy maszynowej realizacji metody modelowania symulacyjnego jest to, że rozwiązania otrzymane w drodze analizy takiego modelu, zawsze noszą specyficzny charakter, ponieważ odpowiadają one ustalonym elementom struktury, algorytmom zachowania, znaczeniom parametrów modelowanego systemu budowlanego, warunkom początkowym działania środowiska naturalnego. Toteż do pełnej analizy procesów funkcjonowania systemu przemysłu budowlanego, a nie otrzymania tylko jego fragmentu, niezbędne jest wielokrotne odtworzenie eksperymentu symulacyjnego przy różnorodnych danych wychodzących z następującym po nich statystycznym opracowaniem otrzymanych wyników [76, 85, 103, 6, 99, 64].

Metody modelowania symulacyjnego (MI) wykorzystuje się do prognozowania zachowań skomplikowanych systemów, ponieważ dają one moż-

liwość wyznaczenia prognozowanych wielkości dla zróżnicowanych względnościowych parametrów, kierowanych rozwiązań i różnorodnych wariantów zachowań skomplikowanych systemów [60, 7, 29, 30, 41]. Metody MI w prognozowaniu budownictwa inwestycyjnego wykorzystuje się przy rozwiązywaniu harmonogramów wykonania robót, prognozie rozmieszczenia zasobów materialnych, badaniu niezawodności przemysłu budowlanego [13, 112, 74, 61], itd.

Do dnia dzisiejszego rozwiązano dużą ilość modeli symulacyjnych do rozwiązania różnorodnych zadań przemysłu budowlanego. Na przykład, są znane modele symulacyjne budownictwa obiektów i kompleksów przemysłowych, skomplikowanych procesów produkcyjnych (typu rozbiórka-montaż) i odrębnych typów budowlano-montażowych robót, prognozowania techniczno-ekonomicznych wskaźników [7, 15, 28, 29, 53, 54, 56, 60]. Bardzo liczne modele orientowane na efektywne wykonanie odrębnych typów robót i budownictwo odrębnych obiektów lub kompleksów nie uwzględniają wskaźników efektywności całego programu produkcyjnego, a do tego jego dynamicznego charakteru wynikającego z przygotowania go w warunkach gospodarki rynkowej, co nie pozwala efektywnie zastosować rozpatrzonych modeli do wyznaczenia ocen przebiegu realizacji programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego.

### **Metody organizacyjno-technologicznej niezawodności.**

Probabilistyczny charakter przemysłu budowlanego z powodu oddziaływania na niego różnorodnych przypadkowych czynników, uwarunkowuje niezbędność rozliczenia niezawodności określenia terminów budownictwa obiektów programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego.

Z tego wynika, że ocena niezawodności funkcjonowania przemysłu budowlanego, z której strony nie patrząc, jest związana z problemami realizacji PPPB poprzez jego czasowe parametry.

Specyficzną właściwością systemu przemysłu budowlanego jest występowanie niepełnych odmów, a częściowych, które same zanikają w trakcie dalszego funkcjonowania systemu [86]. Przy częściowych odmowach parametry systemu odchylają się od zaprogramowanych - i jako wynik - zmieniają oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego.

System przemysłu budowlanego oprócz technicznych zawiera w sobie ekonomiczne i socjalne podsystemy, w związku z czym wykorzystanie tradycyjnych metod matematycznej teorii niezawodności do określenia wielkości i prawdopodobieństwa odchylenia parametrów produkcji budowlanej nie jest możliwe. W tych warunkach dużego znaczenia nabiera określenie niezawodności nie parametrów systemu przemysłu budowlanego, ale wyniku funkcjonowania. Dlatego pod pojęciem oceny niezawodności funkcjonowania systemu przemysłu budowlanego rozumie się niezawodność osiągnięcia wyniku.

Postawienie i zbadanie problemów niezawodności w dziedzinie przemysłu budowlanego wprost lub pośrednio porusza się w dużej ilości prac poświęconych badaniu warunków realizacji budownictwa z uwzględnieniem wpływu czynników probabilistycznych [6, 7, 18, 20, 58, 89, 56, 97, 100], a także w pracach bezpośrednio poświęconych problemom niezawodności przemysłu budowlanego [34].

W pracy [95] przytoczone są badania rozliczeń minimalnej ilości zasobów typu „moc” z uwzględnieniem probabilistycznych charakterystyk planów kalendarzowych ze stałą i zmienną intensywnością prowadzenia robót. Badania przeprowadzono na przykładzie budownictwa liniowo-rozciągniętych obiektów z zastosowaniem metody Monte-Carlo. W ich wyniku zaproponowano metody rozliczenia zasobów dla zadanych poziomów niezawodności (jako

niezawodność rozumie się prawdopodobieństwo wykonania roboty w zadanym terminie). W pracy nie uwzględnia się wpływu ograniczeń na przebieg robót i nie rozpatruje się stopnia wpływu innych czynników, określających środki po zwiększeniu niezawodności.

W wyniku wykonania badań przez autora opracowano metody rozwiązania zadań zapewniających dany poziom niezawodności przy minimalnej ilości zasobów i maksymalnym poziomie niezawodności.

Problemom niezawodności systemu organizacji i kierowania budownictwem, który funkcjonuje w warunkach probabilistycznego charakteru przedsiębiorstwa budowlanego, poświęcono pracę B. Kopocińskiego [43, 61]. W monografii rozpatruje się kierunki rozwiązania tych problemów, proponuje się praktyczne metody i rekomenduje analizę procesów probabilistycznych w budownictwie. Dużo uwagi autor poświęca problemom rozliczenia faktycznej i wymaganej niezawodności systemów kierowania w budownictwie, planowaniu wymaganej niezawodności wykonania PPPB i wymaganych do tego zasobów.

Zasadniczo inne podejście metodologiczne w badaniu i opracowywaniu metod projektowania organizacji robót budowlanych jest oparte na pojęciu organizacyjno-technologicznej niezawodności [61, 62, 64].

Głównymi kierunkami stosowanych badań organizacyjno-technologicznej niezawodności w chwili obecnej jest statystyczne i imitacyjne modelowanie. Jednak, przy realizacji tych modeli, niezbędne jest rozwiązanie problemów dotyczących wielkich trudności w przygotowaniu wyjściowej informacji statystycznej.

Rozpatrywane w ramach organizacyjno-technologicznej niezawodności metody określenia projektowanych wartości parametrów produkcji budowlanej oraz znane modele imitacyjne nie są przeznaczone do określenia terminów

budownictwa obiektów i innych czasowych charakterystyk dynamicznie przygotowywanego programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego.

Należy zaznaczyć, że stosując nawet najbardziej doskonały model wykonania programu produkcyjnego praktycznie niemożliwe jest bezpośrednie modelowanie takich właściwości konkretnego przedsiębiorstwa budowlanego jak straty wydajności pracy, właściwości wykonania osobnych wykazów robót budowlano-montażowych, kwalifikacji robotników i pracowników budowlanych, błędy w projektach wznoszonych obiektów, itd.

Toteż bardzo ważnym wymaganiem przy rozwiązywaniu modeli określających ocenę przebiegu realizacji programu produkcyjnego jest możliwość ich samodoskonalenia zgodnie ze zdobytym doświadczeniem w pracy konkretnego przedsiębiorstwa budowlanego lub modyfikacji wynikającej z rekomendacji ekspertów, z następującą po niej zmianą parametrów. To daje możliwość adaptowanie modelu do warunków działalności produkcyjnej konkretnej firmy budowlanej.

### **Metody samoorganizacji.**

Metody samoorganizacji likwidują niektóre wady, właściwe innym metodom. Chodzi o to, że przy całej różnorodności rozpatrzonych metod i modeli poszukiwania rozwiązania zadania oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego, istnieje wspólnota podejścia metodycznego w ich wykorzystaniu. Polega ona na tym, że metody te odnoszą się do kierunku deterministycznego, powstałego na podstawie analizy związków przyczynowo-skutkowych. Jednak w miarę rosnących komplikacji przy określaniu ocen przebiegu realizacji programu produkcyjnego jest coraz trudniej adekwatnie odzwierciedlać różnorodne momenty związane z tymi ocenami.

Z punktu widzenia teoretycznego, metody samoorganizacji rozwiązań są bardziej efektywne w realizacji rozpatzonego kręgu zadań, ale mniej dostosowane do wykorzystania praktycznego. Pod terminem „samoorganizacja”, w szerokim sensie słowa, rozumie się [41] proces mimowolnego powiększenia porządku i organizacji w systemie, składający się z dużej ilości elementów formujących się pod wpływem środowiska zewnętrznego.

Zasady samoorganizacji były przedmiotem badań tak wybitnych naukowców, jak J. von Neuman, N. Wiener, S. Baran, W. R. Ashby [2, 82, 112]. Znaczący wkład w umocnienie teorii samoorganizacji zrobił R. Tanscheit wraz z D. Gaborom [109]. Do ostatniego należy określenie systemu, działającego na zasadzie samoorganizacji: „jeśli system konsekwentnego podjęcia decyzji w kierowaniu, planowaniu..., a do tego odpowiadający algorytm obliczeniowy i program komputerowy przewidują w obojętnym momencie czasu „wolność wyboru rozwiązań” dla wszystkich następujących momentów czasu, to można powiedzieć, że jest on oparty na zasadzie samoorganizacji”.

Początkowo, w teorii omawianej metody samoroorganizacji, głównymi obiektami badań stały się metody budowania modeli skomplikowanych systemów w krótkich sekwencjach eksperymentalnych danych o ich funkcjonowaniu. Ważnym momentem w rozwoju tych opracowań okazało się przejście od metod z jednym kryterium do metod z dwoma kryteriami.

Jako moment pozytywny trzeba zaznaczyć fakt pojawienia się prac, rozwijających wykorzystanie zasad samoorganizacji do rozwiązania optymalizowanych zadań przybliżonych do praktyki.

Umożliwienie przejścia na nowe obiekty badań pozwala mieć nadzieję na szanse wykorzystania w niedalekiej przyszłości metod samoorganizacji w organizacji i kierowaniu przemysłem budowlanym, jak i w przygotowaniu programu produkcyjnego.



W taki oto sposób, na podstawie wykonanej analizy można wywnioskować, że opisane wcześniej modele, były przeznaczone do rozwiązywania zadań w warunkach znacznie odbiegających od realiów rynkowych.

Stąd też w większości rozpatrzone metody są mało efektywne lub nieprzydatne do wykorzystania przy ustalaniu ocen przebiegu realizacji programu produkcyjnego.

W opisanej sytuacji powstaje konieczność opracowania metod i modeli pozwalających z żadaną dokładnością określić ocenę przebiegu realizacji programu produkcyjnego dla podjęcia optymalnej decyzji przy jego sporządzeniu.

### **1.3. Krótkie wnioski i zadania badawcze.**

Analiza stanu problemu funkcjonowania systemu przygotowania produkcji budowlanej po przejściu do gospodarki rynkowej pokazała, że złożoność systemu niewyobrażalnie wzrosła. Pojawiły się nowe zadania, które można konstruktywnie rozwiązywać tylko przebudowując istniejące podsystemy i dodając nowe.

Podstawą funkcjonowania przedsiębiorstwa budowlanego jest przygotowanie i skuteczna realizacja jego programu produkcyjnego. Istniejące metody przygotowania programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego na razie nie są w stanie sprostać wszystkim aktualnie rosnącym wymaganiom.

Po przeprowadzonej analizie można sformułować wnioski:

1. W warunkach stosunków rynkowych musi być zreorganizowany system przygotowania produkcji budowlanej, która stała się bardziej dynamiczna, nieprzerwana i stochastyczna.

2. Podstawą funkcjonowania przedsiębiorstwa budowlanego jest przygotowanie i operatywna realizacja programu produkcyjnego.
3. Analiza istniejących metod określenia ocen przebiegu realizacji programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego pokazała, że w tej chwili nie ma gotowych metod dla ich praktycznego wdrażania.
4. Niezbędne jest opracowanie metod dla systemu kompleksowego przygotowaniu programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego, co jest celem przedstawianej dysertacji.

Celem pracy jest opracowanie metod formowania portfela zamówień i oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego dla zapewnienia żądanych wskaźników jego działalności i ich realizacja w warunkach stosunków rynkowych.

Do osiągnięcia sformułowanego w pracy celu trzeba koniecznie rozwiązać następujący kompleks zadań:

1. Wykonać analizę literatury i normatywnych źródeł, a także doświadczenia praktyczne przygotowania programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego.
2. Opracować i dostosować do warunków realiów rynkowych kompleks modeli i metod formowania portfela zamówień przedsiębiorstwa budowlanego na podstawie analizy potrzebnych i istniejących produkcyjno-ekonomicznych wskaźników jego działalności i propozycji zleceniodawców.

Stąd też pozostaje do wykonania:

- ujęcie zadania formowania portfela zamówień przedsiębiorstwa budowlanego;
- opracowanie metody rozwiązania zadania układania portfela zamówień;

- zbadanie i analiza zależności wyników formowania portfela zamówień od wpływających zmiennych;
- optymalizacja procesu formowania portfela zamówień.

3. Opracować i dostosować do warunków realiów rynkowych kompleks modeli i metod do oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego i na tej podstawie rozwiązać problem zawierania umów. W tym celu należy :

- zbadać i rozwiązać kompleks problemów związanych z określeniem ocen przebiegu realizacji programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego w stadium przygotowania z wykorzystaniem metod modelowania symulacyjnego;
- dokonać adaptacji modelu symulacyjnego oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego w warunkach działalności konkretnego przedsiębiorstwa budowlanego;
- opracować szczegółowe dane rekomendacyjne przydatne do wdrożenia w momencie zawierania umów, na podstawie oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego.

4. Przygotować i uporządkować dane wyjściowe do realizacji kompleksu programów komputerowych na podstawie wyników badań procesu przygotowania programu produkcyjnego w celu wdrożenia go w przedsiębiorstwach budowlanych różnorodnych struktur i form własności.

Na rys. 1.1 przedstawiony został strukturalny schemat badań.

1. Stan problematyki przygotowania PPPB w warunkach rynkowych.	1. Wykonanie analizy literaturowych i normatywnych źródeł, a także doświadczenia praktycznego przygotowania PPPB. 2. Sformułowanie celu i zadań badania.
--	---

I

2. Formowanie portfela zamówień przedsiębiorstwa budowlanego (PZPB).	1. Postawienie zadania przygotowania PZPB. 2. Opracowanie metody rozwiązania zadania przygotowania PZPB. 3. Zbadanie zależności wyników przygotowania PZPB od wpływu zmiennych. 4. Optymalizacja procesu przygotowania PZPB.
--	---

I

3. Podjęcie decyzji w procesie uzgadniania i podpisywania kontraktów.	1. Adaptacja i opracowanie dla warunków rynkowych kompleksu modeli i metod na podstawie ocen przebiegu realizacji PPPB. 2. Adaptacja modelu symulacyjnego do warunków działalności konkretnego PB. 3. Opracowanie rekomendacji do zawarcia umów na podstawie OP PPPB.
---	---

I

4. Przygotowanie danych dla kompleksu programów komputerowych na podstawie wyników badań procesu przygotowania PPPB.	1. Główne postulaty do sporządzenia oprogramowania zadań przygotowania PPPB. 2. Analiza i perspektywy rozwoju badań po przygotowaniu PPPB.
--	---

Rys 1.1

## 2. FORMOWANIE PORTFELA ZAMÓWIEŃ PRZEDSIĘBIORSTWA BUDOWLANEGO W WARUNKACH RYNKOWYCH.

### 2.1. Przedstawienie zadania formowania portfela zamówień przedsiębiorstwa budowlanego i opracowanie metody rozwiązania go.

W rozdziale 1 przeprowadzono uzasadnienie niezbędności formowania portfela zamówień (PZPB) dla organizacji budowlanych różnorodnych struktur i form własności. Wiadomo, że głównym zadaniem formowania PZPB jest wybór kompleksu obiektów i robót, realizacja których z zadaną niezawodnością i w odpowiednich terminach zapewni żądane wskaźniki ekonomiczne działalności przedsiębiorstwa budowlanego.

W odróżnieniu od rozwiązyanych w przeszłości zadań tego typu, formowanie PZPB w warunkach funkcjonowania w gospodarce rynkowej wymaga rozliczenia całego szeregu wcześniej nie rozpatrywanych ograniczeń: dynamicznego charakteru zmiany koniunktury rynku produkcji budowlanej, możliwości przedsiębiorstwa budowlanego samoczynnie przygotowującego swój program produkcyjny, nowej treści procesu kierowania przemysłem budowlanym (PKPB) i jego dynamicznego charakteru, koniecznego zabezpieczenia wymaganych wskaźników ekonomicznych działalności przedsiębiorstwa budowlanego (PB), itd.

W analizowanym przypadku zadanie formowania PZPB może być przedstawione następująco:

$$E_p = F(D_f(T_p), D_t(T_p), M_t(T_p), M_f(T_p)) \rightarrow \max \quad (2.1)$$

gdzie:

$$Df(T_p) - Dt(T_p) \geq Drez(T_p), \quad (2.2)$$

$$Mf(T_p) - Mt(T_p) \geq Mrez(T_p), \quad (2.3)$$

$$T_{i,p} = R(T_{i,z}; T_{i,p}), \quad (2.4)$$

$$Z_{i,p} = R(Z_{i,z}; Z_{i,p}), \quad (2.5)$$

$$T_{i,p} = R(t_{i,z}; t_{i,p}), \quad (2.6)$$

$E_p$  - kryterium efektywności formowania PZPB;

$F()$ -funkcja, pozwalająca określić kryterium efektywności;

$T_p$  - czas realizacji PZPB, przygotowany wg propozycji zleceniodawców;

$Mf(T_p)$  - wyraz matematyczny, charakteryzujący moc przedsiębiorstwa budowlanego (PB) na odcinku  $T_p$ ;

$Mt(T_p)$  - wyraz, charakteryzujący niezbędną moc PB dla skutecznej realizacji formowanego PZPB na odcinku  $T_p$ ;

$Mrez(T_p)$  - wyraz, charakteryzujący rezerwę mocy PB;

$Df(T_p)$  - wyraz, charakteryzujący wskaźniki faktyczne działalności ekonomicznej PB na odcinku  $T_p$ ;

$Dt(T_p)$  - wyraz, charakteryzujący żądane wskaźniki działalności ekonomicznej PB na odcinku  $T_p$ ;

$Drez(T_p)$  - minimalna rezerwa ekonomiczna;

$P()$  - zależność, odtwarzająca proces poszukiwania przez wykonawcę i zleceniodawcę możliwych do przyjęcia dla nich wariantów podjęcia decyzji wg wyboru interesujących ich danych (patrz niżej);

$T_{i,p}$  - czas trwania realizacji propozycji  $i$ -go zleceniodawcy w składzie wcześniej sformowanego PZPB;

- $T_{i,z}$  – określony przez  $i$ -tego zleceniodawcę czas trwania realizacji jego propozycji;
- $T_{i,p}$  – określony przez wykonawcę czas trwania realizacji propozycji  $i$ -tego zleceniodawcy;
- $Z_{i,p}$  - wartość realizacji propozycji  $i$ -go zleceniodawcy w składzie wcześniej sformowanego PZPB;
- $Z_{i,z}$  - określona  $i$ -tym zleceniodawcą wartość realizacji jego propozycji;
- $Z_{i,p}$  – określona przez wykonawcę wartość realizacji propozycji  $i$ -go zleceniodawcy;
- $t_{i,p}$  - czas rozpoczęcia (zakończenia) realizacji propozycji  $i$ -go zleceniodawcy w składzie wcześniej sformowanego PZPB;
- $t_{i,z}$  - określony przez zleceniodawcę czas rozpoczęcia (zakończenia) realizacji jego propozycji;
- $t_{i,p}$  – określony przez wykonawcę czas rozpoczęcia (zakończenia) realizacji propozycji  $i$ -go zleceniodawcy;

Rozpatrzmy treść znaczeniową wyrażenia (2.1) i przytoczonych ograniczeń w sformułowanym wyżej zadaniu formowania PZPB.

Wyrażenie (2.1) jest przeznaczone dla kompleksowej oceny wyników realizacji na odcinku  $T_p$  formowanego PZPB. Celem rozwiązania rozpatrywanego zadania jest znalezienie maksymalnej wartości  $E_p$ , jako zabezpieczającej warunki funkcjonowania przedsiębiorstwa budowlanego na odcinku  $T_p$  nie niższej od normalnych. Gwarancję tych ostatnich określa obecność ograniczenia (2.2). Służy ono do oceny wskaźników ekonomicznych działalności PB po realizacji PZPB na odcinku  $T_p$ . Jego sens tkwi nie w niedopuszczeniu do przekroczenia przez przedsiębiorstwo budowlane maksymalnego poziomu Drez, ale w nieograniczonej możliwości przekraczania faktycznych wskaźników ekonomicznych koniecznych dla normalnego funkcjonowania. Z mate-

matycznego punktu widzenia, rozpatrywane ograniczenie przedstawia różnicę potrzebnych i faktycznych wskaźników ekonomicznych PB na odcinku  $T_p$ .

Ograniczenie (2.3) przedstawia wyrażenie, charakteryzujące wielkość różnicy pomiędzy niezbędną do realizacji formowanego PZPB możliwością produkcyjną przedsiębiorstwa budowlanego na odcinku  $T_p$  i realną możliwością produkcyjną PB w tym samym czasie na odcinku  $T_p$ . Wartość liczbowa lewej części wyrażenia (3) nie powinna przewyższać  $M_{rez}$ . Niewykonanie wskazanego ograniczenia jest ujemnym faktem w funkcjonowaniu PB. Na przykład przekroczenie potrzebnych do realizacji PZPB możliwości produkcyjnych PB nad istniejącymi, wskazuje na przeciążenie jego mocy. To może doprowadzić do obniżenia wskaźników ekonomicznych działalności PB i innych negatywnych skutków w jego funkcjonowaniu z powodu realizacji PZPB w niewłaściwym czasie, tak jak przedsiębiorstwo budowlane poniesie straty materialne (kary umowne, kary pieniężne, itd.), a do tego obniży swój image, co jest niewskazane w warunkach stosunków rynkowych przy konkurencji pomiędzy wykonawcami.

W taki oto sposób, cel rozwiązania zadania formowania PZPB w formalizowanym układzie polega na maksymalizacji kryterium  $E_p$ . Przy czym, teoretycznie może on dążyć granicznie do plus nieskończoności, co praktycznie jest nierealne do wykonania. W celu ograniczenia obszaru dopuszczalnych rozwiązań rozpatrywanego zadania, w jego formalizowanej postawie zostały wprowadzone już rozpatrywane wyżej ograniczenia jako wyrażenia (2.2) i (2.3). Z matematycznego punktu widzenia przestrzeganie wskazanych ograniczeń polega na spełnieniu nierówności, prawą częścią których są subiektywne zadane granicznie - dopuszczalne wartości  $M_{rez}$  i  $D_{rez}$ . Są one określane indywidualnie dla każdego PB i odzwierciedlają oddziaływanie ekonomiki rynkowej na działalność PB, które może normalnie funkcjonować tylko po prze-



wyższeniu jego faktycznych ekonomicznych i technicznych możliwości nad żądanymi.

W procesie formowania PZPB, przedsiębiorstwo budowlane powinno wykonać żądania zleceniodawcy w zakresie wartości, długotrwałości i terminu wykonania rozpatrywanej propozycji, zabezpieczając przy tym normalne warunki swego funkcjonowania w ekonomice rynkowej. W rozpatrywanym zadaniu osiąga się to dzięki warunkom (2.4), (2.5) i (2.6).

Treść znaczeniowa i metody określenia składowych wyrażen (2.1) - (2.6) będą rozpatrzone przez nas w trakcie opracowywania metody rozwiązania sformułowanego wyżej zadania.

Warunki, w których musi pracować PB nie są stałe w czasie, co wpływa na cel końcowy jego funkcjonowania. Z tego powodu parametry rozpatrzonych wyżej ograniczeń (2.1) - (2.6), przeznaczone do rozliczenia organizacyjno-technologicznej i ekonomicznej strony działalności przedsiębiorstwa budowlanego, potrzebują periodycznej korekty w czasie. Wykonanie wskazanego żądania będzie rozpatrzone niżej.

Oprócz tego, podstawą do zaprzestania formowania PZPB i opracowania nowego PPPB, dla którego bieżący program produkcyjny występuje jako ograniczenie, jest wykonanie jednego z warunków:

$$t_{i, kf}(PZPB) \leq t_i(PZPB), \quad (2.7)$$

$$t_{kf}(PZPB) \leq t(PPPB), \quad (2.8)$$

gdzie:

$$t_{i,kf}(PZPB) = t_{i,n}(PZPB) - T_{i,pn}(PZPB) - T_{i,pk}(PZPB), \quad (2.9)$$

$$t_{kf}(PZPB) = \min\{t_{i,kf}\}, i = 1, \dots, n, \quad (2.10)$$

$t_{i,n}(PZPB)$  – oznacza czas rozpoczęcia realizacji propozycji i-go zleceniodawcy formowanego PZPB;

$T_{i,pn}(PZPB)$  - okres czasu, niezbędny do przygotowania początku realizacji praktycznej propozycji i-go zleceniodawcy;

$T_{i,pk}(PZPB)$  - okres czasu, niezbędny do uzgodnienia warunków kontraktu i jego podpisania z i-m. zleceniodawcą;

$t_i(PZPB)$  - moment czasu rozpatrzenia propozycji i-go zleceniodawcy;

$t_n(PPPB)$  - czas bieżący wykonania realizowanego PPPB;

$n$  - liczba propozycji zleceniodawców, włączonych w PZ.

Takim sposobem, analizowane przedstawienie zadania formowania portfela zamówień przedsiębiorstwa budowlanego, pozwala przystąpić do opracowania metody jego rozwiązania z celem późniejszego wykorzystania przy zestawieniu programu produkcyjnego.

Przedstawione w formalizowanym stanie zadanie formowania PZPB wymaga podejścia kompleksowego do całego rozwiązania, co jest uwarunkowane istnieniem technicznych i ekonomicznych ograniczeń w działalności przedsiębiorstwa budowlanego i koniecznością zabezpieczenia go przy go maksymalnie możliwych wskaźnikach ekonomicznych.

Przeprowadzona analiza pokazała, że do rozwiązania rozpatrywanego zadania jest nieracjonalne wykorzystać w „czystym stanie” znane metody optymalizacji, a niektóre są wręcz niemożliwe do zastosowania z innych powodów: dużej wymiarowości, wielokrotnego przeliczania w trakcie poszu-

kiwania rozwiązania możliwego do przyjęcia przy ograniczonym czasie, dynamicznego i stochastycznego charakteru wyjściowych danych, wykorzystania metody ekspertów w trakcie przyjęcia osobnych rozwiązań, itd.

Powyższe stwierdzenie, a do tego niezbędność podejścia kompleksowego do rozwiązania zadania stały się przyczyną opracowania specjalnej metody dla etapowej realizacji rozpatrywanego zadania. Analiza formalizowanego zadania i niezbędność wykonania warunków (2.7) i (2.8) pozwoliły wydzielić cztery etapy w jego rozwiązaniu:

- 1) ocena i zabezpieczenie produkcyjnych możliwości przedsiębiorstwa budowlanego (PMPB) do realizacji propozycji  $i$ -tego zleceniodawcy w składzie formowanego PZPB;
- 2) ocena i zabezpieczenie ekonomicznych możliwości przedsiębiorstwa budowlanego (EMPB) dla normalnego funkcjonowania ostatniego w wyniku realizacji propozycji  $i$ -go zleceniodawcy w składzie formowanego PZPB;
- 3) zabezpieczenie maksymalnego znaczenia  $E_p$  (2.1) na odcinku  $T_p$  przy realizacji formowanego PZPB;
- 4) podjęcie racjonalnej decyzji o celowości zaprzestania procesu formowania PZPB, tzn. wykonanie warunków (2.7) i (2.8).

Na rys. 2.1 przedstawiono algorytm odtwarzający treść metody etapowego rozwiązania zadania formowania PZPB. Rozpatrzmy treść wskazanego algorytmu w kolejności przedstawienia realizowanych w nim czterech etapów rozwiązania danego zadania.

Po dostarczeniu propozycji od kolejnego zleceniodawcy (PKZ) pojawia się konieczność oceny jego produkcyjnego przebiegu realizacji przedsiębiorstwa budowlanego z punktu widzenia wymagań zleceniodawcy co do terminu ukończenia (rozpoczęcia) i długotrwałości budowy. Wykonanie

wskazanych wymagań określa się istniejącymi technicznymi możliwościami przedsiębiorstwa budowlanego (PMPB). Obliczenie oceny PMPB po realizacji PKZ w składzie PZPB odbywa się w bloku 2 rozpatrywanego algorytmu rozwiązania zadania (rys. 2.1). Jako ocena PMPB została przyjęta lewa część wyrażenia (2.3). W składzie formowanego PZPB PKZ będzie zrealizowany przy wykonaniu nierówności (2.3). Dlatego, w składzie tego algorytmu został wprowadzony blok 3, realizujący analizę wykonania wskazanej nierówności. Jeśli jest to spełnione, to pierwszy etap rozwiązania zadania uważa się za zrealizowany i realizuje się przejście do drugiego etapu. W przeciwnym wypadku, prowadzi się dalszą realizację pierwszego etapu rozwiązania zadania formowania PZPB.

Czwarty blok rozpatrywanego algorytmu jest przeznaczony do analizy możliwości zmian PMPB. Jeśli te nie istnieją, to PKZ nie może być włączona w skład formowanego PZPB (bloki 5,7) i rozwiązanie zadania przechodzi do czwartego etapu (blok 22). W przeciwnym wypadku, dalej trwa realizacja pierwszego etapu w aspekcie podjęcia uzasadnionej decyzji po zmianie PMPB (blok 6) z następującą analizą oceny PMPB, tzn. powrotem do bloku 2 algorytmu.

Widzimy, że realizacja pierwszego etapu rozwiązania zadania formowania PZPB przedstawia sobą proces iteracyjny, czas trwania którego określa się znaczną liczbą czynników: wielkością  $M_{rez}$ , zadaną dokładnością rozwiązania zadania (ocena wykonania nierówności (2.3)), wielkością kroku kolejnej iteracji (blok 6), ograniczonym czasem rozwiązania zadania, zadaną niezawodnością (określenie danych  $M_{so}(T_p)$  i  $M_{pz}(T_p)$ ), itd.

W przypadku długotrwałego rozwiązania problemu o możliwości realizacji PKZ w składzie PZPB z pozycji PMPB (blok 3), realizuje się przejście do drugiego etapu rozwiązania zadania. Jego sedno polega na ocenie ekonomicznej realizacji PKZ z punktu widzenia wymagania zleceniodawcy co do

wartości budowy. Wykonanie tego wymagania określa się możliwościami ekonomicznymi przedsiębiorstwa budowlanego (EMPB), które zależą od możliwości produkcyjnych PB i jego stanu ekonomicznego na moment formowania PZPB.

Realizacja drugiego etapu zaczyna się od wyliczenia oceny EMPB pod warunkiem wykonania PKZ w składzie formowanego PZPB (blok 8). Jako ocena EMPB jest wybrana lewa część nierówności (2.2). Jeśli jest ona spełniona, to z ekonomicznego punktu widzenia PKZ uważa się za zrealizowany w składzie PZPB i realizuje się przejście do trzeciego etapu rozwiązania zadania. W przeciwnym wypadku, PKZ w składzie PZPB jest niemożliwy do zrealizowania (blok 9). Przy wykonaniu drugiego warunku pojawia się konieczność analizy możliwości zmiany EMPB (blok 10) w celu następnego zabezpieczenia przebiegu realizacji PKZ. W opisywanym algorytmie podjęcie decyzji o możliwości zmiany EMPB realizuje się w jedenastym bloku. W przypadku rozwiązania negatywnego danego problemu PKZ nie może być włączony w PZPB (blok 7) i rozwiązanie zadania przechodzi do czwartego etapu (blok 22). W przeciwnym wypadku, podejmuje się decyzję (blok 17) o możliwych drogach zabezpieczenia przebiegu realizacji PKZ z ekonomicznego punktu widzenia. W pracy są rozpatrywane dwie drogi: kosztem zmiany PMPB i EMPB. Jeśli przyjmuje się pierwszą drogę i udowadnia możliwość jej realizacji (blok 18), to rozwiązanie zadania formowania PZPB wraca do pierwszego etapu (blok 6), rozpatrzonego wyżej. Przy wyborze drugiej drogi lub niemożliwości realizacji pierwszej, w bloku 20 odbywa się podjęcie decyzji po zmianie EMPB z zastępującą go analizą (blok 8), tzn. odbywa się przejście do nowej iteracji, co wskazuje na iteracyjny charakter realizacji drugiego etapu rozwiązania zadania formowania PZPB.

Takim sposobem, drugi etap rozwiązania zadania funkcjonalnie jest związany z pierwszym, przedstawia sobą iteracyjny proces, czas trwania któ-

rego zależy od wymienionych wyżej przyczyn: wielkości Drez (2.2), zadanej dokładności rozwiązania zadania (ocena wykonania nierówności (2.2)), wielkości kroku kolejnej iteracji (blok 20), ograniczenia na czas rozwiązania zadania, wyboru potrzebnej niezawodności w określeniu danych statystycznych ( $D_t$ ,  $D_f$ ), itd. Opracowaniu i zbadaniu tematów, związanych z realizacją drugiego etapu rozwiązania zadania formowania PZPB, poświęcone są rozdziały 2.3 i 2.4. danej dysertacji.

Trzeci etap rozwiązania zadania formowania PZPB jest przeznaczony do przestrzegania warunku (2.1) i może się zacząć tylko po skutecznym wykonaniu pierwszych dwóch etapów. Niżej będzie pokazane, że realizacja trzeciego etapu przedstawia sobą iteracyjny proces, ograniczony możliwościami PMPB i EMPB. Rozpatrzmy treść i-tej iteracji procesu realizacji wskazanego etapu.

Początkiem wykonania trzeciego etapu i-tej iteracji jest obliczenie bieżącego znaczenia  $E_{i,p}$  (blok 12), które potem porównuje się do maksymalnego znaczenia  $E_{max,p}$  (blok 13), obliczonego dla jednej z poprzednich iteracji. Jeśli znaczenie  $E_{i,p} > E_{max,p}$ , to w bloku 14 odnawiają się dane. Po tym rozwiązanie zadania formowania PZPB trwa z bloku 15. W tym samym bloku trwa rozwiązanie zadania w przypadku  $E_{i,p} < E_{max,p}$ , z tą tylko różnicą, że nie realizuje się zawartość bloku 14, tzn. nie aktualizuje się odpowiedniej informacji.

Realizacja bloku 14, a w nim wyjście już w pierwszej iteracji procesu rozwiązania trzeciego etapu, wskazuje na osiągnięcie konkretnego rozwiązania zadania formowania PZPB. Jednak to nie udowadnia faktu wykonania warunku (2.1). Dlatego w strukturze danego algorytmu został włączony blok 15. Celem jego funkcjonowania jest analiza możliwości przedsiębiorstwa budowlanego do zwiększenia wartości  $E_{max,p}$  w wyniku zmian PMPB i EMPB.

Jeśli takich możliwości nie ma (blok 16), to osiągnięte rozwiązanie jest lepszym w istniejących w warunkach funkcjonowania przedsiębiorstwa budowlanego i przyjmuje się je jako optymalne. Dlatego, PKZ włącza się w skład PZPB i realizuje się przejście do czwartego etapu rozwiązania zadania.

W razie istnienia w przedsiębiorstwie budowlanym możliwości w zmianie PMPB i EMPB lub obydwóch, realizuje się przejście, w odpowiedni sposób, do pierwszego etapu (blok 17), drugiego etapu (blok 19) lub jednego z nich i proces rozwiązania zadania trwa, tzn. realizuje się kolejna iteracja. Więc, realizacja trzeciego etapu też przedstawia sobą iteracyjny proces, czas trwania którego określa się wymienionymi wyżej powodami (etapy 1 i 2).

Realizacja czwartego etapu rozwiązania zadania przedstawia sobą proces podjęcia decyzji o racjonalności ciągłości lub zaprzestania formowania PZPB. Wynik podjętej decyzji określa się wykonaniem (niewykonaniem) jednego z warunków: (2.7), (2.8). Przy wykonaniu jednego z nich, formowanie PZPB ustaje i zadanie uważa się za rozwiązane. W przypadku niewykonania wskazanych warunków zadanie uważa się za częściowo rozwiązane, tj. daje odpowiedź na pytanie konkretnego zleceniodawcy i przedsiębiorstwa budowlanego o racjonalności lub nieracjonalności ciągłości robót w celu następnego zawarcia kontraktu. Proces formowania PZPB trwa i rozwiązanie przekazuje się z bloku 22 do bloku 1, tzn. do realizacji pierwszego etapu z którego rozpoczęto rozpatrywanie algorytmu realizacji metody etapowego rozwiązania zadania. Dla praktycznego wykorzystania proponowanego algorytmu niezbędne jest rozwiązanie szeregu problemów po realizacji jego osobnych bloków (rys. 2.1).

## **2.2 Rozwiązanie zadania przy ograniczonym potencjale przedsiębiorstwa budowlanego.**

Zaproponowany wyżej algorytm etapowego rozwiązania zadania proponuje zabezpieczenie wymaganej niezawodności realizacji formowanego portfela zamówień z punktu widzenia możliwości produkcyjnych przedsiębiorstwa budowlanego. Rozpatrzmy metody realizacji osobnych bloków algorytmu, zastosowanie których pozwoli wykonać wskazane wymagania.

Na podstawie powyższego oraz analizy zawartości opracowanego algorytmu można twierdzić, że badaniu przedmiotu realizacji podlegają wszystkie bloki (rys. 2.1) odnoszące się do pierwszego etapu rozwiązania zadania formowania PZPB.

Istnieją różnorodne podejścia do oceny możliwości produkcyjnych przedsiębiorstwa budowlanego. Ich zróżnicowanie zależy od warunków i celów dla których i dzięki którym się je określa.

W stadium formowania portfela zamówień jest praktycznie niemożliwe wykonanie analizy wszystkich dostępnych wariantów jego realizacji, z powodu istnienia znacznej ilości zakłócających czynników, z których większość nosi przypadkowy charakter. Więc, produkcyjne możliwości przedsiębiorstwa budowlanego, można tylko z określoną wiarygodnością prognozować w świetle ocen oczekiwanego rozwoju procesu budowlanego po wykonaniu PZPB, bazując na statystyce lub danych ekspertów.

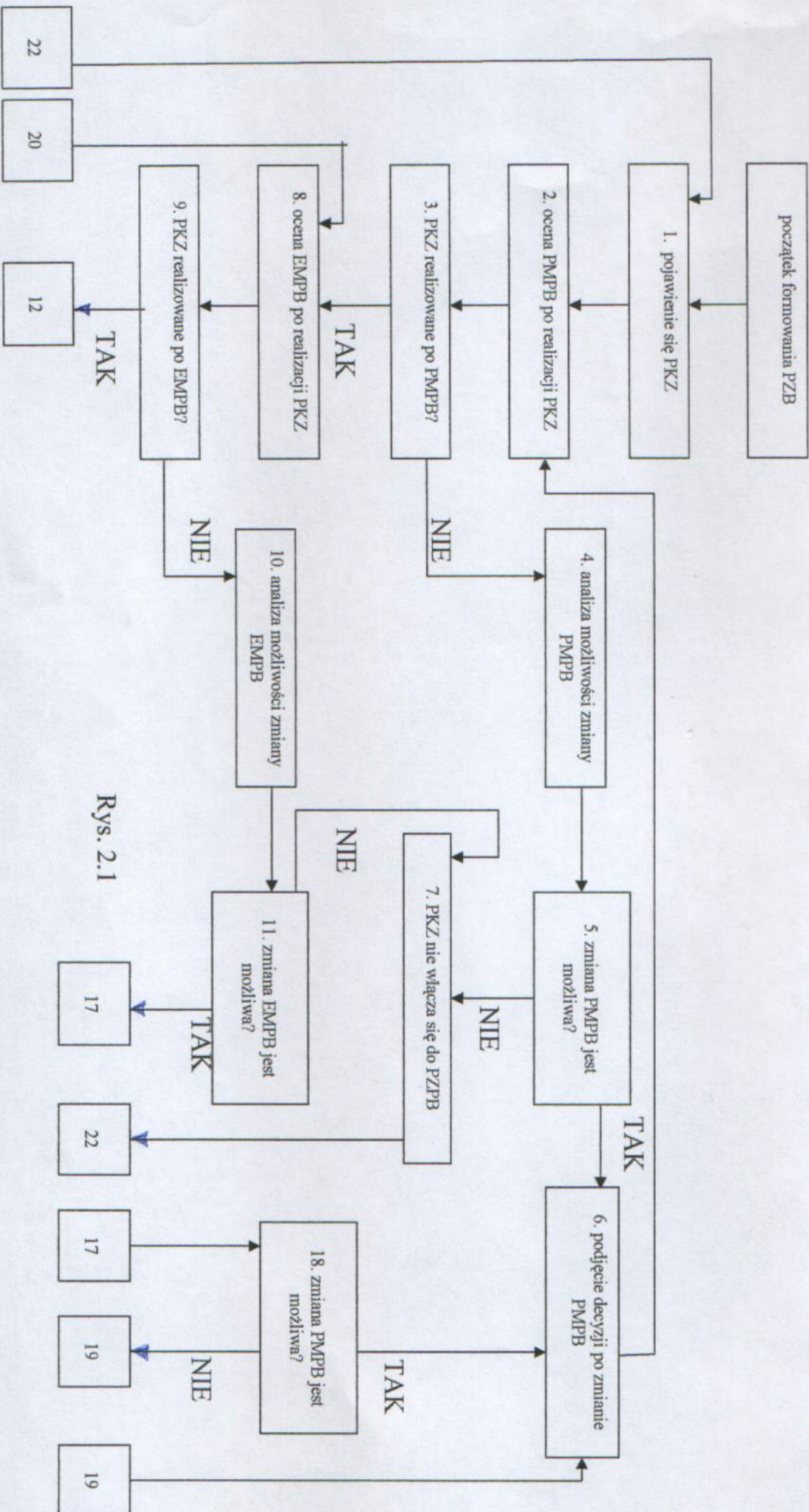
Następnym ważnym momentem w rozpatrywanym temacie jest wybór typu wskaźnika możliwości produkcyjnych przedsiębiorstwa budowlanego, który powinien:

- zawierać maksimum informacji na temat możliwości produkcyjnych przedsiębiorstwa budowlanego (PB);

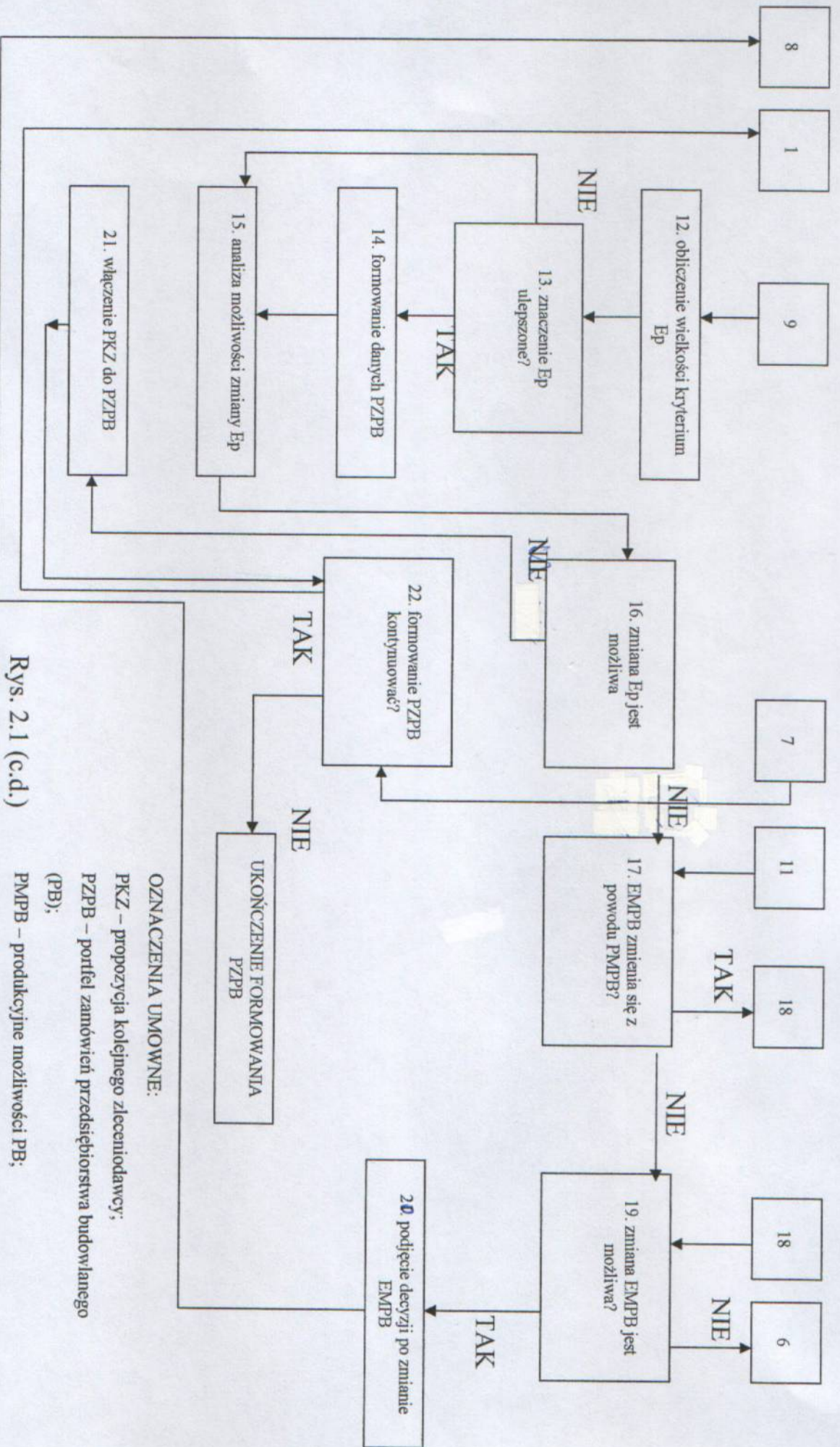


- być stabilnym w warunkach nagłej i częstej zmiany środowiska w którym funkcjonują PB (wzrost cen, zmiana ustaw, itd.);
- być prostym w wykładni i dostępnym w wyliczeniu;
- sprzyjać jakościowemu rozwiązaniu zadań formowania portfela zamówień przedsiębiorstwa budowlanego (PZPB).

## SCHEMAT BLOKOWY ALGORYTMU ROZWIĄZYWANIA ZADANIA FORMOWANIA PORTFELA ZAMÓWIEN PRZEDSIĘBIORSTWA BUDOWLANEGO



Rys. 2.1



Rys. 2.1 (c.d.)

**OZNACZENIA UMOWNE:**

- PKZ - propozycja kolejnego zleceniodawcy;
- PZPB - portfel zamówień przedsiębiorstwa budowlanego (PB);
- PMPB - produkcyjne możliwości PB;
- EMPB - ekonomiczne możliwości PB;
- Ep - kryterium efektywności formowania PZPB;

Z powyższych stwierdzeń i formalizowanej postaci postawionego wcześniej zadania (2.1) wynika, że w pojęciu uogólnionego wskaźnika produkcyjnych możliwości przedsiębiorstwa budowlanego może być wykorzystana pracochłonność (M., roboczodniówka), zużywana na wykonanie BMR PZPB. Co nie oznacza, że jest to jedyny możliwy wskaźnik. W zależności od profilu przedsiębiorstwa budowlanego w jakości ogólnego wskaźnika może być zawarty zakres wykonywania określonych rodzajów robót; wtedy zamiast pracochłonności ewidencyjnej będziemy mówić o wydajności, a zamiast o pracochłonności projektowej - o zakresie robót wg projektu.

Dla wspólnoty rozważań będziemy mówić o wskaźniku jak o pracochłonności, rozumiejąc pod tym dowolny wskaźnik produkcyjnej działalności przedsiębiorstwa budowlanego, który najbardziej się nadaje do oceny jego funkcjonowania.

Występuje kilka rodzajów pracochłonności, różniących się w swej treści. W pracy dysercyjnej wykorzystano dwie: projektową ( $M_p$ ) i ewidencyjną (M.). Pierwszą określa się na podstawie normatywnych źródeł (PNB, KNR), drugą wylicza się dla warunków konkretnego przedsiębiorstwa budowlanego wg formuły:

$$M. = N * T, \quad (2.11)$$

gdzie:

N – średnia ewidencyjna liczba pracowników PB w czasie T;

T - odcinek czasu, w którym N pracowników PB wykonywało RBM.

Widzimy, że określenie znaczeń liczbowych  $M_p$  i M. nie sprawia zbyt-  
nich trudności w procesie funkcjonowania PB. To jest ważne, tj. z tego po-

wodu liczne pożyteczne propozycje i poczynania nie znalazły szerokiego rozpowszechnienia w praktyce.

Zastosowanie dwóch rodzajów pracochłonności jest uwarunkowane obiektywnymi przyczynami. Kwestia polega na tym, że przedstawiona przez zleceniodawcę dokumentacja zawiera pracochłonność projektową rozpatrzonych w niej RBM, na realizację których różne PB zużywają odmienną pracochłonność ewidencyjną, całkowicie zależną od organizacyjnych, technologicznych, ekonomicznych i innych wskaźników działalności konkretnego PB, tzn. pracochłonność ewidencyjna w danym przypadku jest oceną indywidualnych możliwości produkcyjnych.

Zatem w trakcie rozwiązania zadania formowania PZPB dowolnego przedsiębiorstwa budowlanego niezbędnie jest wiedzieć zadaną niezawodnością, jaka jest zależność pomiędzy projektową i ewidencyjną pracochłonnością.

Rozpatrzmy tą współzależność.

Na odcinku  $T_c$  realizuje się roboty  $J$  obiektów tak swoimi siłami, jak i z pomocą podwykonawców. Ich pracochłonności projektowe są  $(M_{i,p})$ . Ogólną projektową pracochłonność wszystkich  $J$  obiektów wylicza się wg formuły:

$$M_{\Sigma p} = \sum_{i=0}^J M_{i,p}; \quad (2.12)$$

gdzie:

$M_{i,p}$  - projektowa pracochłonność robót  $i$ -go obiektu, wykonywanego własnym potencjałem PB;

$i = 0, J;$

$J$  - liczba obiektów, dla których określa się pracochłonność na odcinku  $T_c$ .

Za ten sam okres czasu ( $T_c$ ) ewidencyjna ilość pracowników PB wyniosła  $N$ , co odpowiada (2.11) ewidencyjnej pracochłonności  $M$ . Wyrazimy właściwą współzależność pomiędzy pracochłonnościami w następującej postaci:

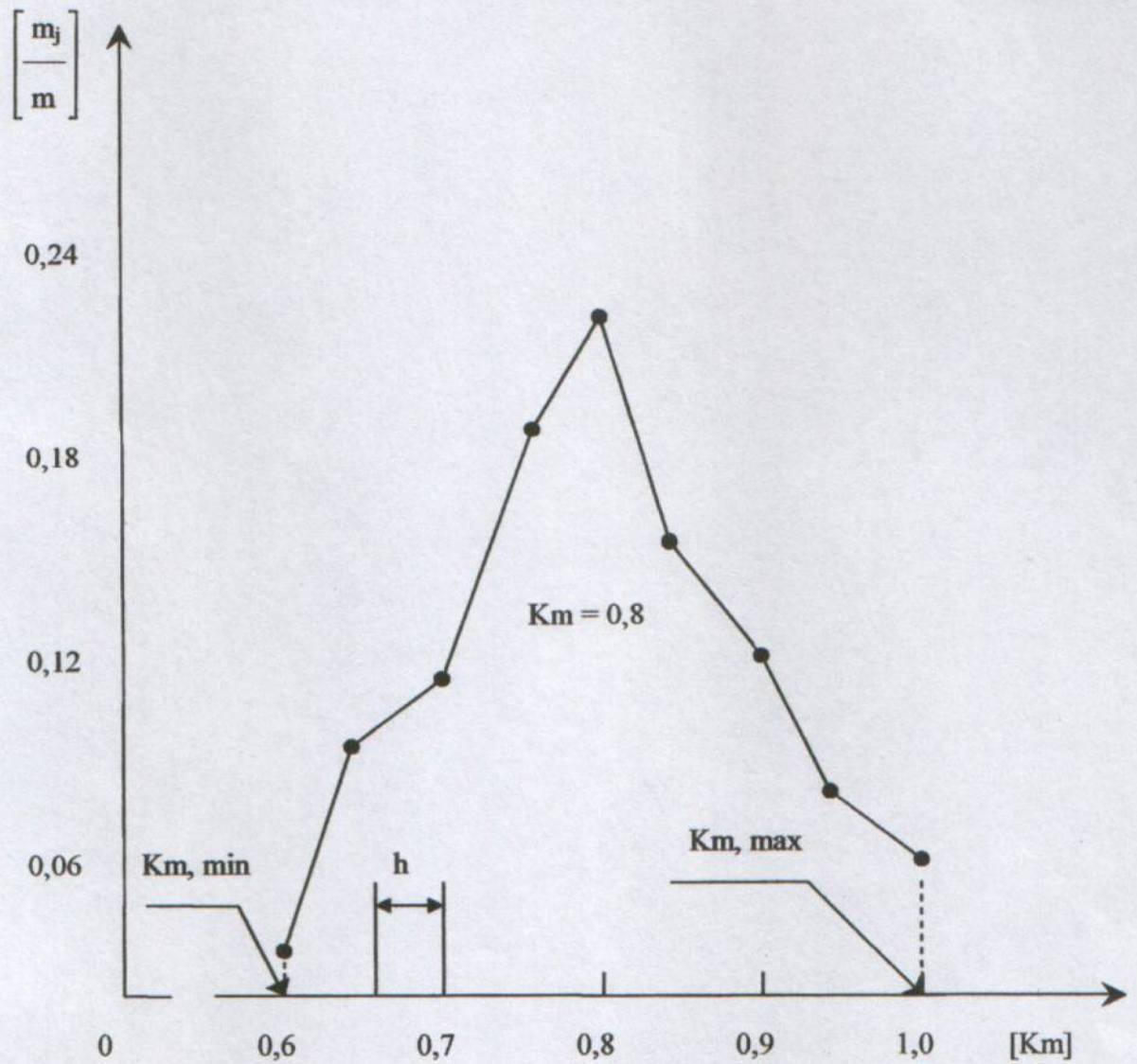
$$K_m = M.(T_c)/M_p(T_c), \quad (2.13)$$

gdzie:

$M.(T_c)$  i  $M_p(T_c)$  – odpowiednio ewidencyjna i projektowa pracochłonność osiągnięta własnym potencjałem przedsiębiorstwa budowlanego na odcinku  $T_c$ .

Wielkość  $K_m$  określa się indywidualnie dla konkretnego PB i nosi ona przypadkowy charakter, co nie wymaga specjalnych dowodów, bo wynika z jej treści fizycznej. Ogólnie wiadomo [37, 55], że przypadkowa wielkość w wyczerpujący sposób charakteryzuje się matematycznym oczekiwaniem, dyspersją i prawem rozkładu.

Na rys. 2.2 przedstawiony został empiryczny (statystyczny) rozkład przypadkowej wielkości  $K_m$ , zbudowany wg danych [37] przy liczebności próbki równej  $m = 44$ . Proces budowania przytoczonego rozkładu empirycznego odbywa się z wykorzystaniem ogólnie znanych norm [37] i z tego powodu nie jest przytoczony w pracy.

ROZKŁAD EMPIRYCZNY LOSOWEJ WIELKOŚCI  $K_m$ 

$m$  – liczebność próbki  
 $m_j$  – liczebność próbki w  $j$ -tym przedziale

$$j = \frac{K_{m, \min} - K_{m, \max}}{h}$$

Rys. 2.2.

Na rys. 2.2 podano główne liczbowe dane przypadkowej wielkości  $K_m$ :

średnie fragmentaryczne ( $\bar{K}_m$ ) i fragmentaryczne średnie kwadratowe odchylenie

$$\left( \frac{D}{k} \right)^{\frac{1}{2}},$$

wyliczone wg standardowych formuł.

Wielkość przypadkowa  $K_m$  funkcjonalnie zależy od  $M(T_c)$  i  $M_p(T_c)$ , które są wynikiem działania dużej ilości projektowych, technologicznych, organizacyjnych i innych faktorów. Jednoznacznie nie można wskazać, który z nich w większym stopniu wpływa na  $M(T_c)$  i  $M_p(T_c)$ .

Podstawową osobliwością, wyróżniającą prawo normalne pośród innych praw jest to, że jest ono prawem granicznym, do którego zbliżają się inne prawa rozkładu [34]. To wynika z treści centralnego granicznego twierdzenia w przytoczonym brzmieniu: „jeśli wielkość przypadkowa formuje się pod wpływem dużej ilości niezależnych czynników, z których żaden nie dominuje nad pozostałymi, to jest ona podporządkowana rozkładowi normalnemu”.

Przytoczona wyżej charakterystyka przypadkowej wielkości  $K_m$  jest bliska wymaganiom tego twierdzenia, co pozwala wysunąć hipotezę o jego normalnym rozkładzie. Do jej sprawdzenia zostały wykorzystane dane przytoczonego na rys. 2.2 rozkładu empirycznego. Jako kryterium zgody  $\chi^2$  Pearsona na poziomie ufności równym 0,05.

Sprawdzenie twierdzenia o normalnym rozkładzie przebiegało wg następującego algorytmu:

1) określa się dane rozkładu empirycznego:



$K_m$	$K_m(1)$	$K_m(2)$	...	$K_m(j)$
$m$	$m.(1)$	$m.(2)$	...	$m(j)$

gdzie:

$m$ .- liczebność próbki;

$m.(j)$  – liczebność próbki w  $j$ -m. przedziale;

$j = 1, J$ ;

$j = (K_{m, \max} - K_{m, \min}) / h$ , (patrz rys. 2.2);

2) wylicza się teoretyczne częstotliwości wg formuły:

$$n(j) = m \cdot h \cdot f(u(j)) / D^{\frac{1}{2}},$$

gdzie:

$D^{\frac{1}{2}}$  - fragmentaryczne średnie kwadratowe odchylenie przypadkowej  
 $k$  wielkości  $K_m$ ;

$$u(j) = [K_m(j) - K_m] / D^{\frac{1}{2}};$$

$K_m$  - średnie fragmentaryczne;

$$f(u) = 1/\sqrt{2\pi} \cdot \exp(-u^2/2);$$

3) określa się znaczenie  $\$^2$  :  
 $k$

$$\chi^2 = \sum_k \frac{[m. (j) - n (j)]^2}{m. (j)}$$

4) przyjmuje się poziom ufności 0,05 (5%);

5) wylicza się ilość stopni swobody l;

6) po wyliczeniu danych l i  $\chi^2$  ze specjalnej tabeli [34] określa się wartość

liczbową prawdopodobieństwa  $P(\chi^2 > \chi^2_k)$ ;

7) jeśli otrzymane prawdopodobieństwo było mniejsze od zadanego poziomu ufności, to hipotezę odrzuca się, jeśli większe - przyjmuje się ją.

Dla rozkładu empirycznego na rys. 2.2, wyliczonego wg przewidzianego algorytmu, prawdopodobieństwo równa się  $P=0,238$ . Wskazane prawdopodobieństwo jest większe od poziomu ufności 0,05, więc hipoteza o normalnym rozkładzie potwierdziła się. Jako przykład zostały przytoczone dane rozliczenia.

Takim sposobem, bazując na otrzymanych wyżej wynikach, będziemy w dalszych badaniach uważać rozkład przypadkowej wielkości  $K_m$  za normalny.

Znajomość wielkości  $K_m$  (2.13) pozwala doprowadzić projektową pracochłonność każdego obiektu (propozycji zleceniodawcy) do ogólnej pracochłonności, charakteryzującej potencjał produkcyjny przedsiębiorstwa budowlanego. To daje możliwość operowania jednorodnymi pracochłonnościami w trakcie podejmowania decyzji o formowaniu PZPB przy ograniczonych możliwościach produkcyjnych PB.

Należy zaznaczyć, że do zadania każdej organizacji budowlanej wchodzi przybliżenie wielkości  $K_m \rightarrow 0$ . Dlatego, jeśli w określeniu wielkości  $K_m$  będzie dopuszczony błąd w stronę zwiększenia jej wartości, to przy formowaniu PZPB będą zaniżane prawdziwe produkcyjne możliwości PB, a to w następstwie doprowadzi do przedterminowej realizacji sformowanego PZPB i wynikających stąd konsekwencji. Najistotniejsze jest to, że w tym przypadku PB zapewni wykonanie warunków kontraktu w zakresie terminów oddania obiektów. Zatem przy rozliczeniu wartości liczbowych przypadkowej wielkości  $K_m$  możliwe jest dopuszczenie błędu tylko w stronę jej powiększenia. Dlatego, rozliczenie wielkości liczbowej wielkości  $K_m$  musi biegnąć od jej minimalnie – dopuszczalnej wielkości  $K_{m,min}$  w stronę  $K_{m,max}$  (rys. 2.2), póki nie będzie osiągnięta wartość  $K_{m,lim}$ . określająca w zadanych warunkach (patrz niżej) skrajną maksymalną granicę dopuszczalnej wartości rozpatrywanej wielkości przypadkowej.

Tak więc, powstaje zadanie określenia liczbowej wartości przypadkowej wielkości  $K_m$  z wymaganą niezawodnością. Przez tę ostatnią będziemy rozumieć prawdopodobieństwo  $P(K_{m,min} < K_m < K_{m,lim})$  tego, że rzeczywista wartość przypadkowej wielkości  $K_m$  nie będzie mniejszej od  $K_{m,min}$ . Biorąc pod uwagę normalne prawo rozkładu przypadkowej wielkości  $K_m$  i właściwości funkcji Laplace'a zapisać można [37]:

$$P(K_{m,min} < K_m < K_{m,lim}) = F(t(lim)) - F(t(min)), \quad (2.14)$$

gdzie:

$$t(min) = \frac{(K_m - K_{m,min})/D}{k}^{\frac{1}{2}}, \quad (2.15)$$

$$t(\text{lim}) = (K_{m,\text{lim}} - K_m) / D_k^{1/2}, \quad (2.16)$$

$F(t)$  - powierzchnia, ograniczona krzywą normalnego prawa rozkładu przypadkowej wielkości  $t$  na odcinku  $(-\infty, t)$ .

Rozpatrzmy algorytm wyliczenia niewiadomej wielkości  $K_{m,\text{lim}}$  z wykorzystaniem wyrazów (2.14) - (2.16). Dlatego przyjmiemy potrzebną wielkość niezawodności  $P_k = P(K_{m,\text{min}} < K_m < K_{m,\text{lim}})$  dla określenia przypadkowej wielkości  $K_m$  i przeobrazimy wyraz (2.14) do formy:

$$F(t(\text{lim})) = P_k + F(t(\text{min})). \quad (2.17)$$

Wyliczywszy z (2.15) wartość  $t(\text{min})$ , tj. są znane  $K_{m,\text{min}}$ ,  $K_m$  i  $D_k$ , określimy wg specjalnej tabeli [57] wielkość  $F(t(\text{min}))$ . W wyniku wykonania (2.17) znajdujemy wartość liczbowa  $F(t(\text{lim}))$ . Wg tej samej specjalnej tabeli [37] dla znalezionej  $F(t(\text{lim}))$  określamy wielkość argumentu  $t(\text{lim}) = t(k)$ . Zmieniwszy (2.16) do postaci:

$$K_{m,\text{lim}} = K_m + D_k^{1/2} * t(k), \quad (2.18)$$

wyliczymy poszukiwaną wielkość  $K_{m,\text{lim}}$ .

Przytoczona wyżej metodyka umożliwia poznanie wartości liczbowej  $K_{m,\text{min}}$  do określenia której trzeba zbudować rozkład empiryczny przypadkowej wielkości  $K_m$ . Żeby tego nie robić, można skorzystać z „zasady trzech sigm” i wykorzystać do wyliczenia  $K_{m,\text{min}}$  następującą formułę:

$$K_{m,\min} = K_m - 3 * \frac{D}{k} \quad .$$

Niezawodność określenia  $K_{m, \min}$ , wyrażona poprzez prawdopodobieństwo odchylenia wyliczonej wartości od rzeczywistej będzie w przybliżeniu równać się 0,997 [37], co wystarczy do praktycznego rozwiązania postawionego zadania.

Na rys. 2.3 są przytoczone zależności, zbudowane na podstawie danych rozliczeniowych, otrzymanych z wykorzystaniem opisanego wyżej algorytmu. Ich analiza pozwala dojść do wniosku, że na wielkość  $K_{m,\min}$  wywierają duży wpływ dwa wskaźniki:

$$\sim \\ P_k \text{ i } K_m.$$

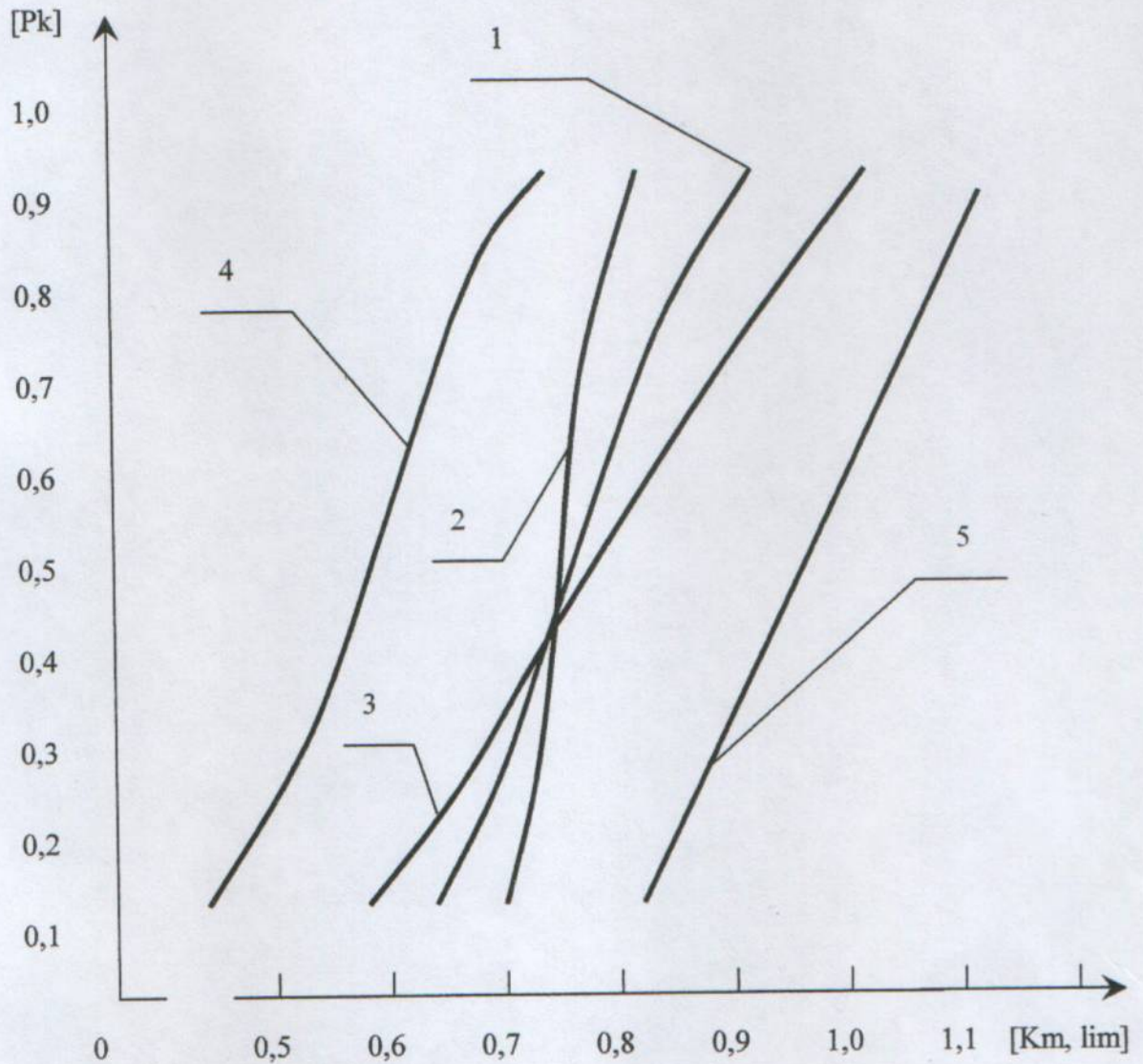
Zatem od precyzjności ich określenia zależy wiarygodność otrzymania przypadkowej wielkości  $K_m$ , zbliżonej do rzeczywistej.

Wielkość  $P_k$  określa się indywidualnie dla każdego przedsiębiorstwa budowlanego, a która to zależy od wielu subiektywnych i obiektywnych czynników. Jak pokazała analiza wyników badań, do rozwiązania zadania formowania PZPB celowe jest ograniczenie wielkości  $P_k$  w następujących granicach:

$$0,65 \leq P_k \leq 0,9$$

Do podwyższenia niezawodności określenia  $K_m$  celowe jest wykorzystywanie właściwości przedziału ufności [37, 96]. W tym przypadku może być sformułowane następujące zadanie: jest próbka (w postaci szeregu statystycznego) losowej wielkości  $K_m$ , podlegająca normalnemu prawu rozkładu z nieznanym matematycznym oczekiwaniem  $K_m$ . Trzeba zbudować przedział ufności matematycznego oczekiwania przypadkowej wielkości  $K_m$ , odpowiadający zadanemu poufnemu prawdopodobieństwu  $P_g$ .

## ZALEŻNOŚĆ LOSOWEJ WIELKOŚCI $K_m$ OD ZMIANY CHARAKTERYSTYK I ZADANEJ NIEZAWODNOŚCI OBLICZEŃ $P_k$



CHARAKTERYSTYKI LICZBOWE ANALIZOWANYCH ZALEŻNOŚCI:

$$\sim 1. K_m = 0,87, Dk^{1/2} = 0,11, K_{m, \min.} = 0,54$$

$$\sim 2. K_m = 0,87, Dk^{1/2} = 0,085, K_{m, \min.} = 0,54$$

$$\sim 3. K_m = 0,87, Dk^{1/2} = 0,135, K_{m, \min.} = 0,54$$

$$\sim 4. K_m = 0,7, Dk^{1/2} = 0,11, K_{m, \min.} = 0,54$$

$$\sim 5. K_m = 0,97, Dk^{1/2} = 0,11, K_{m, \min.} = 0,54$$

Rys. 2.3.

Rozwiązywać sformułowane zadanie będziemy w następującej kolejności:

- 1) określamy  $\bar{K}_m$ , jako średnie fragmentaryczne szeregu statystycznego;
- 2) określamy  $D_k^{1/2}$ , jako fragmentaryczne średnie kwadratowe odchylenie;
- 3) wg specjalnej tabeli [37] dla  $(m-1)$  i  $P_g$  szukamy  $T_g$  ( $m$ - liczebności próbki);
- 4) wyliczamy wielkość przedziału ufności [37]:

$$K_{m,d} = [\bar{K}_m - d; \bar{K}_m + d],$$

gdzie:

$$d = T_m * (D_k/m)^{1/2} - \text{połowa długości przedziału ufności};$$

- 5) przyjmujemy  $\bar{K}_m = \bar{K}_m + d$ , na podstawie wcześniejszego wyjaśnienia o możliwości dopuszczenia błędu tylko w stronę powiększenia od rzeczywistej wartości badanej przypadkowej wielkości  $K_m$ .

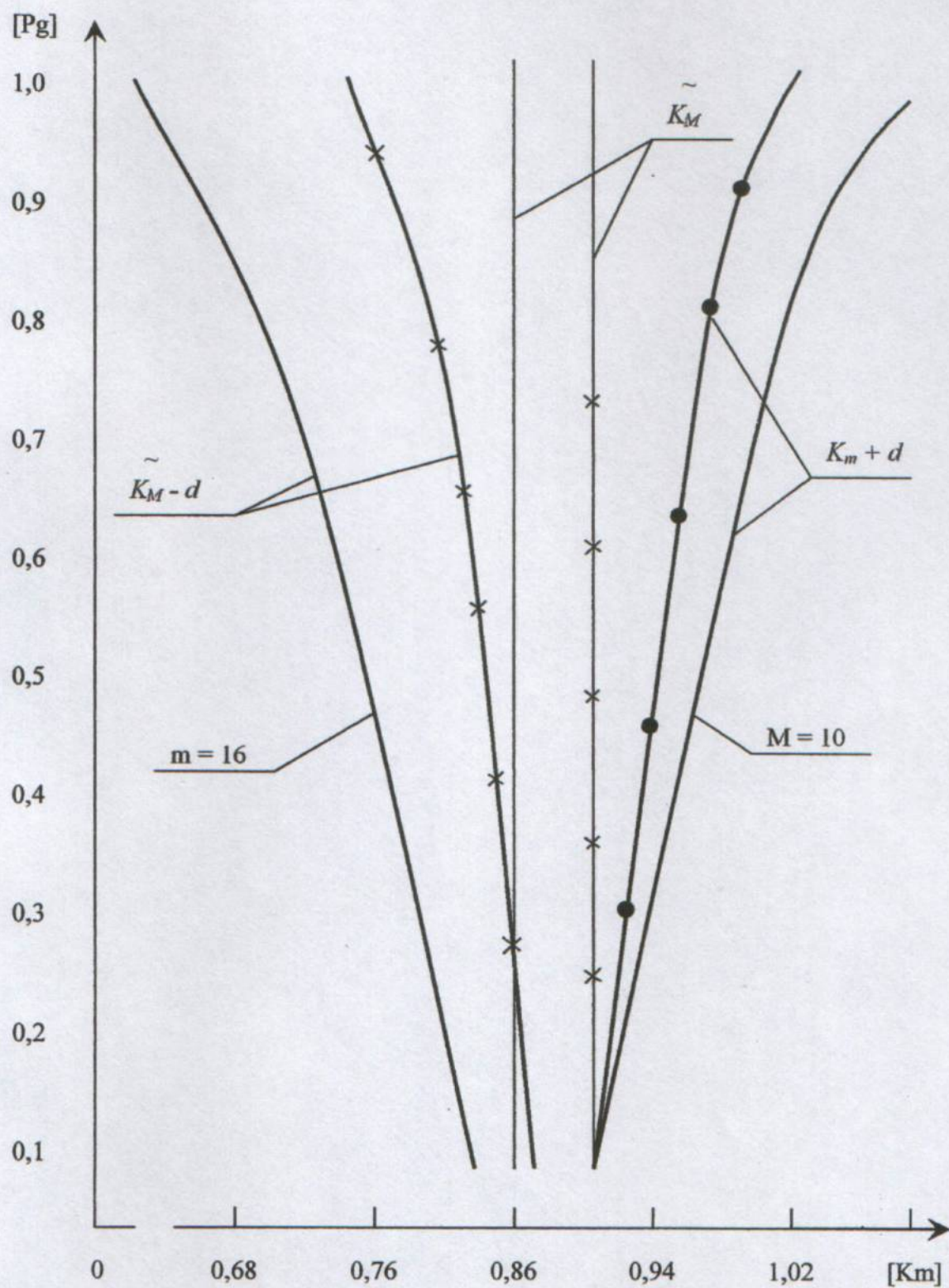
Później, przy wyliczeniu  $K_{m,\text{lim}}$  (2.15, 2.16, 2.17 i 2.18) zamiast  $\bar{K}_m$  celowe jest wykorzystanie  $\bar{K}_m$ .

Wykorzystanie przedstawionej metodyki w procesie formowania PZPB pozwala podnieść jego precyzję, dzięki określeniu matematycznego oczekiwania  $K_m$  przypadkowej wielkości  $K_m$  z wymaganą niezawodnością  $P_g$ . W pokazanym przykładzie na rys. 2.4 są przytoczone grafiki, charakteryzujące zależność wielkości przedziału ufności matematycznego oczekiwania ( $\bar{K}_m$ ) od niezawodności wyliczenia ( $P_g$ ) i liczebności próbki ( $m$ ). Wskazane zależ-

ności są zbudowane wg danych wyliczonych z wykorzystaniem przytoczonej wyżej metodyki.



ZALEŻNOŚĆ WIELKOŚCI MATEMATYCZNEGO OCZEKIWANIA  $\bar{K}_m$   
OD NIEZAWODNOŚCI JEJ WYLICZENIA  $P_g$  I LICZEBNOŚCI PRÓBK



Rys. 2.4.

Rozliczenie przeprowadza się w dwóch grupach danych:

- 1)  $\tilde{K}_m = 0,87$ ;  $D_k = 0,0121$ ;  $m. = 16$  (oznaczone na rys. 2.4  $\dots$ ) i
- 2)  $\tilde{K}_m = 0,88$ ;  $D_k = 0,01$ ;  $m. = 10$  (oznaczone  $****$ ).

Analiza otrzymanych wyników rozliczenia pozwoliła wyciągnąć następujące wnioski:

- 1) wielkość  $\tilde{K}_m$  istotnie zależy od niezawodności wyliczenia w przedziale:  $0,5 < P_g < 1$ ;
- 2) liczebność próbki ( $m.$ ) wpływa na wielkość  $\tilde{K}_m$ .

Zatem przy wyliczeniu  $\tilde{K}_m$  dużo uwagi trzeba poświęcić określeniu  $P_g$  i  $m.$  Dla prostoty realizacji, wyboru wielkości  $P_g$  można dokonywać wg analogii z rozpatrzonym wyżej wyliczeniem  $P_k$ .

Określenie liczebności próbki ( $m.$ ) może być wykonane z wykorzystaniem obojętnej znanej metodyki [37, 96, 114]. Trudność polega na konieczności rozliczenia niestacjonarnego charakteru przypadkowej wielkości  $\tilde{K}_m$  w czasie, co wymaga okresowego korygowania  $\tilde{K}_m$  i  $D_k$ .

Do tego celu wskazane jest wykorzystać metodę eksponencjalnego wygładzania [114], sens której polega na podtrzymaniu stałej wielkości eksperymentalnie określonej liczebności próbki kosztem odrzucenia przestarzałej w czasie informacji i wprowadzenia nowej. Bardziej drobiazgowo jest to przedstawione w [35]. Należy tylko podkreślić, że liczebność próbki dla każdego przedsiębiorstwa budowlanego określa się indywidualnie.

W przypadku nieoczekiwanego pojawienia się czynników zewnętrznego charakteru, które doprowadzają do gwałtownej zmiany przypadkowej wielkości  $\tilde{K}_m$ , celowe jest określenie jej liczbowych charakterystyk  $\tilde{K}_m$  i  $D_k$ , a przy braku danych statystycznych, wykorzystywanie oceny ekspertów.

W treści tych ostatnich rekomenduje się wykorzystywanie dwóch wskaźników: korzystnego (minimalnie - możliwego) i niekorzystnego (maksymalnie - możliwego) wartości przypadkowej wielkości  $K_m$ , odpowiednio oznaczonych  $\tilde{K}_{m,\min}$  i  $\tilde{K}_{m,\max}$ . Wtedy na podstawie zasady trzech sigm można zapisać:

$$\tilde{K}_m = \tilde{K}_{m,\min} + (\tilde{K}_{m,\max} - \tilde{K}_{m,\min})/2, \quad (2.19)$$

$$D = \frac{1/2}{k} (\tilde{K}_{m,\max} - \tilde{K}_{m,\min})/6, \quad (2.20)$$

Otrzymane w taki sposób dane pozwalają wykorzystywać rozpatrywaną metodykę do wyliczenia  $K_{m,\lim}$  (2.14) - (2.18).

Opisawszy metodę rozwiązania zadania po określeniu znaczenia liczebnego przypadkowej wielkości  $K_m$ , wrócimy do rozpatrzenia kolejności wyliczenia możliwości produkcyjnych przedsiębiorstwa budowlanego na odcinku  $T_p$  jako wyrażenia (2.3), która zawiera:

1) przekształcenie pracochłonności projektowej  $M_{pz}(T_p)$  wszystkich obiektów PZPB w wykazową  $M'_{pz}(T_p)$ , z wykorzystaniem formuły (2.13):

$$M'_{pz}(T_p) = K_{m,\lim} * M_{pz}(T_p). \quad (2.21)$$

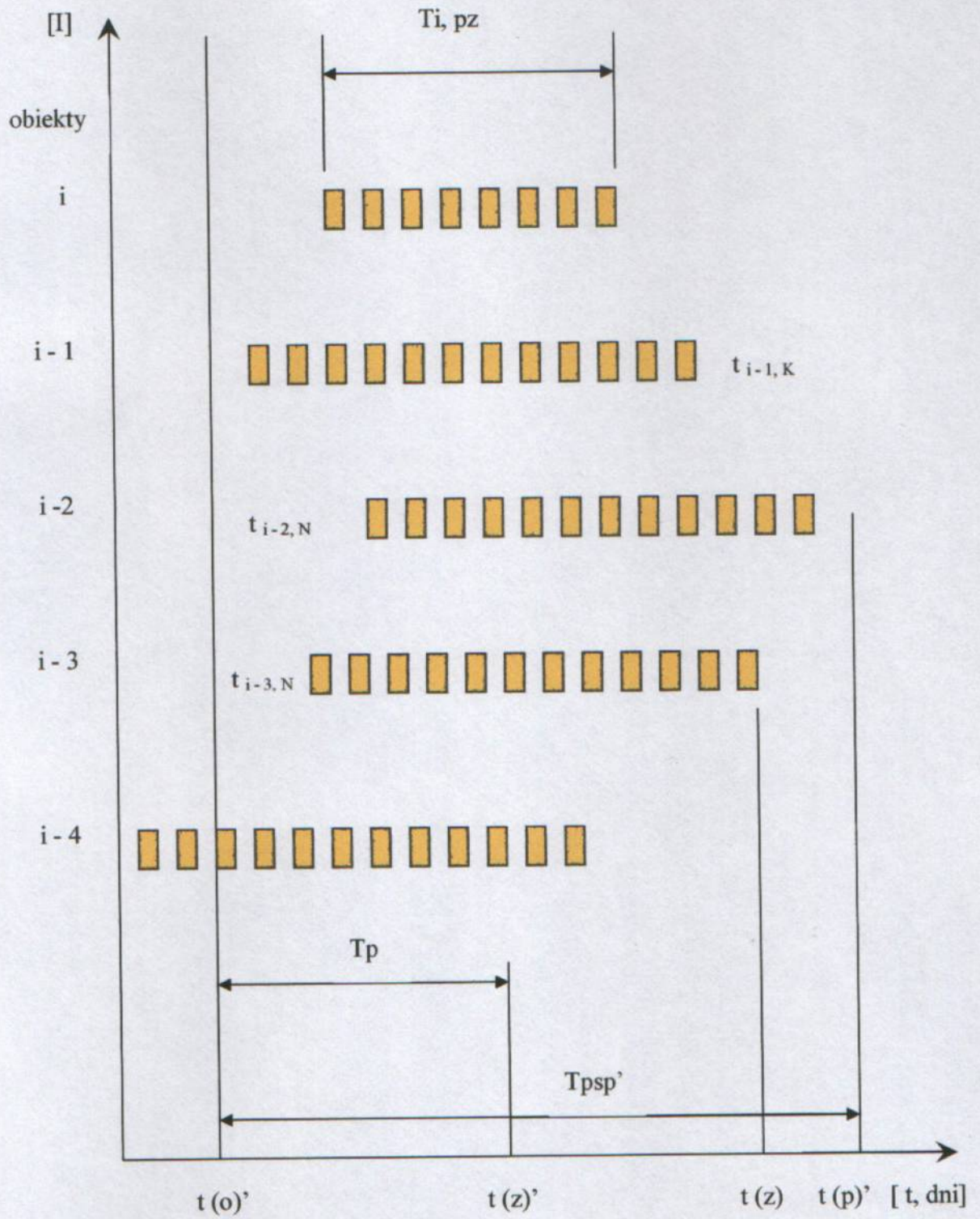
W dalszych badaniach znajdzie zastosowanie tylko i wyłącznie pracochłonność skorygowana obiektów programu produkcyjnego  $M'_{pz}(T_p)$ . Dla uproszczenia zapisu oznaczymy ją po przez  $M_{pz}(T_p)$ , a  $K_{m,\lim}$  poprzez  $K_m$ ;

2) określenie wg formuły (2.11) liczbowej wielkości  $M_{co}(T_p)$  przy znanych  $N$  i  $T_p$ ;

3) przyjęcie wymaganej wielkości  $M_{rez}$  (2.3), którą określa się indywidualnie do każdego przedsiębiorstwa budowlanego.

W ten oto sposób została określona metodyka obliczania wartości liczbowej mocy produkcyjnych PB na odcinku Tp.

# PRZYKŁAD FORMOWANIA PORTFELA ZAMÓWIEŃ



Rys. 2.5.

Przed przystąpieniem do sformułowania zadania formowania PZPB i przed opracowaniem metody rozwiązania go, wprowadzimy następujące umowne oznaczenia rys (2.5):

$t(o)$  - czas, od którego realizuje się odliczanie  $T_p$  przy formowaniu PZPB (rys. 2.5);

$t(p) = t(o) + T_p$  - czas ukończenia realizacji PZPB;

$t(z)$  - czas, określający koniec odcinka  $T_p$ ;

$T_p = t(z) - t(o)$  - przedział, w którym spełnia się warunek (2.3);

$M_{i,pz}$  - pracochłonność obiektu, proponowanego przez  $i$ -m. zleceniodawcę, do włączenia do PZPB;

$T_{i,pz}$  - czas trwania realizacji obiektu, proponowanego przez  $i$ -m. zleceniodawcę celem włączenia do PZPB;

$t_{i,n}$ ;  $t_{i,k}$  - odpowiednio rozpoczęcie i ukończenie budowy obiektu  $i$ -tego zleceniodawcy;

$N$  - średnia liczba pracowników PB na odcinku  $T_p$ ;

$N_{i,pz} = M_{i,pz} / T_{i,pz}$  - średnia liczba pracowników na obiekcie  $i$ -tego zleceniodawcy.

Teraz rozpatrzmy postawione zadanie sformowania PZPB z uwzględnieniem możliwości produkcyjnych PB (2.3) i wymagań każdego  $i$ -tego zleceniodawcy dla czasu trwania  $T_{i,pz}$  i terminu rozpoczęcia  $t_{i,n}$  (ukończenia  $t_{i,k}$ ) realizacji jego propozycji.

Jego sens polega na rozdziale PB w czasie propozycji zleceniodawców, przy którym zapewnia się wykonanie warunku (2.3) i wymagań na czas trwania i terminy budowy. W postaci sformalizowanej można to przedstawić następująco:

$$E_{m,p} = t(n) - t(z) \rightarrow \min, \quad (2.22)$$

gdzie:

$$t(n) = Rn(Mt(Tp), Mf(Tp), Ti, pz, t(o), t_{i,n}),$$

$$\text{Przy } Mf(Tp) - Mt(Tp) \geq Mrez; \quad (2.23)$$

$$\begin{aligned} t(z) &= Rz(Mt(Tp), Mf(Tp), Ti, pz, t(o), t_{i,n}) \\ t_{i,n} &\geq t(o); \end{aligned} \quad (2.24)$$

$$t_{i,n} = \langle Rn(Mt(Tp), Mf(Tp), Ti, pz, t(o)); \quad (2.25)$$

$$\begin{aligned} I(c) \\ \sum_{i=1} T(i) * C(i) \longrightarrow \min, \text{ przy } t_{i,n} < t(z); \end{aligned} \quad (2.26)$$

$E_{m,p}$  - kryterium efektywności rozwiązania zadania;

$R$  - oznaczenie zależności funkcjonalnej;

$C(i)$  - wielkość nałożonych na PB sankcji ekonomicznych ze strony  $i$ -go zleceniodawcy, za każdy przeterminowany dzień (tydzień, dekadę, itd.);

$T(i)$  - ilość dni (tygodni, dekad), o które przekroczony został termin oddania obiektu  $i$ -go zleceniodawcy;

$I(c)$  - liczba zleceniodawców, u których w trakcie rozpatrzenia  $i$ -tej propozycji został przekroczony termin oddania obiektów.

Wybór typu kryterium  $E_{m,p}$  określa się z tego względu, że osiąga ono swoje minimum przy:

a)  $t(n) \longrightarrow \min$ ,

b)  $t(z) \longrightarrow \max$ ,

c)  $t(n) \longrightarrow \min$  i  $t(z) \longrightarrow \max$ .

Przypadek (a) sprzyja zapewnieniu wykonania warunku (2.1), a przypadek (b) sprzyja zapewnieniu maksymalnego wykorzystania możliwości produkcyjnych PB w trakcie realizacji PZPB.

Wykonanie warunku (2.3) w danej postawie gwarantuje się obecnością (2.23) i (2.24).

Takim sposobem, formowanie PZPB przy ograniczonych możliwościach PB, sprowadza się do minimalizacji kryterium  $E_{m,p}$  z koniecznym przestrzeganiem wszystkich przywiedzionych ograniczeń. Rozpatrzmy opracowaną metodę rozwiązania sformułowanego zadania. Dlatego określimy zestaw kierowanych zmiennych, za pomocą których można zmieniać wartości  $t(n)$  i  $t(z)$ . Do nich należy odnieść:  $N$ ;  $T_p$ ;  $t_{i,n}$ ;  $K_m$ ,  $T_{i,pz}$ ;  $M_{rez}$ ;  $\{C(i)\}$ .

Wyróżnimy te z nich, które wpływają na opracowanie metody rozwiązania rozpatrywanego zadania:  $T_p$ ,  $\{t_{i,n}\}$ ,  $\{T_{i,pz}\}$ .

Pozostałe zmienne wpływają na wynik realizacji zadania przy niezmienniej metodzie rozwiązywania go. Zatem metoda ta polega na doborze  $\{t_{i,n}\}$ ,  $\{T_{i,n}\}$  i  $T_p$ , przy których wprowadza się (2.22) wszystkie przywiedzone wyżej ograniczenia.

W zależności od wymagań zleceniodawcy możliwe są dwa podejścia do rozwiązania zadania. W pierwszym przypadku, zleceniodawca sam ustala czas trwania budowy obiektu, a terminy rozpoczęcia (ukończenia) określa przedsiębiorstwo budowlane uwzględniając swoje możliwości. W drugim przypadku, zleceniodawca określa tak czas trwania, jak i termin rozpoczęcia (ukończenia) budowy obiektu. Rozpatrzmy oba przypadki rozwiązania zadania w przytoczonej kolejności.

Przyjmijmy stan procesu formowania PZPB, przedstawionego na rys. 2.5, w fazie wyjściowej (punkt odliczania). Charakteryzuje się ona  $t'(o)$ ,  $t'(n)$ ,  $t'(z)$ ,  $M.'co(T_n) = N * T'_n, M.'pz, (T_p)$  i mnóstwem  $\{t'_{i,n}; t'_{i,k}\}$ , gdzie znak (') wskazuje na to, że przytoczone dane są wyjściowymi k dla rozpoczęcia roz-



wiązania zadania. Kolejność rozwiązania zadania będzie polegać na rozpatrzeniu całego kompleksu możliwych wariantów formowania PZPB w zadanych warunkach.

### **2.3. Rozwiązanie zadania przy ograniczonych ekonomicznych możliwościach przedsiębiorstwa budowlanego.**

Drugi etap rozwiązania zadania formowania PZPB (rozdział 2.2) jest zbudowany na prognozowaniu oczekiwanych wyników działalności PB. Zawiera on ocenę i zapewnienie ekonomicznego potencjału przedsiębiorstwa budowlanego (EMPB), niezbędnego do normalnego funkcjonowania w wyniku realizacji formowanego PZPB, zawierając propozycje i-go zleceniodawcy. Rozdzielimy proces realizacji wskazanego etapu na dwa stadia: sprawdzenie wykonania warunku (2.2) i w przypadku niewykonania go, poszukiwanie środków ekonomicznych do jego realizacji. Rozpatrzemy każde ze stadiów w odpowiedniej kolejności.

Takim sposobem, w trakcie realizacji pierwszego stadium drugiego etapu rozwiązania zadania formowania PZPB niezbędne jest otrzymanie odpowiedzi na trzy pytania:

- 1) jakie będą dla PB oczekiwane faktyczne ekonomiczne wyniki realizacji formowanego PZPB lub wchodzące do niego propozycje i-go zleceniodawcy?;
- 2) jakie muszą być ekonomiczne wyniki realizacji w przedsiębiorstwie budowlanym formowanego PZPB lub propozycji i-go zleceniodawcy?;
- 3) jaki wynik analizy oczekiwanych faktycznych ekonomicznych danych w porównaniu z wymaganymi jest niezbędny do normalnego funkcjonowania PB.

Jeśli odpowiada on warunkowi (2.2), to drugi etap rozwiązania zadania formowania PZPB uważa się za wykonany. Inaczej, jest realizowane tylko pierwsze stadium drugiego etapu i trzeba przejść do drugiego stadium, tzn. zapewnić możliwość poszukiwania i podjęcia możliwych do przyjęcia dla PB ekonomicznych decyzji, pozwalających im osiągnąć wskaźniki, odpowiadające normalnemu funkcjonowaniu w warunkach rynkowych.

Do rozwiązania pierwszego problemu trzeba zastosować metodę wyliczenia elementu  $Df(T_p)$  w wyrazie (2.2), który charakteryzuje oczekiwane faktyczne ekonomiczne wyniki realizacji układanego PZPB na odcinku  $T_p$ . Więc,  $Df(T_p)$  utożsamia faktyczny ekonomiczny potencjał (możliwość) przedsiębiorstwa budowlanego (EMPB), który się wyraża w odpowiednich ekonomicznych kategoriach: zysk, dochód, itd. W jakości danych bazowych do rozliczenia  $Df(T_p)$  służą obowiązujące ustawy prawne, odzwierciedlające ekonomiczną stronę działalności PB i ułożone w nim produkcyjno-ekonomiczne wskaźniki: zużycie i koszt materiału, wielkość wydatków administracyjnych, koszt usług maszyn, mechanizmów, itd.

Proces wyliczenia  $Df(T_p)$  i wykaz niezbędnych do tego danych będziemy rozpatrywać ogólnie, co jest uwarunkowane powodami obiektywnymi, w szczególności niestałością i niedoskonałością ustawy o opodatkowaniu przedsiębiorstw. Jednak przy całej różnorodności możliwych sytuacji, w rozliczeniu  $Df(T_p)$ , można zapewnić jego wykonanie w wyniku grupowania wszystkich niezbędnych do tego składników w następujący sposób:  $D_m$  - koszt materiałów;  $D_e$  - koszt usług za urządzenia budowlane i maszyny;  $D_a$  - koszt usług transportu;  $D_z$  - wydatki na wypłaty;  $D_s$  - cena umowna budowy;  $D_{ps}$  - inne przychody. Przy znanych wartościach zmiennych danych, wielkość  $Df(T_p)$  może być określona wg formuły:

$$Df(T_p) = Wf(D(F), Z(T_p)), \quad (2.27)$$

gdzie:

$$D(F) = \sum_{i=1}^I \{D_{s,i} - [D_i(q) + D_i(k)]\};$$

$$D_i(q) = \sum_{t=1}^{J(q)} D_t(q) * M_{i,pz};$$

$$D_i(k) = \sum_{t=1}^{J(k)} D_t(k) * M_{i,pz};$$

$W_f$  - funkcja, która pozwala przy znanym  $D(F)$  i obowiązującej ustawie o opodatkowaniu  $Z(T_p)$  określić prostym wyliczeniem wartości liczbowe  $D_f(T_p)$ ;

$I$  - liczba obiektów formowanego PZPB;

$t$  - oznaczenie jednego z indeksów mnogości  $\{D_t\} = D_m, D_e, D_a, D_z, D_{np}, D_{pr}, D_{pz}$ ;

$k$  i  $q$  - cechy, wskazujące odpowiednio na przynależność i brak przynależności elementów mnogości  $\{D_t\}$  do  $k$ -ej podkategorii (patrz niżej);

$J(k)$  i  $J(q)$  - liczba elementów mnogości  $\{D_t\}$ , odpowiednio odnoszących się i nie odnoszących się do  $k$ -ej podkategorii (patrz niżej).

Takim sposobem, określenie  $D_f(T_p)$  sprowadza się do wiedzy ustawy o opodatkowaniu i umiejętności wyznaczenia liczby elementów mnogości  $\{D_t\}$ . Zatrzymamy się na wyliczeniu elementów wskazanej mnogości. Warunkowo można je rozdzielić na dwie grupy, oprócz  $D_s$ , który nie odnosi się

do żadnej z nich. Do pierwszej grupy odnoszą się elementy, rozliczenie których prowadzi się obiektowo, a do drugiej – rozliczenie których prowadzi PB w całości. Na przykład, do pierwszej grupy odnosi się  $D_m$ , tj. rozliczenie i spisanie materiałów w PB, co prowadzone jest na każdym obiekcie. Do drugiej grupy odnosi się element  $D_{np}$ , którego rozliczenie obiektowe jest praktycznie niemożliwe. Rozpatrzmy metody wyliczania elementów każdej z wskazanych grup.

Do rozliczenia elementów pierwszej grupy mnogości  $\{D_t\}$  w PB trzeba utworzyć bank danych następującej treści:

- 1) wszystkie obiekty budowane wcześniej przez PB grupują się wg kategorii, na przykład: nowa budowa, remont kapitalny, rekonstrukcja, usługi budowlane, itd.; liczba i rodzaj kategorii określa PB i zależą one od jego specjalizacji;
- 2) każda kategoria obiektów rozbija się na podkategorie, w których grupują się jednorodne obiekty, na przykład: kategoria nowe budownictwo może być rozbita na następujące kategorie: budynki przemysłowe konkretnego typu, socjalno-administracyjne, mieszkalne, itp.
- 3) do konkretnej podkategorii zalicza się elementy  $\{D_t(k)\}$ , odpowiadające elementom mnogości  $\{D_t\}$ , odnoszącym się do rozpatrywanej pierwszej grupy; każdy element  $D_t(k)$  określa się wg formuły:

$$D_t(k) = \left[ \sum_{i'=1}^{I'(k)} D'_{i',t(k)} / M'_{i',pz} \right] / I'(k), \quad (2.28)$$

gdzie:

$D_t(k)$  - nakłady  $t$ -go typu, przypadające na jedną roboczodniówkę do  $k$ -ej podkategorii obiektów;

$D'_{i',t(k)}$  - nakłady  $t$ -go typu  $i'$ -go obiektu, odnoszącego się do  $k$ -ej pod-

kategorii;

$M_i$ , pz - pracochłonność projektowa  $i$ -go obiektu, odnoszącego się do  $k$ -ej podkategorii;

$I(k)$  - liczba obiektów, wchodzących do  $k$ -ej podkategorii;

' - oznaczenie wskazujące na to, że  $i$ -ty obiekt był realizowany przez PB w formowanym PZPB.

Od razu należy odznaczyć, że w procesie wyliczenia i wykorzystania  $Dt(k)$  są możliwe trzy przypadki:

- 1) liczba obiektów w podkategorii jest wystarczająca, ale stare dane zniekształcają prawdziwą wartość  $Dt(k)$ ; w tym przypadku niezbędne jest zastosowanie metody wygładzania eksponencjalnego w taki sam sposób jak w rozdziale 2.2;
- 2) powstała nagle zmiana nakładów  $t$ -go typu w związku ze wzrostem cen lub z innych powodów; w tym przypadku wielkość  $Dt(k)$  ustanawia się metodą ekspertów lub koryguje się do wielkości zmiany nakładów;
- 3) brak obiektów  $k$ -ej kategorii, tzn. ich wcześniejsza budowa nie była realizowana; w tym przypadku  $Dt(k)$  wylicza się wg kosztorysu obiektowego proponowanego do rozpatrzenia przez zleceniodawcę i odnoszącego się do  $k$ -ej podkategorii lub ustanawia się poprzez ekspertów.

Z powyższego wynika, że rozpatrzony bank danych elementów mnogości  $\{Dt(k)\}$ , odnoszących się do pierwszej grupy, musi być systematycznie korygowany.

Do rozliczenia elementów drugiej grupy mnogości  $\{Dt\}$  w PB także niezbędne jest stworzenie specjalnego banku danych mnogości  $\{Dt(q)\}$ . Elemen-

ty wskazanej mnogości odpowiadają elementom mnogości  $\{Dt\}$ , odnoszącym się do drugiej grupy. Każdy element  $Dt(q)$  określa się wg formuły:

$$Dt(q) = D't(Tg)/M.'pb(T'g), \quad (2.29)$$

gdzie:

- $Dt(q)$  - nakłady (przychody)  $t$ -go typu elementu drugiej grupy, przypadające na jedną roboczodniówkę;
- $T'g$  - przedział czasu, na podstawie którego wylicza się elementy mnogości  $\{Dt(q)\}$ ; zwykle jest to rok kalendarzowy;
- $D't(T'g)$  - sumaryczne nakłady (przychody)  $t$ -go typu, określone w przedziale  $T'g$ ;
- $M.'pb(T'g)$  – pracochłonność w przedziale  $T'g$ .

W wykorzystaniu  $Dt(q)$  jest możliwa sytuacja, kiedy w przedziale następnym za  $T'g$ , odbyła się raptowna zmiana wartości elementów mnogości  $\{Dt\}$  kosztem zmiany liczebności zatrudnionych w PB, gwałtownego wzrostu cen i z innych powodów. W tym przypadku  $Dt(q)$  określa się metodą ekspertów [3, 23, 39, 88] stosując przywiedzioną wyżej formułę (2.29).

Wykorzystując wyniki realizacji pierwszego etapu rozwiązania zadania formowania PZPB (rozdział 2.2), przyjrzymy się ciągowi wyliczania  $Df(Tp)$ .

Dla każdego  $i$ -go obiektu ( $i = 1, I$ ) formowanego PZPB określa się podkategorię ( $k$ ) i odpowiadająca jej wielkość  $Dt(k)$ . Za tym, po dopełnieniach do formuły (2.27), wylicza się elementy  $Di(k)$ ,  $Di(q)$  i  $D(f)$ .

Wszystko wyżej powiedziane pozwala określić wg (2.27) wielkość  $Df(Tp)$  w celu dalszego wykorzystania przy wyliczeniu (2.2). Jeśli przeprowadza się analizę propozycji konkretnego  $i$ -go zleceniodawcy, to wystarczy

przyjąć warunek o tym, że w składzie PZPB realizują się tylko  $i$ -ty obiekt. Kolejność i formuła wyliczenia  $Df(T_p)$  pozostają bez zmian.

Do odpowiedzi na drugie pytanie, które się pojawia w trakcie realizacji pierwszego stadium drugiego etapu rozwiązania zadania formowania PZPB niezbędnym jest opracowanie metody wyliczenia elementu  $Dt(T_p)$  w wyrazie (2.2), który charakteryzuje wymagane dla normalnego funkcjonowania PB ekonomiczne wyniki realizacji formowanego PZPB na odcinku  $T_p$ . Więc,  $Dt(T_p)$  odzwierciedla wymagany potencjał (możliwość) przedsiębiorstwa budowlanego, wyrażony w tych samych kategoriach ekonomicznych, co i  $Df(T_p)$ , tzn. dochód, zysk i inne. U podstaw wyliczenia  $Dt(T_p)$  leżą obowiązujące ustawy, dyktujące ekonomiczną stronę działalności PB i niezbędną mu wielkość  $m$ -ego funduszu.

Główne zadanie wprowadzonego wskaźnika „potrzeby kadrowe” to odzwierciedlenie kierunku progresywnego w rozwoju socjalnych i produkcyjnych sfer przedsiębiorstwa budowlanego. W ich liczbę wchodzi: niezbędne nakłady na rozwój materialnej i socjalnej bazy PB, wielkość preferowanych wynagrodzeń pracowników i inne. W zakresie tych ostatnich przygotowuje się odpowiednie fundusze PB, niezbędne do jego normalnego funkcjonowania w warunkach rynkowych na odcinku  $T_c$ , na przykład: fundusze: rozwoju produkcji i nauki  $F_p(T_c)$ , fundusze rozwoju socjalnego  $F_c(T_c)$ , fundusze materialnego stymulowania lub opłaty pracy z dochodu  $F_m(T_c)$ , fundusz rezerwowy lub ubezpieczeniowy  $F_r(T_c)$ , itp. Wyliczenie wielkości przeliczonych funduszy realizuje się na okres  $T_c$ , który określa się decyzją zespołu pracowniczego PB lub przez upoważnione osoby, co zależy od form własności. Jak zwykle, wielkość  $T_c$  równa się rokowi kalendarzowemu.

Rozliczenie niezbędnego potencjału ekonomicznego  $Dt(T_c)$  przedsiębiorstwa budowlanego, zapewniającego realizację potrzeb kadrowych na odcinku  $T_c$  może być przeprowadzone z wykorzystaniem następującej formuły:

$$Dt(Tc) = Wt(\{Fm(Tc)\}, Z(Tc)), \quad (2.30)$$

gdzie:

$Wt( )$  - funkcja, która pozwala przy znanej zawartości mnogości  $\{Fm(Tc)\}$  i obowiązującej ustawie o opodatkowaniu  $Z(Tc)$  określić *ex ante* (wstecz) wielkość  $Dt(Tc)$ ;

$Fm(Tc)$  - wielkość  $m$ -go funduszu, niezbędna do zabezpieczenia potrzeb kadrowych na odcinku  $Tc$ ;

$m$  - oznaczenie indeksu, charakteryzującego typ funduszu;

$Z(Tc)$  - formalizowana postać ustawy o opodatkowaniu, działająca w okresie  $Tc$ .

Zatem określenie  $Dt(Tc)$  sprowadza się do wiedzy ustawy o opodatkowaniu i umiejętności wyliczenia elementów mnogości  $\{Fm(Tc)\}$ . Każdy element wskazanej mnogości określa się indywidualnie wychodząc od potrzeb zatrudnionych i zależy od mnogości czynników. Na przykład, wielkość funduszu stymulowania materialnego zależy od liczby pracujących i oczekiwanej wielkości zachęty, itd. W PB celowe jest stworzenie banku danych, na podstawie których będą mogły się przejawiać różnorodne warianty wielkości funduszy, co będzie przydatne w trakcie dalszego rozwiązywania zadania formowania PZPB.

Po określeniu wielkości  $Dt(Tc)$  staje się możliwe wyliczenie poszukiwanej wielkości  $Dt(Tp)$ , przy zastosowaniu następującej formuły:

$$Dt(Tp) = Dt * \sum_{i=1}^I M_{i,pz}, \quad (2.31)$$



gdzie:

$$Dt = Dt(Tc)/Mpb(Tc), \quad (2.32)$$

$Mpb(Tc) = N * Tc$  - pracochłonność ogólna PB na odcinku  $Tc$ ;

$Dt$  - wielkość wymaganego potencjału ekonomicznego PB, przeliczana na jedną roboczodniówkę jego działalności produkcyjnej.

Do odpowiedzi na ostatnie, trzecie, pytanie w realizacji pierwszego stadium drugiego etapu rozwiązania zadania formowania PZPB niezbędne jest przeprowadzenie analizy wykonania warunku (2.2). Jeśli jest on spełniony, realizację drugiego etapu uważa się za zakończoną. Inaczej przeprowadza się przejście do realizacji drugiego stadium drugiego etapu rozwiązania zadania formowania PZPB, który zostanie rozpatrzony w rozdziale 2.3.

Wykonana analiza (2.2) pozwala dać ekonomiczną ocenę zawartości PZPB, ale nie odpowiada na pytanie o to, czy wystarczy to do normalnego funkcjonowania PB na odcinku  $Tp$ ? Pozytywna odpowiedź może być otrzymana przy wykonaniu nierówności (2.33):

$$Df(Tp) - Dt,pb(Tp) \geq 0, \quad (2.33)$$

gdzie:

$$Dt,pb(Tp) = N * Tp * Dt,$$

$Dt,pb(Tp)$  - wymagana wielkość wskaźnika ekonomicznego, zapewniająca normalne warunki funkcjonowania PB na odcinku  $Tp$ .

Jeśli warunek (2.33) nie jest spełniony staje się niezbędne doprowadzenie do zmiany znaczeń liczbowych składników  $D_f(T_p)$  i  $D_t(T_p)$ .

W przypadku oceny propozycji konkretnego  $i$ -go zleceniodawcy, trzeba określić wymaganą dla niego wielkość wskaźnika ekonomicznego  $D_{i,t}$ , uwarunkowaną ogólną sytuacją przedsiębiorstwa budowlanego. Poza tym trzeba wyliczyć wielkość  $D_{i,f} = D_f(T_p)$  pod warunkiem, że w skład PZPB wchodzi tylko  $i$ -y obiekt i sprawdzić wykonanie warunku (2.34).

$$D_{i,f} - D_{i,t} \geq 0, \quad (2.34)$$

gdzie:

$$D_{i,t} = D_t * M_{i,pz}.$$

Jeśli warunek (2.34) jest spełniony, to propozycja  $i$ -go zleceniodawcy jest korzystna ekonomicznie dla PB i należy ją włączyć do PZPB. W przeciwnym wypadku, niezbędna jest wykorzystanie możliwości zleceniodawcy i przedsiębiorstwa budowlanego do zmiany wielkości składników (2.34), na przykład:  $M_{i,pz}$ , itd.

#### **2.4. Optymalizacja procesu formowania portfela zamówień przedsiębiorstwa budowlanego.**

Rozpatrzona wyżej (2.2) metoda formowania PZPB wskazała na konieczność przeprowadzenia badań i analizy wpływu kierowanych zmiennych na wyniki rozwiązania zadania. Wskazane wymagania w pracy są wykonane i złożone w kolejności realizacji metody formowania PZPB.

Z treści 2.2 wynika, że w wyniku realizacji 1-go etapu rozwiązania zadania formowania PZPB w jakości kierowanych zmiennych występują:  $N$ ,  $Mpb(Tp)$ ,  $Mpz(Tp)$ ,  $Tp$ ,  $\{Ti,pz\}$ ,  $Km$ ,  $\{t_{i,n}\}$ ,  $Mrez$ ,  $P_{k,m}$ . (zadana liczba iteracji).

Analiza wpływu kierowanych zmiennych na wyniki rozwiązania zadania pozwala stwierdzać, że jakiegokolwiek stałe ilościowe zależności pomiędzy kryterium efektywności  $Em,p$  i wskazanymi zmiennymi nie istnieją, co tłumaczy się mnogością możliwych wyjściowych sytuacji przy formowaniu PZPB i istniejącego pośredniego związku wzajemnego pomiędzy zmiennymi. Dlatego, proces rozwiązania rozpatrywanego zadania nosi charakter iteracyjny na każdym kroku, przy którym niezbędne jest podjęcie decyzji, sprzyjającej osiągnięciu optymalnego końcowego wyniku.

Do jakościowego rozwiązania badanego zadania niezbędne jest rozpatrzenie kwestii optymalizacji procesu formowania PZPB.

Jak wynika z pkt. 2.3, w trakcie realizacji 2-go etapu rozwiązania zadania formowania PZPB jako kierowane, występuje znaczna ilość zmiennych:  $Df(Tp)$ ,  $Dm$ ,  $De$ ,  $Da$ ,  $Dz$ ,  $Dnr$ ,  $Ds.$ ,  $Dpr$ ,  $D(f)$ ,  $Di(q)$ ,  $Di(k)$ ,  $Dm(k)$ ,  $Dm(q)$ ,  $Dt(Tp)$ ,  $Te$ ,  $Dt(Tc)$ ,  $Dt$ ,  $\{Fm(Tc)\}$ ,  $N$ ,  $Mi,pz$ ,  $Tp$ .

Przeprowadzona analiza otrzymanych danych wskazuje na trudny i niestacjonarny charakter związku wzajemnego pomiędzy przeliczonymi wyżej zmiennymi i wynikami 2-go etapu rozwiązania zadania formowania PZPB. Dlatego, tak jak w przypadku z 1-ym etapem realizacji rozpatrywanego zadania, rozwiązanie 2-go etapu przedstawia się jako iteracyjny proces. To wymaga rozpatrzenia problemu optymalizacji podjęcia decyzji na każdym kroku, w celu otrzymania jakościowych wyników realizacji badanego zadania.

Istnienie związku wzajemnego pomiędzy regulowanymi zmiennymi i wynikami formowania portfela zamówień przedsiębiorstwa budowlanego pozwala, kiedy to jest niezbędne, zmieniać wyniki realizacji formowanego port-

fela zamówień, celem otrzymania potrzebnych wskaźników działalności produkcyjnej przedsiębiorstwa budowlanego.

Jednak, liczba zmiennych jest dosyć wysoka (ponad 25) i wpływ ich na wyniki formowania portfela zamówień nie jest jednakowy. Dlatego, pojawia się zadanie podjęcia optymalnych decyzji w procesie formowania portfela zamówień. Są tu możliwe dwa podejścia.

W wyniku realizacji pierwszego podejścia, zadanie rozwiązuje się na podstawie jednej ze znanych metod optymalizacji bez udziału człowieka, co wymaga formalizacji zadania, a to nie zawsze jest możliwe.

Wskazane podejście jest progresywne, tj. zapewnia dużą ilość wariantów i minimalny czas rozwiązania zadania, a do tego nie wymaga od użytkowników głębokiej wiedzy na temat formowania PZPB. W trakcie badań znalazły zastosowanie ogólnie znane metody optymalizacji: współrzędnego zejścia (schodzenia, stoku, zbocza), przypadkowego poszukiwania, randomizowania [37]. Wyróżnienie którejs z nich okazało się trudne, tj. w różnych sytuacjach były one niejednoznaczne. Na przykład, przy znacznej ilości ograniczeń zmiennych rozwiązywanego zadania (regulowanych zmiennych mało), dobry wynik był otrzymywany przy zastosowaniu metody współrzędnego zejścia. Ale, wykorzystanie jej w warunkach dużej liczby regulowanych zmiennych i zadanej wysokiej dokładności rozwiązania zadania, okazało się jej niedostatecznie szybkie działanie, z powodu znacznej ilości iteracji. W tym samym czasie, randomizowana metoda w tych warunkach okazała się być bardziej efektywna, co do szybkości działania i dokładności rozwiązania zadania.

W celach wspólnoty wykorzystania do rozwiązania różnorodnych zadań zastał przyjęty wniosek o celowości wykorzystania randomizowanej metody, jako najbardziej uniwersalnej i efektywnej, co też zostało potwierdzone wynikami badań trzeciego rozdziału.

Jeśli formalizowanie w pełnym zakresie wszystkich danych zadania formowania PZPB nie staje się możliwe lub z jakichkolwiek powodów celowe, a przy tym w pełni wyliczalne, to wówczas należy wykorzystać inne podejście w rozwiązaniu badanego zadania.

Jego sedno polega na organizacji systemu dialogowego „człowiek-komputer”. W tym przypadku od użytkownika wymaga się dokładnego zgłębienia wszystkich składników zadania formowania PZPB i ich wpływu na wyniki rozwiązania.

Jak wskazano w pkt. 2.3 z powodu trudności określenia zależności funkcjonalnych, rozwiązanie rozpatrywanego zadania nosi charakter przedziałowy. Dlatego, użytkownik musi nieustannie określać typ kierowanej zmiennej i rozmiar jej zmian, które z konieczności zapewniają lepsze z możliwych rozwiązań.

Do podjęcia racjonalnej decyzji użytkownik może kierować się instrukcją, doświadczeniem lub specjalnym algorytmem. Pierwsze dwa są nieformalizowane, dlatego nie rozpatruje się ich.

Badania wykazały, że efektywność algorytmu podjęcia decyzji na każdym etapie realizacji zadania określa się uzasadnieniem wyboru kierowanej zmiennej, która zależy od trzech głównych czynników: efektywności kroku (zapewnia maksymalną wielkość zmian funkcjonału), czasu praktycznej realizacji (określa się technicznymi możliwościami PB) i ekonomicznego przebiegu realizacji (istnienie w PB środków finansowych do realizacji wybranego kroku).

Biorąc pod uwagę wyżej wymienione, niezbędne jest uporządkowanie wszystkich kierowanych zmiennych odpowiednio z ich wagą wg każdego z wymienionych wyżej czynników. Zatem użytkownik musi określić priorytet każdego czynnika, odpowiednio do istniejącej w przedsiębiorstwie budowlanym produkcyjno-ekonomicznej sytuacji w czasie rozwiązania zadania.

Po wykonaniu wskazanych procedur wykorzystanie algorytmu sprowadza się do:

- 1) wyboru czynnika z maksymalną wagą, na przykład: efektywność kroku rozwiązywanego zadania;
- 2) określenia w wybranym czynniku jeszcze nie rozpatrzonej zmiennej z maksymalną wagą;
- 3) sprawdzenia możliwości wystąpienia ograniczeń dla wybranej zmiennej wg dwóch pozostałych czynników zgodnie z ich wagowymi priorytetami:
  - a) jeśli ograniczenia w obu czynnikach występują, to krok dla wybranej zmiennej podlega realizacji, po czym rozwiązanie zadania trwa do drugiego punktu;
  - b) jeśli choćby jedno z ograniczeń nie występuje, to kroku dla wybranej zmiennej nie realizuje się i rozwiązanie zadania trwa także do drugiego punktu;
- 4) rozwiązanie zadania uważa się za zakończone, jeśli:
  - a) nie ma nie rozpatrzonych zmiennych;
  - b) osiągnięto wymaganą dokładność rozwiązania zadania;
  - c) skończył się czas (liczba iteracji) do rozwiązania zadania.

## 2.5. Wnioski badawcze.

Na podstawie wyników badań przedstawionych w pkt. 2.1 - 2.4 można wysnuć następujące wnioski:

- 1) zadanie formowania portfela zamówień przedsiębiorstwa budowlanego jest formalizowane do warunków gospodarki rynkowej;
- 2) analiza istniejących metod rozwiązania danego zadania pokazała, że jesz-

cze nie ma gotowych metod rozwiązania;

3) opracowany algorytm rozwiązania zadania formowania portfela zamówień przedsiębiorstwa budowlanego pozwala uwzględniać tak ekonomiczne, jak i produkcyjne możliwości;

4) zależność wyników formowania portfela zamówień przedsiębiorstwa budowlanego od kierowanych zmiennych nosi trudny i niestacjonarny charakter wzajemnych stosunków, co wymaga optymalizacji podjęcia decyzji na każdym kroku danego procesu iteracyjnego;

5) do optymalizacji procesu formowania portfela zamówień przedsiębiorstwa budowlanego istnieją dwa podejścia: pierwsze - optymalizacja bez uczestnictwa człowieka na podstawie randomizowanej metody, drugie - organizacja wymaga dialogowego podejścia „człowiek-komputer”; w drugim przypadku od użytkownika wymaga się doskonałego zgłębienia wszystkich składników zadania formowania PZPB i ich wpływu na wyniki rozwiązania.

Można stwierdzić, że wykorzystanie wyników rozpatrzonego rozdziału pozwala PB adekwatnie sformować portfel zamówień i zapewnić jego realizację z zadaną niezawodnością w odpowiednich terminach, uwzględniając przy tym wymagane wskaźniki ekonomiczne działalności produkcyjnej.

### 3. PRZYGOTOWANIE PROGRAMU PRODUKCYJNEGO PRZEDSIĘBIORSTWA BUDOWLANEGO NA PODSTAWIE OCENY PRZEBIEGU JEGO REALIZACJI.

#### 3.1 Określenie oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego za pomocą modelu symulacyjnego.

Po zakończeniu formowania portfela zamówień przedsiębiorstwa budowlanego (PZPB) pojawia się konieczność uzgodnienia warunków kontraktu pomiędzy zleceniodawcą i wykonawcą. W podstawie podjęcia decyzji przez przedsiębiorstwo budowlane w danym zakresie leży wymaganie, co do ograniczenia warunku (2.2), tj. realizacji samego warunku związanego z zakresem sformowanego PZPB.

W rozdziale 2 ograniczenie (2.2) przedstawione ogólnie, zostaje skonkretyzowane. Wielkość  $Dt(T_p)$  musi pozostawać niezmienna, tj. musi odzwierciedlać potrzeby kadrowe na odcinku  $T_p$ , i tylko w skrajnym przypadku może być korygowana „in minus”. Więc, wykonanie (2.2) powinno być zapewnione w wyniku korygowania  $Df(T_p)$ .

Może powstać pytanie, dlaczego w trakcie uzgodnienia warunków kontraktu może być zakłócone wykonanie (2.2)? Otóż jest to związane z tym, że na etapie formowania PZPB wyliczenie  $Df(T_p)$  odbywało się w przybliżeniu, na podstawie powiększonych wskaźników (rozdział 2). W trakcie uzgodnienia konkretnych warunków w podstawie wyliczenia  $Df(T_p)$  zostały przyjęte, bardziej dokładne dane odpowiadające programowi produkcyjnemu przedsiębiorstwa budowlanego, który realizuje sformowany PZPB.

W ten sposób można zapisać:

$$Df(T_p) = Df'(T_p) - Dd(T_p), \quad (3.1)$$



gdzie:

$$Dd(Tp) = Fd(C, O, P), \quad (3.2)$$

$Fd$  - funkcja, określająca wielkość  $Dd(Tp)$  przy znanych  $C, O, P$ ;

$C$  - funkcja sankcji, charakteryzująca kompleks roszczeń ekonomicznych do przedsiębiorstwa budowlanego ze strony zleceniodawcy za zerwanie terminów oddania obiektów;

$O$  - ocena przebiegu realizacji programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego;

$P$  - wymagana niezawodność wyliczenia wielkości  $Dd(Tp)$ ;

(') - znak, wskazujący na fakt wyliczenia  $Df(Tp)$  w stadium formowania PZPB.

Z (3.1) wynika, że wyliczenie  $Df(Tp)$  sprowadza się do określenia  $Dd(Tp)$  wg formuły (3.2). Rozpatrzmy ten proces.

Funkcja sankcji ( $C$ ) charakteryzuje karne sankcje w stosunku do przedsiębiorstwa budowlanego ze strony zleceniodawców za oddanie obiektów w niewłaściwym czasie w porównaniu z terminami, uzgodnionymi w PZPB. Funkcja może być różnego typu, który specjalnie ustala się ze stronami zainteresowanymi. W rozpatrywanej pracy ma ona typ:

$$C = \sum_{i=1}^{I(s)} T(i) * C(I),$$

gdzie:

$I(s)$  - liczba zleceniodawców, u których został przeniesiony termin oddania obiektów;

$T(i)$  - liczba dni, na które został przeniesiony termin oddania obiektów  $i$ -

go zleceniodawcy;

C(I) - kompleks sankcji ekonomicznych ze strony i-go zleceniodawcy za każdy przeterminowany dzień oddania obiektu.

Pod oceną przebiegu realizacji programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego (O) rozumie się wielkość odchylenia jego charakterystyk czasowych od odpowiednich charakterystyk sformowanego PZPB. Przy czym, ocena ta musi być określona z wymaganą niezawodnością P, pod którą rozumie się prawdopodobieństwo jej wykonania.

Jako ocena przebiegu realizacji programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego (OPRPP) mogą być zadane różne zależności, charakteryzujące wskazane wyżej czasowe odchylenia. Typ OPRPP określa się po uzgodnieniu ze zleceniodawcą i z reguły, zależy ona od funkcji sankcji C.

W dysertacji są rozpatrzone cztery typy OPRPP, charakteryzujących odchylenia czasowych charakterystyk:

- 1) po przekroczeniu terminu budowy osobnego obiektu PZPB;
- 2) po przekroczeniu czasu trwania wykonania całego PZPB;
- 3) po ogólnym przekroczeniu uzgodnionych w PZPB terminów ukończenia budowy wszystkich obiektów;
- 4) kombinowany wskaźnik, odzwierciedlający wymagania niektórych przedstawionych wyżej wskaźników.

Takim sposobem, przy zadanych  $D_d(T_p)$ ,  $D_{rez}$ ,  $D_f(T_p)$ , P i C wykonanie warunku (2.2) sprowadza się do znalezienia odpowiedniej wielkości O, tzn. całkowicie określa się jakością formowania programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego. Dlatego, głównym zadaniem przedsiębiorstwa budowlanego w procesie uzgadniania warunków kontraktu jest optymalne sformowanie programu produkcyjnego, który realizuje się przez PZPB.

Jednak, w przypadku niemożliwości wykonania warunku (2.2) z powodu wielkości  $O$ , dopuszcza się zmianę w określonych granicach znaczeń  $Dt(Tp)$ ,  $Drez$ ,  $Df(Tp)$ ,  $P$  i  $C$ . Bardziej szczegółowo te kwestie będą rozpatrzone niżej.

Pod wykonaniem programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego w przedmiotowej pracy rozumie się całokształt procesów, związanych z budownictwem obiektów, włączonych do PZPB.

Technologiczne i organizacyjne osobliwości produkcji budowlanej oraz ograniczoność zasobów przedsiębiorstwa budowlanego uwarunkowuje wielowariantowość wykonania programu produkcyjnego. Warianty wykonania tego ostatniego różnią się trasą przemieszczenia pracowników, połączeniem i wzajemnym powiązaniem różnych typów RBM, itd., tzn. intensywnością i przestrzenno-czasową organizacją wykonania procesów budowlanych.

Wykonanie procesu budowlanego jest niemożliwe bez uczestnictwa zasobów pracy. Takim sposobem, rozdzielenie zasobów pracy na wykonanie procesów budowlanych w przestrzeni i w czasie określa ten lub inny wariant wykonania programu produkcyjnego, a więc oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego (OPRPP).

Tak jak w realnym procesie przemysłu budowlanego dopuszcza się za wyżenie wykonania osobnych typów RBM, to do przedstawienia wariantów rozdzielenia zasobów na wykonanie robót PP niezbędne jest wskazanie typu i ilości zasobów, skierowanych na wykonanie każdej pracy w każdym czasie.

Wychodząc z powyższego założenia, pod rozkładem wykonania robót programu produkcyjnego będziemy rozumieć mnogość:

$$S = \{n_{r,w}(t), r=1,\dots,R, w=1,\dots,W, t=1,\dots/T_{\max}\}, \quad (3.3)$$

gdzie:

$S$  – rozpisany rozkład robót programu produkcyjnego;

$n_{r,w}(t)$  - ilość zasobów  $r$ -go typu, skierowanych na wykonanie  $w$ -ej roboty w  $t$ -ty moment czasu;

$R$  - ogólna ilość typów zasobów PB;

$W$  - ogólna ilość robót PP;

$T_{max}$  – przedział czasu objęty przez PP.

Takim sposobem, w niniejszej pracy dysercyjnej rozkład wykonania robót programu produkcyjnego, określa się rozdzieleniem zasobów do wykonania robót w dowolnym punkcie czasowym.

Stąd też, wybór wariantu rozdzielenia zasobów na wykonanie robót programu produkcyjnego w realnym procesie produkcji budowlanej, odbywa się odpowiednio z ustaleniami określonymi przez charakterystyki budowanych obiektów i istniejących zasobów, włącznie z jakością kierowniczych decyzji. Formalnie tą zależność można przedstawić w następujący sposób:

$$S = A (P_B, P_W, P_Z, G) , \quad (3.4)$$

gdzie:

$P_B$  - parametry obiektów programu produkcyjnego;

$P_W$  - parametry robót programu produkcyjnego;

$P_Z$  - parametry zasobów przedsiębiorstwa budowlanego;

$G$  - funkcjonal określania pierwszeństwa przy wyborze wariantów rozdzielenia zasobów;

$A$  - algorytm rozdzielenia zasobów na wykonanie robót programu produkcyjnego.

Rozpatrzmy zależność (3.4) bardziej dokładnie.

### **3.1.1. Parametry zasobów przedsiębiorstwa budowlanego.**

Wiadomo, że do wykonania różnorodnych procesów budowlanych są niezbędne różnorodne typy zasobów, wykorzystywane w określonych proporcjach [45, 89]. Zasoby pracy są jedynym typem zasobów, niezbędnym do wykonania wszystkich procesów budowlanych. Takim sposobem, wszystkie typy zasobów, niezbędne do wykonania robót programu produkcyjnego, mogą być wyrażone poprzez zasoby pracy.

Stąd też w dysertacji, dla jedności rozważań, pod pojęciem zasobów PB rozumie się zasoby pracy. W tym przypadku typ zasobu, oznacza specjalność pracowników.

Za jednostkę zasobu może być przyjęty jeden pracownik, brygada. Dla prostoty przedstawienia, przyjmiemy jednego pracownika. Więc ilość zasobów, rozdzielonych do wykonania pracy, określa się ilością pracowników, skierowanych na wykonanie tej pracy.

Rozpatrzmy parametry zasobów, określające oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego.

#### **1) Występowanie zasobów w czasie.**

Ważniejszą charakterystyką zasobów, określających przebieg wykonania programu produkcyjnego, jest występowanie zasobów każdego typu w czasie. Dla obliczenia w zależności (3.4) zmiany poziomu występujących zasobów z biegiem czasu (urlopy, chorobowe, itd.) wykorzystujemy konsumpcyjno-stałą funkcję czasu lub dane statystyczne.

#### **2) Współczynnik efektywności wykorzystania zasobów.**

Obok oceny ilościowej występowania zasobów niezbędna jest ocena jakościowa, odzwierciedlająca jakość wykorzystania zasobów w warunkach

działalności produkcyjnej konkretnego przedsiębiorstwa budowlanego. Fizyczny sens współczynnika efektywności wykorzystania zasobów ( $K_p$ ) wyjaśnia się następująco.

Teoretycznie po rozdzieleniu  $n_{r,w}(t)$  jednostek zasoby  $r$ -go typu na wykonanie  $w$ -ej pracy w  $t$ -tą zmianę pracochłonność pracy zmniejsza się do wielkości równej  $n_{r,w}(t)$ :

$$M_{r,w}(t+1) = M_{r,w}(t) - n_{r,w}(t);$$

gdzie:

$M_{r,w}(t)$  - zbywająca pracochłonność  $w$ -ej pracy  $r$ -typu zasobów w  $t$ -tą zmianie.

Z wliczeniem strat wydajności pracy realnej produkcji budowlanej pracochłonność pracy zmniejsza się do wielkości  $n_{r,w}(t) * k_r$ , tzn. mniejszej niż  $n_{r,w}(t)$ :

$$M_{r,w}(t+1) = M_{r,w}(t) - n_{r,w}(t) * k_r;$$

gdzie:

$k_r = [0,1]$  - współczynnik efektywności wykorzystania zasobów ( $K_p$ )  $r$ -go typu.

Określenie wielkości  $K_p$ , odzwierciedlającej właściwości działalności produkcyjnej konkretnego przedsiębiorstwa budowlanego, jest przedstawione w rozdziale 3.2 tej pracy dysercyjnej.

### **3) Minimalny czas przebazowania zasobów.**

Minimalny czas przebazowania zasobów odzwierciedla mobilność zasobów, przy przeniesieniu z obiektu na obiekt, z wliczeniem przerzutu środków pracy, stworzenia warunków produkcji i odtworzenia wydajności pracy.

W sensie praktycznym minimalny czas przebazowania zasobów odzwierciedla sobą minimalny odcinek czasu, w ciągu którego przyswojenie zasobów pracy na innym obiekcie jest niecelowe.

Takim sposobem, w typie formalizowanym w zależności (3.4) pod zasobami będziemy rozumieć mnogość trójek parametrów zasobów:

$$P_r = \{ \langle N_r(t), k_r, I_r \rangle \}, r = 1, \dots, R, \quad (3.5)$$

gdzie:

$R$  - ogólna ilość typów zasobów pracy, niezbędnych do wykonania programu produkcyjnego;

$N_r(t)$  - funkcja ogólnej ilości zasobów  $r$ -go typu, występującego w przedsiębiorstwie budowlanym w  $t$ -ty moment czasu;

$k_r$  - współczynnik efektywności wykorzystania zasobów  $r$ -go typu;

$I_r$  - minimalny czas przebazowania zasobów  $r$ -go typu.

#### **3.1.2. Parametry obiektów programu produkcyjnego.**

Rozpatrzmy parametry obiektu, uzależnione tylko od typu obiektu i warunków jego budowy i nie uzależnione od parametrów, tworzących obiekt budowlano-montażowych robót.

### **1) Czas trwania budowy obiektu.**

Normatywny czas trwania budowy obiektu określa się normatywnym dokumentem lub przez zleceniodawcę (rozdział 2.2), w zależności od typu obiektu, jego wartości, celu budowy, itd.

### **2) Dyrektywne terminy rozpoczęcia i ukończenia budowy obiektu.**

Dyrektywne terminy rozpoczęcia i ukończenia budowy obiektu określa się różnymi warunkami (rozdział 2.2), z których głównymi są:

- wymagania zleceniodawcy;
- możliwości produkcyjne przedsiębiorstwa budowlanego.

### **3) Mnogość robót, składających się na obiekt.**

Pod obiektem w zależności (3.4) będziemy rozumieć mnogość czwórek parametrów obiektu:

$$P_b = \{ \langle d_b, D_b, T_b, P_{W,b} \rangle \}, b = 1, \dots, B, \quad (3.6)$$

gdzie:

- B - ogólna ilość obiektów programu produkcyjnego;
- $d_b$  - termin dyrektywny rozpoczęcia budowy b-go obiektu;
- $D_b$  - termin dyrektywny ukończenia budowy b-go obiektu;
- $T_b$  - czas trwania budowy b-go obiektu;
- $P_{W,b}$  - mnogość robót, składających się na b-ty obiekt.



### **3.1.3. Parametry robót programu produkcyjnego.**

Pod robotą rozumie się prosty roboczy proces, tzn. całościowy technologicznie związanych operacji roboczych do wykonania których jest niezbędny jeden i ten sam typ zasobu.

Roboty programu produkcyjnego rozpatrzemy niezależnie od obiektów, w obrębie których realizuje się je. W tym przypadku program produkcyjny PB można przedstawić jako jedną częściowo uporządkowaną mnogość robót.

Do głównych parametrów robót, określających OPRPP, odniesiemy następujące:

#### **1) pojemność zasobu roboty.**

Pojemność zasobu roboty określa się typami i ilością zasobów, niezbędnych do jej wykonania. Tak jak w przedstawionej pracy dyplomowej wszystkie typy zasobów wyrażone są poprzez zasoby pracy, to tutaj rozpatruje się tylko rozdzielenie zasobów pracy. Dlatego, pod pojemnością zasobu roboty w dalszym ciągu rozumie się pracochłonność pracy.

#### **2) Terminy dyrektywne rozpoczęcia i ukończenia wykonania robót.**

Terminy dyrektywne wykonania budowlańczo-montażowych robót określa się w wyniku umowy z podwykonawcami o przekazaniu frontów robót lub przy określeniu warunków wykonania robót (na przykład: roboty nie mogą być wykonywane w okresie zimowym). Poza tym, dyrektywne terminy rozpoczęcia i ukończenia wykonania robót ogranicza się terminami budowy i sformowanym PZPB, w skład którego zostały włączone roboty.

### **3) Ograniczenia na linii wykonania robót.**

Ograniczenia na linii wykonania robót przedstawiają minimalne możliwe i maksymalnie dopuszczalne ilości zasobów jednocześnie wykorzystywanych w trakcie wykonania roboty. Najczęściej te ograniczenia przejawiają się przy określeniu ilości pracowników, kierowanych na wykonanie robót i są wynikiem przestrzennych, technologicznych i organizacyjnych warunków wykonania robót lub wymagań techniki bezpieczeństwa pracy.

### **4) Technologiczne uporządkowanie robót.**

Technologiczne uporządkowanie robót jest wynikiem objętościowo-planowanych i konstrukcyjnych osobliwości obiektów, technologicznych wymagań co do wykonania robót budowlanych, które mogą być realizowane tylko po częściowym lub pełnym wykonaniu robót poprzednich.

Do określenia topologii technologicznego uporządkowania robót PP trzeba określić kolejność i wielkość połączenie wykonania robót. W tym celu dla każdej w-tej,  $w = 1, \dots, W$  roboty PP określimy dwa parametry: mnogość robót, wykonywanych bezpośrednio po wykonaniu w-ej roboty  $L_w$  i część pracochłonności w-ej roboty  $m_{r,w}$ , po wykonaniu której można zacząć realizację następnych robót. Oczywiście,  $m_{r,w}$  określa wielkość połączenia wykonania robót, wyrażoną w pracochłonności w-ej roboty. Więc, parametr  $L_w$  określa mnogość robót, wykonywanych nie wcześniej niż wykonaniem  $m_{r,w}$  w-ej pracy.

Takim sposobem, przez robotę w zależności (3.4) będziemy rozumieć mnogość siódemek parametrów robót:

$$P_w = \{ \langle M_{r,w}, M_{r,w}, m_{r,w}, M_{r,w}, d_w, D_w, L_w \rangle \}, \quad (3.7)$$

$$w = 1, \dots, W$$

gdzie:

$W$  - ogólna ilość robót programu produkcyjnego;

$M_{r,w}$  - pojemność zasobu  $w$ -ej roboty po  $r$ -mu typu zasobu;

$m_{r,w}$  - minimalnie możliwa ilość zasobu  $r$ -go typu, jednocześnie wykonujących  $w$ -tą robotę;

$M_{r,w}$  - maksymalnie dopuszczalna ilość zasobu  $r$ -go typu, jednocześnie wykonujących  $w$ -tą robotę;

$d_w$  - dyrektywny termin rozpoczęcia wykonania  $w$ -ej roboty;

$D_w$  - dyrektywny termin ukończenia wykonania  $w$ -ej roboty;

$L_w$  - mnogość robót, wykonywanych po wykonaniu  $W$ -ej roboty;

$M_{r,w}$  - część pracochłonności  $W$ -ej roboty dla  $r$ -to typu zasobu, po wykonaniu którego można zacząć następną robotę.

### 3.1.4. Funkcjonał określenia pierwszeństwa przy wyborze wariantów rozdzielania zasobów.

Jak zademonstrowano wyżej, funkcjonał określenia pierwszeństwa odzwierciedla mechanizm wyboru wariantu rozdzielania zasobów, tzn. kierowanie procesem budowy.

Adekwatna formalizacja realnego procesu wyboru wariantów rozdzielania zasobów jest niemożliwa z następujących powodów:

- 1) wybór odbywa się na różnorodnych zależnych poziomach (majster, kierownik robót, kierownik odcinka, itd.);
- 2) niemożliwe jest określenie i formalizowanie kryterium wg którego odbywa się wybór (obciążyć pracowników robotą, zabezpieczyć maksymalną wydajność, wykonać roboty w zadanym terminie, itd.);

- 3) niemożliwe jest określenie i formalizowanie jakości wyboru, uzależnionego od doświadczenia, wskazań nadzoru, wiedzy sfery produkcyjnej, itp.

Ze wskazanych wyżej powodów, do określenia funkcjonału pierwszeństwa przy wyborze wariantów rozdzielania zasobów wykorzystujemy zbliżoną metodę, opartą na określeniu priorytetów robót.

Przyporządkujemy więc, odpowiednio każdej  $W$ -ej robocie  $W=1, \dots, W$ , liczbę naturalną  $0 < G < W_w + 1$ , nazywaną priorytetem roboty i umówimy się, że większej liczbie odpowiada większy priorytet roboty. W trakcie rozdzielania maksymalna ilość wszystkich aktualnych zasobów wymaganego typu w pierwszej kolejności będzie skierowana na robotę z maksymalnym priorytetem.

Określenie priorytetów robót, pozwalających otrzymać najlepsze wskaźniki efektywności wykonania programu produkcyjnego, są rozpatrzone dalej.

### **3.1.5. Algorytm rozdzielania zasobów na wykonanie robót programu produkcyjnego.**

Ogólny schemat rozdzielania zasobów w czasie realnego procesu produkcji budowlanej może być opisany w następujący sposób:

- 1) Każdego dnia pracy przed rozpoczęciem każdej roboczej zmiany określana jest ilość zasobów każdego typu, które ma przedsiębiorstwo budowlane.
- 2) Zasoby przedsiębiorstwa budowlanego w określony sposób rozdziela się do wykonania budowlano-montażowych robót z uwzględnieniem:

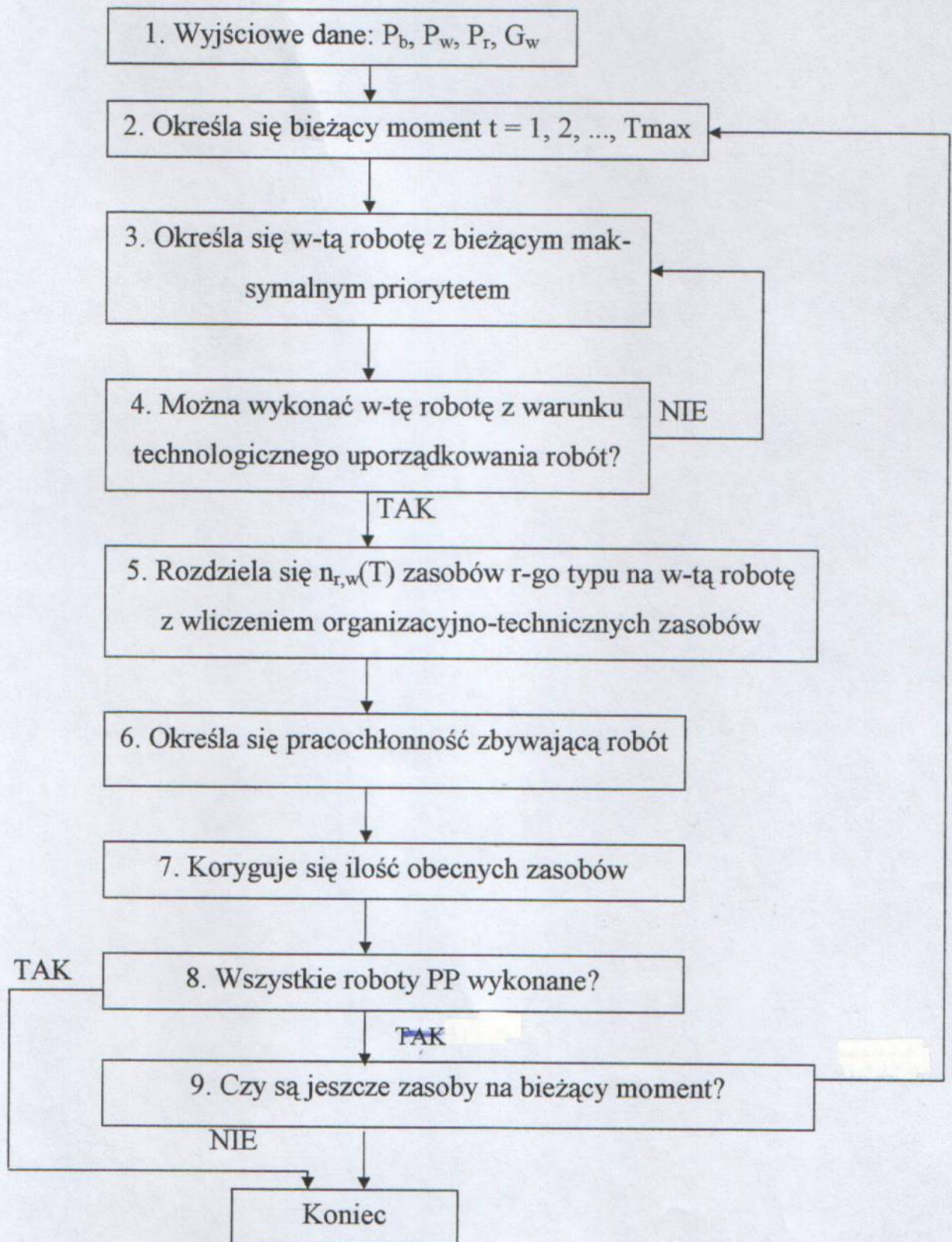
- czasu trwania budowy obiektu, w który one są włączone;
  - dyrektywnych terminów wykonania robót;
  - zbywającej, na dany moment czasu, wielkości zasobów robót;
  - ograniczeń dla wykonania robót;
  - ogólnej ilości zasobów na dany moment czasu, które ma przedsiębiorstwo budowlane;
  - technologicznego uporządkowania robót;
  - rozdzielenia zasobów za poprzednią zmianę.
- 3) Do końca zmiany pojemność zasobów każdej roboty zmniejsza się w zależności od ilości zasobów, rozdzielonych na jej wykonanie z wliczeniem  $K_p$ . Jeśli wielkość zasobów staje się równa zero, to robotę uważa się za wykonaną.
- 4) Po wykonaniu wszystkich robót PZPB program produkcyjny uważa się za zrealizowany.

Formalizowane opisanie schematu rozdzielenia zasobów na wykonanie robót programu produkcyjnego z wliczeniem priorytetów robót i organizacyjno-technologicznych ograniczeń może być przedstawione algorytmem, przytoczonym na rys. 3.1. Rozpatrzmy kolejność jego funkcjonowania.

Wykonanie algorytmu zaczyna się od wprowadzenia wyjściowych danych (blok 1). Wyjściowymi danymi do rozdzielenia zasobów na wykonanie robót są parametry obiektów, parametry robót, parametry zasobów i priorytety robót.

W bloku 2, odpowiednio z przedziałem modelowania  $[M., T_{\max}]$ , określa się bieżącą zmianę  $t$ . Na początku pracy algorytmu ustawia się  $t = 0$ ; przy następnych zwrotach do bloku 2 bieżąca zmiana  $t$  powiększa się o jeden.

**SCHEMAT BLOKOWY ALGORYTMU ROZDZIELENIA ZASOBÓW  
NA WYKONANIE ROBÓT PROGRAMU PRODUKCYJNEGO**



Rys. 3.1.

W bloku 3 wykonuje się poszukiwanie roboty z maksymalnym priorytetem. Przy tym rozpatruje się tylko te roboty, na wykonanie których w bieżącej zmianie nie odbywało się rozdzielania zasobów. Nazwiemy taki maksymalny priorytet w-iej roboty bieżącym maksymalnym priorytetem.

Dalej, w bloku 4, sprawdza się dopuszczalność wykonania roboty z bieżącym maksymalnym priorytetem  $W$  z warunku uporządkowania robót: robota  $W$  może być wykonana tylko w tym przypadku, jeśli została wykonana niezbędna objętość  $m_{r,w}$  na wszystkich poprzednich robotach (określanych po  $L_r$ ). Jeśli warunki uporządkowania dla roboty nie są spełnione, to przeprowadza się poszukiwanie nowej roboty z bieżącym maksymalnym priorytetem.

Jeśli warunki uporządkowania dla roboty  $W$  spełniają się, to w bloku 5 określa się ilość zasobów  $n_{r,w}(t)$   $r$ -go typu, rozdzielanych na wykonanie  $W$ -ej roboty w  $t$ -tą zmianę z wliczeniem organizacyjno-technologicznych ograniczeń.

W bloku 6 w zależności od rozdzielonych na wykonanie  $W$ -ej roboty zasobów przeprowadza się rozliczenie pozostałej pracochłonności  $W$ -ej roboty:

$$M_{r,w}(t+1) = M_{r,w}(t) - n_{r,w}(t) * k_r.$$

Jeśli po skorygowaniu pracochłonność roboty równa się zero, to robotę uważa się za wykonaną i więcej nie rozpatruje się jej.

W bloku 7 po rozdzieleniu zasobów na wykonanie każdej roboty przeprowadza się korygowanie ogólnej ilości zasobów:

$$N'_r(t) = N_r(t) - n_{r,w}(t).$$

Wynikiem wykonania bloków 3-7 jest rozdzielenie zasobów na wyko-

nianie roboty z bieżącym maksymalnym priorytetem.

Po rozdzieleniu zasobów na roboty z maksymalnym bieżącym priorytetem w bloku 8 sprawdza się, czy nastąpiło niewykonanie roboty programu produkcyjnego? Przy braku robót praca algorytmu kończy się.

Przy niewykonaniu roboty w bloku 9 sprawdza się, czy są zasoby do wykonania robót w bieżącej zmianie? Jeśli są zasoby, to wykonuje się nowe rozdzielenie zasobów (blok 3). Przy braku zasobów w bieżącej zmianie rozpatruje się rozdzielenie zasobów na wykonanie robót w nowej bieżącej zmianie.

W trakcie pracy algorytmu określa się terminy wykonania robót i budowy obiektów.

Początek wykonania  $W$ -tej roboty  $T_w^s$  określa się w zależności od ilości zasobów, skierowanych na jej wykonanie w zakresie przedziału modelowania. Dlatego kontroluje się rozdzielenie zasobów na wykonanie robót programu produkcyjnego  $n_{r,w}(t)$  dla  $t = 1, \dots, T_{\max}$ . Pierwsza z analizowanych zmian, odpowiadająca warunkowi  $n_{r,w}(t) > 0$ , jest początkiem wykonania  $W$ -ej roboty:  $T_w = t$ .

Ukończenie wykonania  $W$ -ej roboty  $T_w^e$  określa się wg wartości praco- chłonności  $W$ -ej roboty w zakresie przedziału modelowania. Dlatego analizuje się wszystkie wartości praco- chłonności roboty  $M_{r,w}(t)$  dla  $t = 1, \dots, T_{\max}$ . Pierwsza z rozpatrywanych zmian, odpowiadająca warunkowi  $M_{r,w}(t) = 0$ , jest ukończeniem wykonania  $W$ -ej roboty:  $T_w^e = t..$

Początek budowy  $b$ -go obiektu  $T_w^s$  określa się wg początku wykonania robót, wykonanych na  $b$ -ym obiekcie:  $T_b^s = \min \{T_w^s\}$ . Analogicznie, ukoń- czenie budowy  $b$ -go obiektu  $T_b^e$  określa się po ukończeniu robót na  $b$ -ym obiekcie:  $T_b^e = \max \{T_w^e\}$ .

Takim sposobem, w wyniku rozdzielenia zasobów na wykonanie robót formuje się rozkład wykonania robót programu produkcyjnego.



Jak już zaznaczono wyżej, ocena przebiegu realizacji jest funkcją czasowych charakterystyk, otrzymanych na podstawie wyników wykonania programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego, a mianowicie:

- przekroczenia terminu rozpoczęcia i ukończenia budowy b-go obiektu programu produkcyjnego;
- przekroczenia czasu trwania wykonania całego PZPB;
- ogólnego przekroczenia dyrektywnych terminów ukończenia budowy obiektów programu produkcyjnego;
- kombinowaną oceny.

Więc po rozdziale wykonania robót jednoznacznie określa się każdą ocenę przebiegu realizacji wykonania programu produkcyjnego:

$$O = F_o(S), \quad (3.8)$$

gdzie:

O - ocena przebiegu realizacji programu produkcyjnego;

$F_o$  - funkcjonal określania oceny przebiegu realizacji O.

Takim sposobem, opierając się na zależnościach (3.4) - (3.8), model symulacyjny oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego można przedstawić jako formalizowany w następujący sposób:

$$O = F_o(S (A (P_Z, P_B, P_W, G_W))), \quad (3.9)$$

gdzie:

$P_B$  - parametry obiektów programu produkcyjnego;

$P_W$  - parametry robót programu produkcyjnego;

- $P_Z$  - parametry zasobów przedsiębiorstwa budowlanego;
- $G_W$  - priorytety robót programu produkcyjnego;
- A - algorytm rozdzielenia zasobów na wykonanie robót programu produkcyjnego z wliczeniem organizacyjno-technologicznych ograniczeń (rys. 3.1);
- S - rozkład wykonania robót programu produkcyjnego;
- $F_o$  - funkcjonal określania oceny przebiegu realizacji O;
- O - wyliczana OPRPP.

Model symulacyjny (3.9) pozwala określić OPRPP w zależności od składu obiektów programu produkcyjnego, zasobów przedsiębiorstwa budowlanego i priorytetów robót.

Należy zaznaczyć, że rozdzielenie zasobów na wykonanie robót programu produkcyjnego w każdym momencie czasu, odpowiednio z dynamicznie określonymi priorytetami robót, pozwala modelować realną skalę czasu wykonania programu produkcyjnego. Takie podejście daje możliwość uwzględnienia w trakcie modelowania i określenia ocen przebiegu realizacji właściwości formowania programu produkcyjnego w warunkach gospodarki rynkowej.

Przypisanie każdej robocie priorytetu pozwala uwzględnić takie organizacyjno-technologiczne zasoby, jak: dyrektywne terminy zakończenia i czasu trwania budowy obiektów, deficyt zasobów, niezbędnych do wykonania roboty, uporządkowania zgodnie z frontem robót, technologiczne uporządkowanie wykonania robót, itd.

Probabilistyczny charakter produkcji budowlanej może być uwzględniony poprzez statystyczne charakterystyki  $K_p$ .

Takim sposobem, opisane podejście uwarunkowuje niezbędność zbadania modelu symulacyjnego oceny przebiegu realizacji z celem zwiększenia

adekwatności modelu z realnymi procesami wykonania programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego w warunkach gospodarki rynkowej.

Odpowiednio do algorytmu A (rys.3.1) rozdzielanie zasobów na wykonanie robót programu produkcyjnego wykonuje się w zależności od wielkości priorytetów robót.

Jak wynika z zależności (3.9) przy zadanym składzie obiektów programu produkcyjnego ( $P_B$ ,  $P_W$ ) i zadanych zasobach przedsiębiorstwa budowlanego ( $P_Z$ ) wielkość oceny przebiegu realizacji będzie określać się priorytetami robót programu produkcyjnego.

Jak pokazały badania, zmiany priorytetów robót prowadzą do znacznej zmiany badanych wskaźników, w tym i ocen przebiegu realizacji programu produkcyjnego (do 40%). Przy tym wartości graniczne OPRPP charakteryzują ten wariant priorytetów robót PP, dla którego zostały one wykonane. Wprowadzimy warunkowe oznaczenia do rozpatrywanych w pracy dysercyjnej typów OPRPP:  $T_b$  – przekroczenie terminu ukończenia budowy b-go obiektu,  $T$  - przekroczenie czasu trwania wykonania sformowanego portfela zamówień,  $E$  - ogólne przekroczenie dyrektywnych terminów ukończenia budowy obiektów i  $J = T + E$  - wskaźnik kombinowany.

Z punktu widzenia praktycznego celowe jest podanie tylko dolnych granic każdej z OPRPP. Dlatego uwidacznia się niezbędnosc określenia dolnych granic wartości oceny przebiegu realizacji na osnowie określenia optymalnych priorytetów robót programu produkcyjnego.

### 3.2 Ustalenie granicznych wartości ocen przebiegu realizacji programu produkcyjnego.

Jak pokazały badania wykonane w rozdziale 3.1., przy niezmiennym składzie obiektów programu produkcyjnego i ilości zasobów przedsiębiorstwa budowlanego, OPRPP w znacznym stopniu zależą od rozdzielenia zasobów na wykonanie robót. Dlatego, trzeba ustalić dolną granicę ocen przebiegu realizacji, odpowiadającą najlepszemu rozdzieleniu zasobów na wykonanie robót konkretnego programu produkcyjnego.

Odpowiednio z (3.9) rozdzielenie zasobów na wykonanie robót programu produkcyjnego przy zadanych obiektach i zasobach PB ustala się zgodnie z priorytetami robót. Przekształcimy (3.9) następująco:

$$O = F_o(S(A(G_w))) \quad (3.10)$$

Tak jak ocena przebiegu realizacji programu produkcyjnego przy zadanych parametrach obiektów, robót i zasobów ustala się poprzez priorytety robót  $G_w$  (rozdział 3.1), to zadanie ustalenia granicznych wartości oceny przebiegu realizacji sprowadza się do ustalania takich priorytetów robót, które minimalizują zadaną ocenę przebiegu realizacji programu produkcyjnego.

Stąd też zadanie obliczenia dolnej granicy wartości oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego można sformułować w następujący sposób:  
- ustalić takie priorytety robót programu produkcyjnego  $G_w^{opt}$ , które minimalizują celową funkcję:

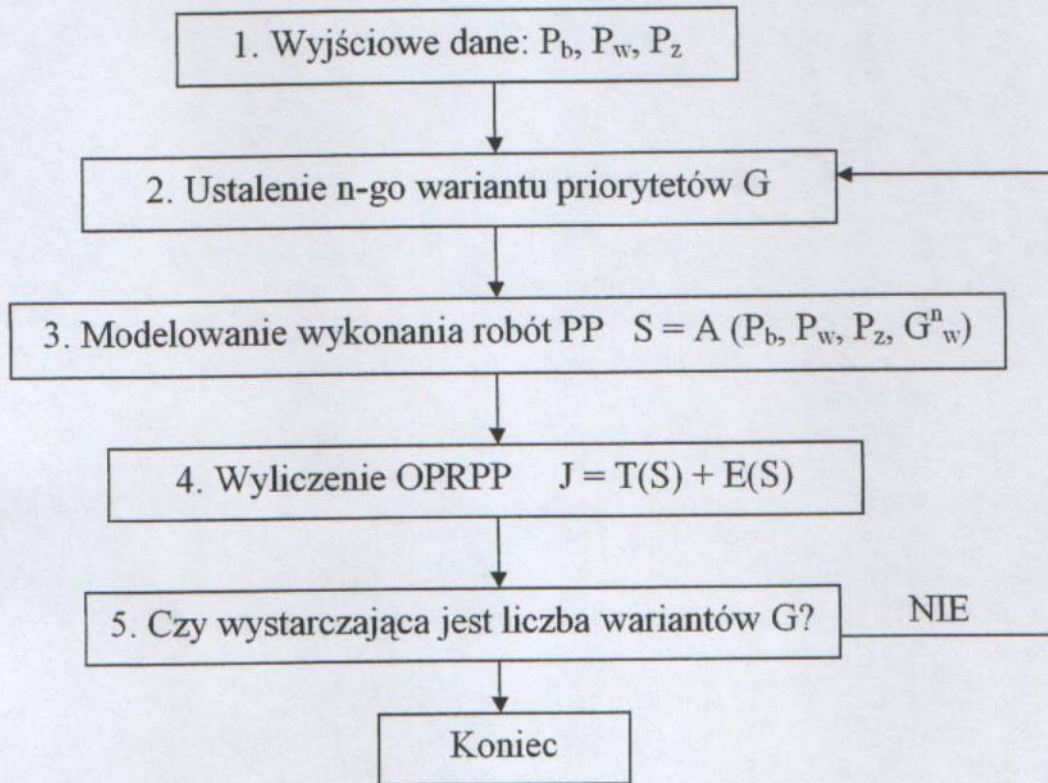
$$O = F_o(S(A(G_w))) \rightarrow \min. \quad (3.11)$$

Dane zadanie jest jednym z ogólnych założeń dyskretnego sieciowego zadania optymalnego rozdzielania zasobów, które są uogólnieniem odpowiednich zadań teorii rozkładów [37]. W [114] jest pokazane, że zadania tej klasy nie mają rozwiązania analitycznego. W wyniku tego, w zależności od ograniczeń na rozdzielanie zasobów i typu celowej funkcji, do rozwiązania zadań tej klasy wykorzystuje się różnorodne przybliżenia i metody heurystyczne [113, 114].

Do głównych powodów znacznie utrudniających rozwiązanie zadania (3.11), trzeba odnieść następujące:

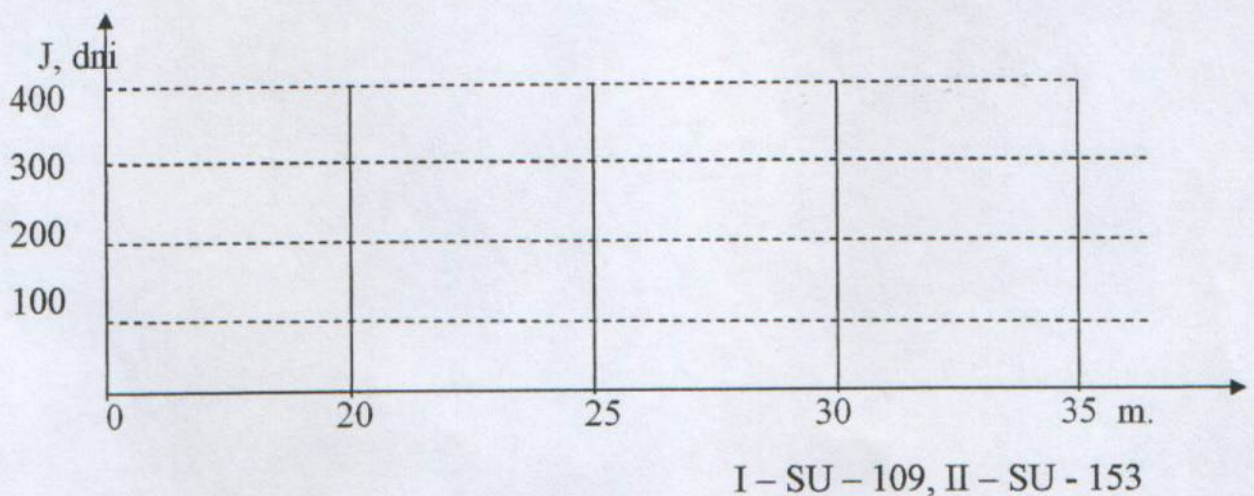
- 1) duża liczebność zadania (rzędu: dziesiątki obiektów, tysiące robót, dziesiątki typów zasobów);
- 2) czas przedziału modelowania (setki dni, 2-3 razy większa liczba zmian);
- 3) ograniczoność zasobów, wykorzystanych do wykonania robót;
- 4) trudności wynikające z ograniczeń przy rozdziale zasobów;
- 5) algorytmiczny charakter zależności (3.11) (algorytm A).

**SCHEMAT BLOKOWY ALGORYTMU  
USTALENIA GRANICZNYCH WARTOŚCI OPRPP**



Rys. 3.2.

**ZALEŻNOŚĆ POMIĘDZY DOLNĄ GRANICĄ OPRPP I ILOŚCIĄ  
ROZPATRYWANYCH WARIANTÓW PRIORYTETÓW ROBÓT**



Rys. 3.3.

Rozpatrzmy zbliżoną metodę rozwiązania zadania ustalania granicznych wartości OPRPP, zbudowaną na zastosowaniu osobliwości dystrybucji zasobów (algorytm A) w symulacyjnym modelu (3.11) w zależności od  $W$  wielkości priorytetów robót  $G_w$ .

W tym przypadku zadanie ustalenia granicznych wartości oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego sprowadza się do ustalenia  $W$  wielkości priorytetów robót  $G_w$ , które minimalizują celową funkcję (3.11).

Algorytm rozwiązania zadania jest przedstawiony na rys. 3.2.

Ustalenie dolnych granic znaczeń OPRPP, odpowiednio z przedstawionym algorytmem, wykonuje się w następującej kolejności. Wyjściowymi danymi do rozwiązania zadania są parametry obiektów, robót i zasobów programu produkcyjnego PB, które są nieznane.

W bloku 2 (rys. 3.2) na podstawie randominizowanego algorytmu rozwiązania zadań nieliniowego programowania ustalają się  $m$  wariantów wartości priorytetów robót. Dla każdego  $m$ -go wariantu modeluje się wykonanie robót programu produkcyjnego na podstawie rozdzielenia zasobów (blok 3 na rys. 3.2).

W bloku 4 (rys. 3.2) wg rozkładu wykonania robót ustala się OPRPP.

W wyniku pracy algorytmu ustala się wariant wielkości priorytetów robót  $G_w^{opt}$ , odpowiadający dolnej granicy w wielkości zadanej OPRPP.

Na wyniki rozwiązania zadania wywiera znaczny wpływ ogólna ilość wariantów priorytetów robót, rozpatrywanych w trakcie rozwiązania zadania.

Do ustalenia dostatecznej ilości wariantów  $m$  badało się zależności pomiędzy wynikami rozwiązania zadania ustalania granicznych wartości oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego i wielkością  $m$ . Grafiki zależności są przedstawione na rys. 3.3.

Po wynikach badań zostało ustalone, że w procesie rozwiązania zadania ustalania dolnych granic OPRPP z wykorzystaniem algorytmu [46] wystarczy

rozpatrywać  $m = 30$  wariantów priorytetów robót programu produkcyjnego.

Rozdzielenie zasobów na wykonanie robót programu produkcyjnego odpowiednio z algorytmem A (rys. 3.1) dokonuje się w każdym punkcie czasu (zmiana lub dzień). Takim sposobem, przedziałem ponownej dystrybucji zasobów w algorytmie A (rys. 3.1) jest dzień (zmiana).

Dla ustalenia racjonalnego przedziału ponownego podziału zasobów zostały zbadane zależności pomiędzy wielkością przedziału ponownego podziału zasobów i czasem trwania wykonania programu produkcyjnego.

Wielkość przedziału ponownego podziału zasobów ustalała się w dniach z uwzględnieniem praktycznego wykorzystania wyników badań:

- Jeden dzień - codzienny ponowny podział zasobów;
- Trzy dni - dwa razy w tygodniu;
- Sześć dni - raz w tygodniu;
- Dwanaście dni - raz na dwa tygodnie;
- Dwadzieścia cztery dni - raz na miesiąc.

W wyniku badań zostało ustalone, że zmiana przedziału rozdzielania zasobów znacznie wpływa na czas trwania wykonania programu produkcyjnego (więcej niż 12%). Więc, przy ustaleniu OPRPP trzeba dążyć do wykorzystania minimalnego przedziału ponownego rozdzielania zasobów.

Jak wspomniano wyżej, wielkość współczynnika efektywności wykorzystania zasobów zawiera się w granicach  $0 < k_r \leq 1$ .

Badanie wpływu wielkości  $K_p$  na ocenę przebiegu realizacji programu produkcyjnego wykonano w następującej kolejności:

- na pierwszym etapie badania w wielkości współczynnika efektywności wykorzystania zasobów dla wszystkich typów zasobów były przyrównane do jedynki;
- na drugim etapie badania  $K_p$  zmieniał się od 0 do 1 kolejno dla każdego typu zasobów; takim sposobem zaznaczył się wpływ zmiany wielkości  $K_p$  każde-



go typu zasobów na czas trwania wykonania PP i jako wynik, na wielkość OPRPP.

Z ustalonych zależności wynika, że wielkość  $K_p$  każdego typu zasobów wywiera znaczny wpływ na czasowe charakterystyki PP i więc, na wielkość oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego i dlatego wymaga dalszego zbadania.

Wiadomo, że dużo parametrów przemysłu budowlanego ma stochastyczny charakter [56]. Widocznie, wpływ tych parametrów na realny proces produkcyjny przemysłu budowlanego ostatecznie wyraża się poprzez terminy wykonania robót programu produkcyjnego, tzn. po przez ocenę jego przebiegu realizacji. Z drugiej strony, odpowiednio z symulacyjnym modelem OPRPP (3.9), modelowane terminy wykonania robót programu produkcyjnego ustala się poprzez wielkość współczynnika efektywności wykorzystania zasobów. Takim sposobem, dobierając wielkości  $K_p$  można obliczać wpływ przypadkowych czynników na OPRPP.

Uwzględniając, że wielkość  $K_p$  odzwierciedla wpływ na przemysł budowlany wielu losowych czynników i opierając się na centralnym granicznym twierdzeniu teorii prawdopodobieństwa [37] można dopuścić, że współczynnik efektywności wykorzystania zasobów  $K_p$  r-go typu zasobów ma rozkład normalny tj. Gaussa:

$$k_r(x) = \frac{1}{b_r \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x - a_r)^2}{2b_r^2}} \quad 3.12.$$

gdzie:

$a_r$  - matematyczne oczekiwanie  $K_p$  r-go typu zasobów;

- $b_r$  - średniokwadratowe odchylenie  $K_p$   $r$ -go typu zasobów;
- $x$  - przypadkowa wielkość;
- $R$  - ogólna ilość typów zasobów PB.

Wielkość oczekiwania matematycznego i odchylenia średniokwadratowego dla każdego typu zasobu ustala się w wyniku adaptacji modelu (rozdział 3.3)

Takim sposobem, w trakcie modelowania wartość  $K_p$  zmienia się w przedziale  $[0,1]$ , jak przypadkowa liczba zgodnie z normalnym rozkładem i znanymi wielkościami oczekiwania matematycznego oraz odchylenia średniokwadratowego.

Przypuśćmy, że ogólna ilość rozpatrywanych wariantów  $k_r$  równa się  $m$ . Dla każdego wariantu znaczeń  $K_p$  można ustalić graniczne wartości OPRPP i w trakcie  $m$ -wielokrotnego modelowania wyliczyć ich matematyczne oczekiwanie i średniokwadratowe odchylenie.

Wychodząc z powyższych założeń ustalenie statystycznych charakterystyk OPRPP wykonuje się w kilku etapach.

Na pierwszym etapie ustala się  $m$  wartości  $k_r$  dla zadanych wielkości  $a_r$  i  $b_r$ .

Na drugim etapie dla każdego  $m$ -go wariantu  $K_p$  ustala się graniczne znaczenia OPRPP.

Na ostatnim, trzecim etapie otrzymane  $m$  wartości OPRPP stosuje się do ustalenia statystycznych charakterystyk.

Na rys. 3.4 jest przedstawiony algorytm ustalenia statycznych charakterystyk OPRPP. Wyjściowymi danymi dla jego pracy są parametry obiektów, robót i zasobów.

W bloku 2 (rys. 3.4) odpowiednio z (3.12) dla zadanych  $a_r$  i  $b_r$  ustala się znaczenia współczynników efektywności wykorzystania zasobów.

Otrzymane wielkości  $K_p$  wykorzystuje się do ustalenia dolnych granic oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego (bloki 3 i 4 na rys. 3.4).

Po wykorzystaniu wszystkich  $m$  wielkości  $K_p$  wg  $m$ -tej próbki dolnych granic OPRPP w bloku 6 wylicza się gęstość przedziału i statystyczne charakterystyki OPRPP 0 do konkretnego programu produkcyjnego:

$$a_0 = \frac{\sum_{i=1}^m K_{p_i}}{m}; \quad (3.13)$$

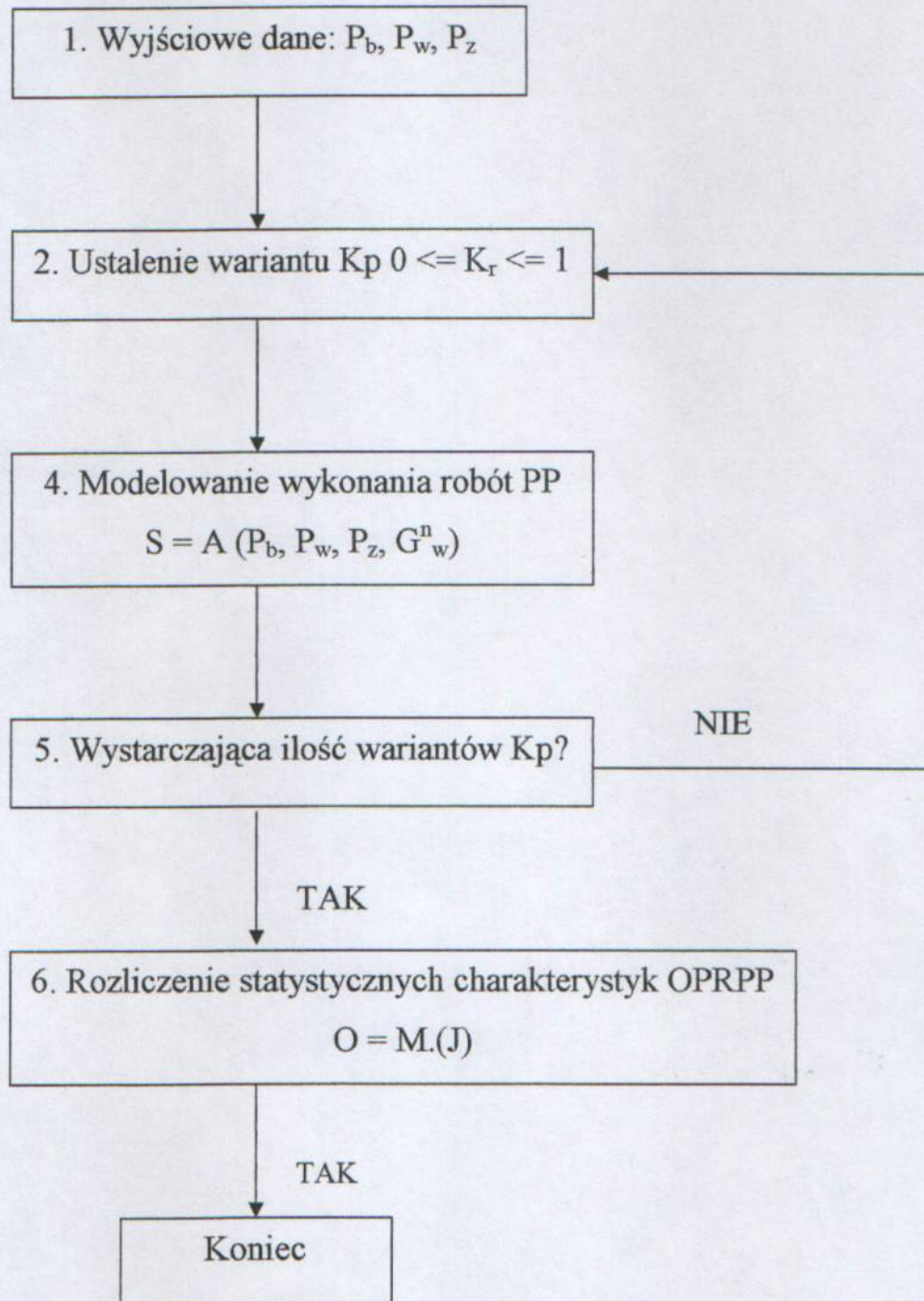
$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^m K_{p_i}^2}{m} - a_0^2 \quad (3.14)$$

gdzie:

$a_0$  - matematyczne oczekiwanie OPRPP 0;

$b_0$  - średniokwadratowe odchylenie OPRPP 0;

**SCHEMAT BLOKOWY ALGORYTMU  
USTALENIA STATYSTYCZNYCH CHARAKTERYSTYK OPRPP**



Rys. 3.4.

Ogólna ilość wariantów  $m$ . w algorytmie (rys. 3.4) ustala dokładność statystycznych charakterystyk i może być odnaleziona z następujących warunków. Odpowiednio z praktyką statystycznej obróbki za pomocą zbioru  $m > 30$  przesunięcia selekcyjnych statystycznych charakterystyk nie koryguje się w stosunku do generalnych statystycznych charakterystyk. Takim sposobem, wielkość  $m \geq 30$  można uważać za dostateczną do ustalenia statystycznych charakterystyk OPRPP.

Tak jak wpływ przypadkowych czynników na proces przemysłu budowlanego liczy się przy ustaleniu  $K_p$ , trzeba zbadać zależność czasowych charakterystyk programu produkcyjnego od statystycznych charakterystyk  $K_p$ .

W wyniku wcześniejszych badań zostało ustalone, że matematyczne oczekiwanie OPRPP przy równych parametrach obiektów i robót oblicza się przy użyciu statystycznych charakterystyk  $K_p$ .

Przy wyborze więc statystycznych charakterystyk  $K_p$  w procesie modelowania wykonania programu produkcyjnego można uwzględniać wpływ przypadkowych czynników na proces przemysłu budowlanego w konkretnym przedsiębiorstwie budowlanym.

### **3.3. Adaptacja symulacyjnego modelu oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego do warunków działalności i przedsiębiorstwa budowlanego.**

Wyniki wykonania programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego w znacznym stopniu zależą od różnorodnych przypadkowych czynników. Rozpatrzmy te z nich, które odpowiednio z rozwiązaniem w rozdz. 3.2.

symulacyjnym modelem wpływają na wielkość oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego:

### **1) Niezgodność projektowanych i realnych wartości parametrów przemysłu budowlanego.**

Większość projektowych parametrów przemysłu budowlanego różni się o wielkość przypadkowego błędu od realnych wartości tych parametrów. Na przykład, projektowe znaczenie pracochłonności robót różni się od realnej pracochłonności ich wykonania.

### **2) Organizacyjno-technologiczne uporządkowanie wykonania robót.**

Organizacyjno-technologiczne ograniczenia na wykonanie robót programu produkcyjnego w znacznym stopniu zależą od współzależności objętości wykonywanych w procesie przemysłu budowlanego robót. Tak jak wykonanie ustalonej objętości robót może być rozpatrywane jako przypadkowy proces, to z tego punktu widzenia organizacyjno-technologiczne ograniczenia na wykonanie robót programu produkcyjnego też w określonym stopniu są przypadkowe.

### **3) Wielokryterialność kierowania budownictwem.**

Kierowanie procesem budowlanym jest realizowane z uwzględnieniem wielu kryteriów, znaczenie których ustala osoba podejmująca decyzje. Występowanie różnorodnych hierarchicznie powiązanych poziomów kierowania, nieadekwatność podejmowanych decyzji, przypadkowo zmieniających się w czasie zewnętrznych warunków dają podstawę, aby rozpatrywać kierowanie

przemysłem budowlanym jako procesem przypadkowym.

#### **4) Materialno-techniczne zaopatrzenie przemysłu budowlanego.**

Do wykonania budowlano-montażowych robót są niezbędne różnorodne typy zasobów. Przewidywane i zmiana kolejności wykonania robót, spowodowane niestabilnością materiałowo-technicznego zaopatrzenia budownictwa, także mogą być odniesione do przypadkowych czynników, ustalających wielkość ocen przebiegu realizacji programu produkcyjnego.

#### **5) Prawdopodobny charakter parametrów przemysłu budowlanego.**

Znaczna ilość parametrów przemysłu budowlanego (na przykład wydajność) w istocie jest przypadkowa. Przyczyny powstania, wielkość i czas ujawnienia się wskazanych przypadkowych czynników, wpływających na wykonanie programu produkcyjnego, są indywidualne do każdego przedsiębiorstwa budowlanego.

W wyniku wyżej wymienionego pod adaptacją modelu symulacyjnego oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego do warunków działalności produkcyjnej konkretnego przedsiębiorstwa budowlanego będziemy rozumieć uwzględnienie w procesie modelowania wykonania programu produkcyjnego przypadkowych czynników specyficznych dla rozpatrywanego przedsiębiorstwa budowlanego.

Bezpośrednie ustalenie prawdopodobnych charakterystyk wszystkich przypadkowych czynników praktycznie nie jest możliwe. Jednak, jak podkreślało się wyżej, wpływ rozpatrzonych przypadkowych czynników na proces wykonania programu produkcyjnego może być uwzględniony przy ustaleniu

liczbowych wartości statystycznych charakterystyk współczynnika efektywności wykorzystania zasobów  $k_R$ .

Więc, dla adaptacji modelu symulacyjnego OPRPP do osobliwości działalności produkcyjnej PB trzeba ustalić matematyczne oczekiwanie i średniokwadratowe odchylenie  $K_p$ , odpowiadająca rozpatrywanemu przedsiębiorstwu budowlanemu.

Do ustalenia charakterystyk  $K_p$ , odpowiadających konkretnemu przedsiębiorstwu budowlanemu, mogą być wykorzystane różne metody. W przypadku skokowych zmian spowodowanych w działalności PB przez, np. gwałtowne zmiany cen, stan materialno-techniczny bazy, itd., celowe jest wykorzystanie metod ocen ekspertów. W tym przypadku współczynniki  $K_p$  ustala się, podobnie jak straty wydajności pracy, w procesie działalności produkcyjnej konkretnego przedsiębiorstwa budowlanego.

Przy braku skokowych zmian i istnieniu statystycznego materiału o wynikach działalności produkcyjnej przedsiębiorstwa budowlanego, do ustalenia statystycznych charakterystyk  $K_p$  mogą być wykorzystane metody symulacyjnego modelowania.

Rozpatrzmy ustalenie  $K_p$  na podstawie wykorzystania właściwości rozdzielania zasobów w modelu symulacyjnego oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego.

Uwzględniając, że przedsiębiorstwo budowlane, jak każdy skomplikowany system, posiada właściwości inercyjne [2, 21, 34] do ustalenia  $K_p$ , odpowiadających właściwościom konkretnego przedsiębiorstwa budowlanego, można wykorzystać aktualizację modelu poprzez historię działalności produkcyjnej analizowanego PB. W tym przypadku adaptacja modelu symulacyjnego oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego może być opisana w następujący sposób.

Danymi wyjściowymi do adaptacji modelu są parametry zasobów,



obiektów, robót i faktyczne terminy realizacji programu produkcyjnego, wykonanych w poprzednim okresie robót przez przedsiębiorstwo budowlane.

W procesie adaptacji wskazane wyżej statystyczne charakterystyki współczynników efektywności wykorzystania zasobów dobiera się w taki sposób, ażeby odchylenia pomiędzy faktycznymi i modelowanymi terminami wykonania robót dla rozpatrywanego programu produkcyjnego były minimalne.

Znalezione takim sposobem wartości  $K_p$  przedstawiają tylko jeden punkt przestrzeni, odpowiadającej temu programowi produkcyjnemu, na podstawie którego realizowana była adaptacja modelu symulacyjnego.

Rozwój systemu przemysłu budowlanego w trakcie wykonania kilku programów produkcyjnych uwarunkowuje niezbędność uwzględnienia tendencji zmiany  $K_p$  w ciągu kilku lat funkcjonowania przedsiębiorstwa budowlanego.

Wychodząc z wyżej wymienionego, adaptacja modelu mutacyjnego do specyfiki konkretnego przedsiębiorstwa budowlanego przebiega w trzech etapach.

Na pierwszym etapie ustala się wyjściowe dane, niezbędne do adaptacji modelu symulacyjnego. Dlatego rozpatruje się kilka programów produkcyjnych, wykonanych w przedsiębiorstwie budowlanym. Dla każdego programu produkcyjnego ustala się parametry obiektów, robót, zasobów i faktyczne terminy wykonania robót programu produkcyjnego.

Na drugim etapie dla każdego programu produkcyjnego ustalają się takie statystyczne charakterystyki  $K_p$ , które minimalizują odchylenia pomiędzy modelowanymi i faktycznymi terminami wykonania robót. Dalej zadanie ustalenia statystycznych charakterystyk  $K_p$  wg kryterium odchylenia modelowanych i faktycznych terminów wykonania robót będziemy nazywać zadaniem określenia współczynników efektywności wykorzystania zasobów.

W wyniku ustalenia statystycznych charakterystyk  $K_p$  dla każdego programu produkcyjnego formuje się czasowy trend wartości współczynników efektywności wykorzystania każdego typu zasobów dla konkretnego przedsiębiorstwa budowlanego.

Na trzecim etapie na podstawie otrzymanego trendu wykonuje się prognozę statystycznych charakterystyk współczynników efektywności wykorzystania zasobów, stosowanych do oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego.

Jak zaznaczono wyżej, przez zadanie ustalenia  $K_p$  rozumie się określenie najlepszego matematycznego oczekiwania i średniokwadratowego odchylenia  $K_p$  wg kryterium minimalizacji odchylenia  $K_p$  modelowanych i faktycznych terminów wykonania robót programu produkcyjnego.

Dla rozwiązania zadania adaptacji symulacyjnego modelu skorzystamy z wyrażenia (3.12), w którym oczekiwanie matematyczne  $a_r$  i średniokwadratowe odchylenie  $b_r$ , będą przedstawiać sobą zmienne wielkości. Dlatego, z uwzględnieniem (3.12), współczynnik efektywności wykorzystania zasobów można przedstawić w następujący sposób:

$$k_R = k_R(a_R, b_R). \quad (3.15)$$

Rozpatrzmy ograniczenia na wielkości  $a_r$  i  $b_r$ . Wychodząc z sensu fizycznego na wielkość  $K_p$  składają się następujące ograniczenia:

$$0 \leq k_r \leq 1, r = 1, \dots, R. \quad (3.16)$$

Na podstawie reguły trzech sigm [128] można zapisać:

$$P\{a_r - 3 * b_r < k_r < a_r + 3 * b_r\} = 0,997.$$

Z uwzględnieniem (3.16) otrzymujemy:

$$a_r - 3 * b_r \geq 0; \quad a_r + 3b_r \leq 1;$$

Z tego wynika, że przy ustaleniu średniokwadratowego odchylenia trzeba uwzględnić następujące ograniczenia:

$$b_r \leq \frac{1 - a_r}{3}; \quad (3.17)$$

$$b_r \leq \frac{a_r}{3}; \quad (3.18)$$

Przekształcimy (3.9) z uwzględnieniem (3.15) do następnego typu:

$$S = A (P_B, P_W, k_R (a_R, b_R), G_W). \quad (3.19)$$

Ocenę jakości adaptacji modelu symulacyjnego określimy, jako odchylenie modelowanych i faktycznych terminów wykonania robót:

$$C = \sum_{W=1}^W (|T_w^s - t_w^s| + |T_w^e - t_w^e|) \quad (3.20)$$

gdzie:

$T_w^s$  - modelowany początek wykonania w-ej roboty;

$t_w^s$  - faktyczny początek wykonania w-ej roboty;

$T_w^e$  - modelowane ukończenie wykonania w-ej roboty;

$t_w^e$  - faktyczne ukończenie wykonania w-ej roboty.

Do uwzględnienia statystycznych charakterystyk współczynnika efektywności wykorzystania zasobów trzeba wykorzystać matematyczne oczekiwanie oceny  $C$ . Dlatego przekształcimy (3.20) następująco:

$$C = M. \left\{ \sum_{W=1}^W (|T_w^s - t_w^s| + |T_w^e - t_w^e|) \right\}; \quad (3.21)$$

gdzie:

$M.$  - operator matematycznego oczekiwania.

Modelowane terminy rozpoczęcia i ukończenia wykonania robót, ustalające wartości odchylenia  $C$  (3.20), zależą od rozkładu wykonania robót  $S$  (3.19) i od matematycznego oczekiwania  $a_R$ , średniokwadratowego odchylenia  $b_R$  i priorytetów robót  $G_w$ . Oczywiście, przy adaptacji modelu symulacyjnego wartość kryterium  $C$  (3.20) trzeba ustalać na podstawie najlepszego rozkładu wykonania robót programu produkcyjnego:

$$S^{opt} = A (P_B, P_w, k_R (a_R, b_R), G_w^{opt}). \quad (3.22)$$

$G_w^{opt}$  ustala się w wyniku rozwiązania zadania ustalenia granicznych znaczeń oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego PB dla fiksonych znaczeń  $a_R$  i  $b_R$  (rozdział 3.2).

Wychodząc z wyżej wymienionego, matematyczne sformułowanie zadania ustalenia  $K_p$  konkretnego przedsiębiorstwa budowlanego może być sformułowane w następujący sposób: z uwzględnieniem modelu (3.9), zależności (3.15) i ograniczeń (3.17), (3.18) ustalić takie znaczenia matematycznego oczekiwania  $a_R$  i średniokwadratowego odchylenia  $b_R$   $K_p$ , które minimalizują odchylenie modelowanych i faktycznych terminów wykonania robót programu produkcyjnego:

$$C = M. \left\{ \sum_{W=1}^W (|T_w^s - t_w^s| + |T_w^e - t_w^e|) \right\}; \Rightarrow \min. \quad (3.23)$$

W przytoczonym sformułowaniu, zadanie adaptacji modelu symulacyjnego, odnosi się do rangi zadań parametrycznej identyfikacji [125] z dostrojonymi parametrami  $a_R$  i  $b_R$ , wektorami obserwacji  $t_w^s$ ,  $T_w^e$  kryterium jakości identyfikacji  $C$  (3.23).

Do rozwiązania zadania parametrycznej identyfikacji wykorzystuje się różnorodne metody [33, 41, 107, 105, 83]. Trudność rozwiązania zadania adaptacji modelu symulacyjnego OPRPP z wykorzystaniem znanych metod jest uwarunkowana algorytmicznymi zależnościami, stosowanymi w modelach symulacyjnych i wielowymiarowością zadania (rozdział 3.2).

W związku z tym rozpatrzmy podejście, pozwalające sprowadzić zadanie parametrycznej identyfikacji modelu mutacyjnego do zadania warunkowej optymalizacji wg kryterium  $C$  (3.23).

Rozpatrzmy następane podejście do rozwiązania zadania ustalenia współczynników efektywności wykorzystania zasobów.

Z (3.22) wynika, że wybór najlepszego wariantu matematycznego oczekiwania  $a_R$  i średniokwadratowego odchylenia  $b_R$  dla rozwiązania zadania parametrycznej identyfikacji wykonuje się na podstawie ustalenia najlepszej kolejności wykonania robót  $G^{opt}$ . To uwarunkowuje niezbędność rozwiązania zadania ustalenia granicznych wartości oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego (rozdział 3.2) dla każdego wolumenu współczynnika efektywności wykorzystania zasobów.

Jak zaznaczono wyżej, współczynniki efektywności wykorzystania zasobów są wielkością przypadkową i w zakresie ograniczeń (3.17), (3.18) mogą przyjmować różne wartości.

Oznaczmy przez  $m$ . ogólną ilość wariantów  $K_p$ , otrzymanych odpowiednio z (3.12) dla jednego wariantu wartości  $a_R$  i  $b_R$ . Oczywiście, że liczba  $m$ . musi być jak największą, żeby całkowicie charakteryzować znaczenia  $a_R$  i  $b_R$  i jednocześnie jak najmniejszą, żeby zmniejszyć ilość wyliczeń przy rozwiązaniu zadania.

Niezbędna ilość  $m$ . wartości współczynnika efektywności wykorzystania zasobów dla jednego wariantu  $a_R$  i  $b_R$  może być ustalona na podstawie metod matematycznej statystyki [57]. Uwzględniając, że przy liczebnościach selekcji  $m > 30$  praktycznie nie określa się przesunięcia ocen całokształtu generalnego, można uważać wielkość  $m \geq 30$  za ostateczną dla rozwiązania zadania parametrycznej identyfikacji modelu imitacyjnego.

Do każdego  $m$ .-go wariantu wielkości  $K_p$   $k_r^m(a_R, b_R)$ ,  $r = 1, \dots, R$ , rozwiążemy zadanie ustalenia granicznych wartości oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego (rozdział 3.2). Na podstawie otrzymanego w wyniku rozwiązania rozkładu wykonania robót  $S^{opt}$  ustalimy odchylenie modelowanych i faktycznych terminów wykonania robót programu produkcyjnego:

$$U_m = \sum_{W=1}^W (|T_w^s - t_w^s| + |T_w^e - t_w^e|) \quad (3.24)$$

Oczywiście, otrzymane m. wartości kryterium  $U_m$  (3.24) do każdego z wariantów  $K_p$ , odpowiadających fikszowanym znaczeniom  $a_R$  i  $b_R$ , charakteryzują matematyczne oczekiwanie i średniokwadratowe odchylenie współczynników efektywności wykorzystania zasobów.

Wtedy minimalna wartość kryteriów  $C$ , ustalona jako matematyczne oczekiwanie dla m. selekcji wartości  $C_m$ :

$$C = \frac{\sum C_m}{m} \quad (3.25)$$

odpowiada najlepszemu wariantowi wartości matematycznego oczekiwania  $a_R$  i średniokwadratowego odchylenia  $b_R$  współczynników efektywności wykorzystania zasobów.

Takim sposobem, zadanie parametrycznej identyfikacji modelu symulacyjnego zostało sprowadzone do zadanie warunkowego (z uwzględnieniem ograniczeń (3.17) i (3.18) optymalizacji niezależnych parametrów  $a_R$  i  $b_R$  wg kryterium  $C$  (3.23)).

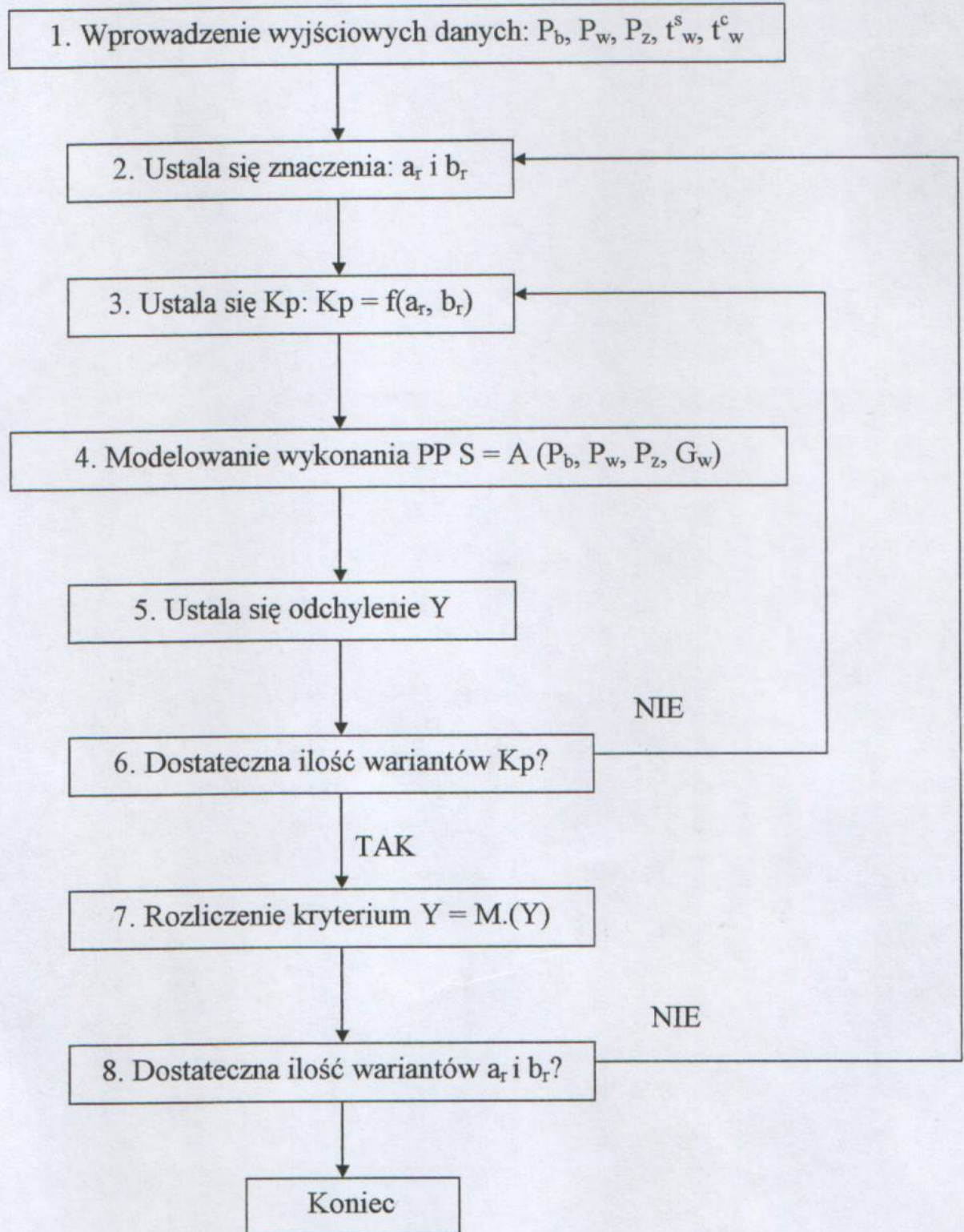
Schemat blokowy algorytmu rozwiązania zadania parametrycznej adaptacji jest przedstawiony na rys. 3.5.

Funkcjonowanie algorytmu zaczyna się od wprowadzenia wyjściowych danych (blok 1). Wyjściowymi danymi do ustalenia  $K_p$  są parametry zasobów przedsiębiorstwa budowlanego, obiektów, robót i faktyczne terminy wykonania budowlano-montażowych robót programu produkcyjnego, wykorzystywanego w adaptacji symulacyjnego modelu OPRPP.

W blokach 2-8 ustala się najlepszy wariant wartości matematycznego oczekiwania  $a^{\text{opt}}_R$  i średniokwadratowego odchylenia  $b^{\text{opt}}_R$  współczynników efektywności wykorzystania zasobów.



**SCHEMAT BLOKOWY ALGORYTMU  
ADAPTACJI MODELU SYMULACYJNEGO OPRPP**



Rys. 3.5.

Dlatego w bloku 2, odpowiednio z randomizowanym algorytmem rozwiązania zadania nieliniowego programowania i ograniczeniami (3.17) i (3.18), ustala się wartość matematycznego oczekiwania  $a_R$  i średniokwadratowego odchylenia  $b_R$  współczynników efektywności wykorzystania zasobów.

W bloku 3 na podstawie (3.12) w zależności od  $a_R$  i  $b_R$  wylicza się wielkość  $k_R$ .

Blok 4 przedstawia algorytm przygotowania najlepszego rozkładu wykonania robót (rys. 3.2). Kolejność pracy algorytmu jest przedstawiona w rozdziale 3.2. W wyniku pracy algorytmu ustala się optymalne priorytety robót i przygotowuje się optymalny rozkład wykonania robót dla zadanej OPRPP.

W bloku 5 odpowiednio z (3.24) ustala się odchylenie pomiędzy modelowanymi i faktycznymi terminami wykonania robót dla  $m$ -go wariantu wartości współczynników efektywności wykorzystania zasobów  $k_R$ .

W bloku 6 sprawdza się dostateczność ilości wariantów  $k_R$  z matematycznym oczekiwaniem  $a_R$  i średniokwadratowym odchyleniem  $b_R$  niezbędnym do ustalenia kryterium  $C$ .

W bloku 7 odpowiednio z (3.25) wykonuje się wyliczenie wartości kryterium  $C$ .

W bloku 8 ustala się ogólną ilość rozpatrywanych wariantów matematycznego oczekiwania  $a_R$  i średniokwadratowego odchylenia  $b_R$ . W ten sposób wynikiem funkcjonowania algorytmu są wartości matematycznego oczekiwania i średniokwadratowego odchylenia współczynników efektywności wykorzystania zasobów, odpowiadające konkretnemu programowi produkcyjnemu przedsiębiorstwa budowlanego.

Wyniki ustalenia  $K_p$  w znacznym stopniu zależą od ilości  $m$  rozpatrzonych wariantów  $a_R$  i  $b_R$  (blok 8 na rys. 3.5).

Do badania zależności pomiędzy ilością rozpatrzonych wariantów  $a_R$  i  $b_R$  oraz wielkością odchylenia  $C$  (3.25) wykonywano kilkakrotną adaptację modelu symulacyjnego dla różnorodnych wartości  $m$ .

W wyniku badań zostało postanowione, że w trakcie adaptacji trzeba rozpatrywać  $n \geq 30$  wariantów  $a_R$  i  $b_R$ .

Na podstawie rozwiązania zadania parametrycznej identyfikacji modelu symulacyjnego dla różnorodnych programów produkcyjnych konkretnego przedsiębiorstwa budowlanego przygotowuje się czasowy trend wartości  $K_p$ .

Rozpatrzmy ustalenie prognozowanych wartości  $K_p$  na podstawie otrzymanych trendów.

Rozwiązanie zadania ustalenia  $K_p$  pozwala ustalić statystyczne charakterystyki  $K_p$  na podstawie faktycznego wykonania jednego programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego. Wynikiem rozwiązania zadania parametrycznej identyfikacji modelu mutacyjnego OPRPP, na podstawie faktycznego wykonania różnorodnych programów produkcyjnych, jest czasowy trend wartości  $K_p$ .

Do uwzględnienia tendencji zmiany  $K_p$  w czasie, niezbędne jest na podstawie otrzymanego czasowego trendu, wykonanie prognozy statystycznych charakterystyk  $K_p$  i wykorzystanie ich w procesie rozwiązania zadań przygotowania programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego.

Oczywiście, metody prognozowania, tak samo jak i metody ustalenia statystycznych charakterystyk  $K_p$ , określa się charakterem przekształceń w działalności produkcyjnej przedsiębiorstwa budowlanego, przejawiającym się w wielkości rozrzutu punktów czasowego trendu współczynnika efektywności wykorzystania zasobów.

Przy występowaniu skokowych zmian działalności produkcyjnej przedsiębiorstwa budowlanego (duża dyspersja punktów czasowego trendu) niezbędne jest wykorzystanie metod ocen ekspertów [3, 23, 39, 88]. W przeciwnym wypadku do prognozowania znaczeń  $K_p$  mogą być wykorzystane znane metody [37, 107]. Przedstawimy prognozowane wartości matematycznego oczekiwania  $a^p_R$  średniokwadratowego odchylenia  $b^p_R$  następująco:

$$a^p_R = g_a \{a_R(t), t\}; \quad (3.26)$$

$$b^p_R = g_b \{b_R(t), t\}; \quad (3.27)$$

$$t = 1, \dots, n;$$

gdzie:

- $g_a$  - funkcja prognozowania matematycznego oczekiwania;
- $g_b$  - funkcja prognozowania średniokwadratowego odchylenia;
- $n$  - ogólna ilość rozpatrzonych programów produkcyjnych.

Takim sposobem, do prognozowania znaczeń  $a^p_R$  i  $b^p_R$  trzeba ustalić funkcję prognozowania i wielkość próbki  $n$ .

Wybór przedstawienia funkcji  $g_a$  i  $g_b$  ustala się poprzez metody, wykorzystywane do prognozowania, a do tego ilością i statystycznymi charakterystykami punktów czasowego trendu.

Przy tym w procesie prognozowania największą dokładność prognozy osiąga się przy optymalnej wielkości próbki, pozwalającej dać dostateczną ilość punktów do prognozy i umknąć wpływu przestarzałych punktów.

Prognozowaniu czasowych trendów jest poświęcona duża ilość prac [37, 107]. Uwzględniając małą moc realnych próbek (tzn. do 10 punktów, rozpa-

truje się do 10 programów produkcyjnych, wykonanych w przedsiębiorstwie budowlanym), do prognozowania celowo jest wykorzystywać aproksymacyjne metody lub metody wykorzystujące zasadę samoorganizacji [2, 82, 112].

Najszerzej ze wszystkich metod w prognozowaniu wykorzystuje się metodę zespołowego obliczenia argumentów (MZOA). Rozpatrzmy MZOA dla prognozowania statystycznych charakterystyk  $K_p$ .

Poniżej przedstawimy prognozowane statystyczne charakterystyki  $K_p$  na podstawie aproksymacji wielomianem  $m$ -go stopnia:

$$a^p_R = c_0 + c_1 * t + \dots + c_q * t^q; \quad (3.28)$$

$$b^p_R = v_0 + v_1 * t + \dots + v_q * t^q; \quad (3.29)$$

gdzie:

$c, v$  - współczynniki.

Przy tym wartość  $q$  może być bardzo duża (na przykład,  $q = 120$ ). Optymalną wartość stopnia wielomianu ustala się wg minimum średniokwadratowego błędu na kontrolnym zbiorze,

Na podstawie zależności (3.28) i (3.29) dalej buduje się następane ciągi próbek i ustala się prognozowane wartości [37].

Do wykorzystania opisanej metody wydzielenia trendu optymalnej złożoności - wystarczą cztery punkty w badanym ciągu i jeden - w kontrolnym, tzn. należy dysponować pięcioma punktami [37].

Otrzymane w wyniku prognozowania statystyczne charakterystyki  $a^p_R$  i  $b^p_R$   $K_p$  mogą z dostateczną niezawodnością być stosowane do rozwiązania zadań przygotowania programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego w warunkach gospodarki rynkowej.

Przy bardzo małych zbiorach (do 4 punktów) do prognozowania mogą być wykorzystane metody aproksymacyjne. W tym przypadku rozpatruje się wszystkie istniejące punkty. Prognozowane wartości ustala się w wyniku ekstrapolacji na podstawie funkcji z parametrami optymalizowanymi wg kryterium minimalnego odchylenia..

Bardzo skromny zbiór danych, a co jeszcze bardziej istotne, skokowe zmiany w działalności przedsiębiorstw budowlanych w ostatnich latach spowodowały, że nie dysponujemy odpowiednimi danymi do prognozowania statystycznych charakterystyk  $K_p$ . Można tylko opierać się na wynikach badań.

Otrzymane w wyniku adaptacji modelu mutacyjnego OPRPP do specyfiki działalności produkcyjnej konkretnego przedsiębiorstwa budowlanego statystyczne charakterystyki  $K_p$  zostały wykorzystane do rozwiązania zadań przygotowania programów produkcyjnych przedsiębiorstw budowlanych.

### **3.4. Optymalizacja procesu uzgadnianych kontraktów na podstawie oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego.**

Rozpatrzone wyżej zagadnienia pozwalają rozwiązać zadanie uzgodnienia i podpisania kontraktów na podstawie oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego. W tym celu, zgodnie z przygotowanymi danymi statystycznymi dla konkretnego programu produkcyjnego, ustala się z wymaganą niezawodnością ocenę przebiegu jego realizacji. Zgodnie z otrzymanymi danymi odbywa się ocena wykonania ekonomicznych wymagań dla przygotowanego programu produkcyjnego (PPPB). Jeśli są one spełnione, to PPPB uważa się za przygotowany i na podstawie jego danych odbywa się ostateczne uzgodnienie i podpisanie kontraktów.

W przypadku, jeśli otrzymane wskaźniki ekonomiczne PPPB nie pozwalają osiągnąć niezbędnych do efektywnego funkcjonowania PB wymagań, to odbywa się optymalizacja procesu uzgodnienia warunków kontraktu.

W tym celu są wykorzystane wpływy regulowanych zmiennych (rozdział 2) na zmiany wskaźników PPPB. W pracy były rozpatrzone dwa podejścia do rozwiązania zadania. Przy pierwszym, w dialogowym wymogu (komputer-człowiek), metodą kolejnego doboru ustalało się przybliżone rozwiązanie zadania. Pozytywnym momentem dla rozpatrzonego wariantu jest nie obowiązkowe formalizowanie zadania. W drugim przypadku wykonanie tego warunku było obowiązkowe, tj. były wykorzystane trzy metody optymalizacji (rozdział 2.4).

### **3.5. Wnioski badawcze.**

Tak więc, otrzymane wyniki badań zawarte w pkt. 3.1. - 3.5. pozwalają sformułować następujące wnioski:

- 1) Głównym zadaniem dla przedsiębiorstwa budowlanego w procesie uzgodnienia warunków kontraktu jest optymalne przygotowanie programu produkcyjnego, który realizuje sformowany PZPB.
- 2) Model symulacyjny (3.5.) pozwala opracować OPRPP w zależności od składu obiektów programu produkcyjnego, zasobów przedsiębiorstwa budowlanego i priorytetów robót.
- 3) Przy ustaleniu OPRPP trzeba się starać wykorzystywać minimalny przedział ponownego podziału zasobów.

4) Matematyczne oczekiwanie OPRPP przy równych parametrach obiektów i robót ustala się przy pomocy statystycznych charakterystyk  $K_p$ .

5) Na podstawie rozwiązania zadania parametrycznej identyfikacji modelu symulacyjnego dla różnorodnych programów produkcyjnych konkretnego przedsiębiorstwa budowlanego, można ustalić statystyczne charakterystyki  $K_p$ , które są wykorzystane do rozwiązania zadań przygotowania programów produkcyjnych przedsiębiorstw budowlanych.

Otrzymane wyżej wyniki pozwalają przedsiębiorstwu budowlanemu na etapie uzgadniania i podpisywania kontraktów podejmować decyzje, które gwarantują z zadaną niezawodnością wykonanie programu produkcyjnego, przy jednoczesnym zapewnieniu oceny przebiegu jego realizacji.



#### **4. PERSPEKTYWY WDRAŻANIA I ROZWOJU UDOSKONALONYCH METOD PRZYGOTOWANIA PROGRAMU PRODUKCYJNEGO PRZEDSIĘBIORSTWA BUDOWLANEGO.**

##### **4.1. Podstawowe tezy po zaopatrzeniu programowym dla zadań przygotowania PPPB.**

U podstaw opracowania elementów zaopatrzenia programowego do przygotowania programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego, leży metoda badania i dekompozycji potoków informacyjnych, w celu stworzenia jedynej struktury związków wzajemnych podsystemów. To pozwala zapewnić możliwość integralnego kierowania, kontroli struktur informacyjnych podsystemów w miarę ich rozwoju, jednokrotnego wprowadzenia danych, itd. Przy stworzeniu kompleksu programowego były uwzględnione takie wymagania, jak niezawodność funkcjonowania, prostota opanowania i wdrożenia, kontrola wprowadzenia danych, itd.

Analiza opracowanych metod pozwoliła określić szereg wymagań, co do zabezpieczenia programowego. Główne z nich sprowadzają się do konieczności uwzględnienia następujących osobliwości:

- wielowymiarowość rozwiązywanych zadań;
- wielokrotność wyliczenia;
- połączenie formalnych i nieformalnych metod poszukiwania rozwiązania, co uwarunkowuje konieczność realizacji systemu dialogowego z możliwością podjęcia decyzji na podstawie oceny ekspertów.

Jako główne środki techniczne zostały wybrane komputery firmy IBM. Wybór jest uwarunkowany ich szerokim rozpowszechnieniem, wszechstronnymi możliwościami zastosowania i ekonomią użytkowania.

Do przekazania danych od projektantów można wykorzystywać tak lokalne sieci, jak i przesyłkę poprzez modem. Wykorzystywanie lokalnych sieci jest uzasadnione tylko w przypadku wspólnej pracy nad projektami w przeciwnym wypadku wykorzystanie lokalnej sieci wyłącznie do przesyłki jest nieracjonalne. Przy wykorzystaniu modemów rekomenduje się robienie kopii danych na dyskietkach. Przy nasyceniu rynku nową techniką komputerową i przy znaczącym potaniu urządzeń, możliwa jest zamiana wykorzystywanej techniki na nowszą. Jako system operacyjny został wybrany MS DOS, zaczynając od wersji 4.0. Możliwe też jest zastosowanie WINDOWS, jednak koszty dodatkowe takiego systemu operacyjnego nie są w pełni uzasadnione charakterem rozwiązywanych zadań.

Jako język programowania został wybrany język SUBD FOXPRO. Wybór jest uzasadniony całym szeregiem przyczyn:

- mocnymi algorytmicznymi możliwościami języka;
- szerokimi możliwościami po stworzeniu optymalnego interfejsu dla użytkownika;
- olbrzymimi nakładami standardowych procedur;
- dane chronione w dyskach DBF łatwo jest przetworzyć standardowymi środkami, a szerokie rozpowszechnienie danego typu danych gwarantuje prostotę wykonania i prowadzenia normatywnej informacji.

Programowy produkt współpracuje z wersją FOXPRO.

#### **4.2. Ocena przebiegu realizacji oraz przygotowania programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego.**

Kompleks programowy jest przeznaczony do rozwiązania następujących zadań:

- 1) ustalenie zapotrzebowania na zasoby dla realizowanych obiektów wcześniej włączonych do programu produkcyjnego;
- 2) ustalenie oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego (PPPB);
- 3) adaptacja modelu oceny przebiegu realizacji do właściwości specyfiki produkcyjnej konkretnego przedsiębiorstwa budowlanego;
- 4) przygotowanie programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego na podstawie oceny przebiegu jego realizacji.

Ustalenia oceny przebiegu realizacji i adaptacja modelu oceny przebiegu realizacji są oparte na rozwiązaniu zadania granicznych wartości oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego. Swoją drogą, do ustalenia granicznych wielkości niezbędna jest wielokrotna symulacja wykonania programu produkcyjnego dla opracowywanego rozkładu wykonania robót i budowy obiektów.

Z wyżej wymienionego wynika, że istnieją niezbędne odpowiednie bloki kompleksu programowego.

Główne menu kompleksu wygląda następująco:

1. Praca z obiektami.
2. Przyporządkowanie robót poszczególnym wykonawcom.
3. Wyliczenie zapotrzebowania na zasoby.
4. Ustanowienie zależności technologicznych.
5. Wprowadzenie i korekta mocy produkcyjnych.

6. Adaptacja modelu symulacyjnego.
7. Przygotowanie programu produkcyjnego.
8. Praca z planem kalendarzowym.
9. Prowadzenie normatywnej informacji (NI).

Rozpatrzmy po kolei wszystkie wymogi.

### **I. Praca z obiektami.**

W tym zakresie odbywa się wpisanie do pamięci komputera informacji o obiektach. Ta informacja jest niezbędna do dokładnego wyliczenia zapotrzebowania na zasoby. Te dane można otrzymać albo biorąc je od projektantów na nośnikach magnetycznych albo wprowadzając je ręcznie. W każdym przypadku jest niezbędny system korekty danych o obiektach. Wprowadzenie informacji można przyspieszyć, wykorzystując tam gdzie to jest możliwe i celowe standardowe bloki kompletowania. Wtedy mając zestaw standardowych bloków, składających się z listy pojedynczych robót, wprowadzenie informacji do obiektu będzie polegało na wskazaniu standardowych bloków i ich ilości w ogólnej objętości prac. Poza tym w praktyce trzeba wprowadzać listę zasobów nie wchodzących w komplekty. Tam, gdzie to jest ważne dla przygotowania programu produkcyjnego, do każdej pojedynczej pracy przydziela się odpowiednio numer lokalnego kosztorysu, część i rozdział kosztorysu. Poza tym dla każdego obiektu, wcześniej włączonego do programu produkcyjnego, wpisuje się, jeśli tego wymaga zleceniodawca, terminy rozpoczęcia (ukończenia) budowy i czas trwania budowy.

## **2. Przyporządkowanie robót wykonawcom.**

Po wprowadzeniu danych dotyczących poszczególnych obiektów należy każdej pojedynczej robocie przydzielić odpowiedniego wykonawcę i przyporządkować ją do poszerzonego typu robót (PTR).

W przypadku, kiedy przedsiębiorstwo występuje jako jeden wykonawca, to powiązanie nie jest potrzebne. To samo można powiedzieć o przypadku roboty programu nie z PTR, a z pojedynczymi robotami; wtedy powiązanie też nie jest konieczne. Powiązanie odbywa się w dwóch etapach. W pierwszym etapie odbywa się automatyczne powiązanie każdego wiersza kosztorysu do PTR i wykonawcy. Na drugim etapie użytkownik kompleksu przeprowadza ponownie, (jeśli jest to niezbędne) ręczne powiązanie.

Regulowanie powiązania odbywa się w systemie przestrzegania NI dla poszczególnych robót. Przydzielać odpowiednie roboty wykonawcom można za pośrednictwem typów kosztorysów, ich części i rozdziałów kosztorysów, także w skali pojedynczych robót lub kombinacjami przeliczonych zależności.

Przez podwykonawców dużych przedsiębiorstw budowlanych, typu: ogólnobudowlanego trestu, zakładu prefabrykacji i budowy domów, itd., rozumie się jednostki wchodzące w skład przedsiębiorstwa. Dla administracji budowlanej wykonawcami są ich brygady. Jeśli przedsiębiorstwo budowlane jest w stanie i chce dokonać oceny przebiegu realizacji w całości wg umów generalnych, to program pozwala rozdzielać zakresy robót zgodnie z ustaleniami kooperacyjnymi.

## **3. Wyliczenie zapotrzebowania na zasoby.**

Wyliczenie zapotrzebowania na zasoby odbywa się w tym przypadku, kiedy zasoby te dla obiektu ustala się na podstawie typu robót w oparciu o

normatywną informację. W przypadku, kiedy wszystkie niezbędne dane na temat obiektów są wprowadzone, wyliczenia popytu na zasoby nie przeprowadza się.

#### **4. Ustanowienie zależności technologicznych.**

W tym wymogu ustanawia się zależności technologiczne pomiędzy robotami. Ta zależność wyraża się w ustaleniu porządku wykonania robót.

Roboty mogą być uzależnione pomiędzy sobą, mogą być niezależne, mogą całkowicie wyprzedzać jedna drugą, a do tego wykonanie następnej roboty może odbywać się po zrealizowaniu jakiegokolwiek części poprzedzającej roboty. Jeśli wszystkie roboty programu produkcyjnego są organizacyjno-technologicznie niezależne, to wymóg ten można po prostu pominąć.

#### **5. Wprowadzenie i korekta mocy produkcyjnych.**

Wprowadzenie mocy produkcyjnych odbywa się dla wszystkich wykonawców. Struktura wskaźników możliwości produkcyjnych przedsiębiorstwa budowlanego musi odpowiadać strukturze danych o obiekcie. Na przykład, jeśli rozpatrujemy jako wskaźnik pracochłonność typów robót, to pod mocą będziemy rozumieć liczbowy skład pracowników tej lub innej specjalności, jeśli mówimy o zakresach prac to mocą jest ich realizacja, itd. W warunkach gospodarki rynkowej wskaźnikiem uniwersalnym działalności produkcyjnej przedsiębiorstwa budowlanego jest zagospodarowanie środków pieniężnych. Kiedy dochodzi do destabilizacji rynku budowlanego, bardzo trudno jest prawidłowo wyliczyć ten wskaźnik.

Do obliczania zasobów pracy można wprowadzać moce produkcyjne wyrażone zarówno w materialnych zasobach, jak i np. w ilości maszyn czy urządzeń.

Ważne jest tylko, żeby te dane występowały w zestawieniu danych o obiekcie. Te zasoby mogą być wprowadzone jako pierwsze lub być wyliczone jako następne.

#### **6. Adaptacja modelu symulacyjnego.**

W tym wymogu na podstawie metod wyłożonych w trzecim rozdziale, odbywa się wyliczenie współczynnika efektywności wykorzystania zasobów. W praktyce użytkownicy częściej są skłonni dyrektywnie ustalać WEWZ jako „1”, a korygować dane o obiekcie.

#### **7. Przygotowanie programu produkcyjnego.**

Na podstawie przygotowanego bloku danych przygotowuje się program produkcyjny przedsiębiorstwa budowlanego. Model zaczyna funkcjonować poczynając od terminu ustalonego przez użytkownika. Najczęściej jest to początek roku kalendarzowego, finał zaś jest kojarzony z zakończeniem tegoż roku kalendarzowego. Są również możliwe wyliczenia w dowolnie wprowadzonych terminach. Tak jak potencjalnie uwzględnione obiekty włączane są do już istniejącego programu produkcyjnego, tak wydatki na budowę nowych obiektów porównuje się do mocy produkcyjnej - pozostającej do dyspozycji po skierowaniu zasobów do realizacji programu produkcyjnego. Analizując chronologicznie i w zakresie rzeczowym, program ustala rozkład robót, wychodząc z zależności technologicznych pomiędzy nimi.

### **8. Praca z planem kalendarzowym.**

Na podstawie wyliczenia programu produkcyjnego ustala się plan robót. Ostateczne słowo o podjęciu decyzji włączenia obiektów do planu pozostaje za projektantem, ale dla uzasadnionego podjęcia decyzji użytkownik kompleksu posiada całą niezbędną informację. Użytkownik pakietu może dyrektywnie zmieniać terminy tak wykonania osobnych typów robót, jak i odpowiednio terminy ukończenia obiektów. Nowo otrzymane wyniki pokażą realne parametry już nowego programu produkcyjnego. Korygować program produkcyjny można w każdej chwili automatycznie i ręcznie.

### **9. Prowadzenie NI.**

Aspektu tego nie omawia się odrębnie, ponieważ posiadanie w PB i prowadzenie na bieżąco informacji normatywnej jest oczywistą koniecznością i zalicza się do najprostszych czynności techniczno-ekonomicznych.

#### **4.3. Perspektywy rozwoju udoskonalonych metod przygotowania programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego.**

Przedstawione w pracy dysertacyjnej wyniki badań w formie odrębnych tez, wdrażano praktycznie w końcu lat dziewięćdziesiątych i po roku 2000. W miarę prowadzenia badań i doskonalenia stosunków produkcyjnych w budownictwie związanych z transformacją rynku, była przygotowywana teoretyczna baza i uzasadniona celowość doskonalenia metod przygotowania programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego. Na początku był



rozwiązany szereg zadań, takich jak: formowanie portfela zamówień przedsiębiorstwa budowlanego, wychodząc z normatywnych terminów budownictwa i cen kosztorysowych na obiekty, kontrola wykonania szczególnych warunków umowy i wyliczenie karnych sankcji dla głównego wykonawcy, podwykonawców i zleceniodawcy, itd. Ważnym etapem w zrozumieniu praktycznych zapotrzebowań budowniczych jest wdrożenie kompleksu programów zaraz po opracowaniu i wprowadzeniu lokalnych kosztorysów i planu kalendarzowego. Wdrażając udoskonalone metody związane z przygotowaniem PPPB, zetknięto się z szeregiem preferencji użytkowników, którzy m. in. oczekiwali wprowadzenia automatyzacji kosztorysów, po to, ażeby mieć możliwość na podstawie danych kosztorysowych formować portfel zamówień przedsiębiorstwa budowlanego. Problem ten został technicznie rozwiązany, ale do pełnego wykorzystania w praktyce ciągle jest daleko.

Co dotyczy innych preferencji użytkowników, jak formowanie na podstawie danych kosztorysowych portfela zamówień przedsiębiorstwa budowlanego i potem ocena przebiegu realizacji programu produkcyjnego, to pojawiły się trudności innego rodzaju. Główna polega na tym, że projektanci i budowlani korzystają z różnych norm, kosztorysowych i produkcyjnych.

Przy rozwiązaniu zadania formowania portfela zamówień przedsiębiorstwa budowlanego można obejść większość problemów, wykorzystując jakikolwiek prosty i dostępny wskaźnik działalności produkcyjnej, najczęściej pracochłonność. Rozpatrując stosunek projektowej pracochłonności do realnej, jako wielkości losowej, rozwiązaliśmy dużo problemów. Ale biorąc pod uwagę wzrastające wymagania budowniczych, w warunkach ekonomicznej samodzielności, należy rozpatrywać formowanie PZPB tylko jako pierwszy etap (który wielu nie zadowala) na drodze do podjęcia decyzji o włączeniu obiektu do planu. Dlatego bez dostatecznie dokładnych danych o obiekcie nie można się obejść.

W czasie wdrożenia zadań pojawił się jeszcze jeden problem - różny stopień szczegółowości danych. Dla jednych użytkowników do podjęcia decyzji wystarczy znać tylko ogólne dane o obiekcie: wartość kosztorysu, rozpoczęcie i ukończenie budowy, dla innych - wszystkie pojedyncze roboty z przyporządkowanymi im zasobami i rozkładem robót, brygad.

Tak stopniowo zrodziła się idea stworzenia jednolitego systemu formowania programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego, która była tworzona jako system obróbki każdego poziomu danych obiektu. Na ich podstawie powinna być podjęta decyzja o wstępnym włączeniu obiektu do planu i danych dla wszystkich obiektów tworzących rozkład wykonywanych robót wszystkich poziomów.

#### **4.4. Wnioski badawcze.**

Niestabilne czynniki zewnętrzne tworzą elementy nieokreśloności w ustalaniu programu produkcyjnego. Jednak te same powody pobudzają do opracowania nowych metod jego przygotowania. Wychodzi się z założenia, że przy każdych okolicznościach trzeba wiedzieć, jaka umowa jest korzystna, a jaka nie, czy moce produkcyjne są wystarczalne do realizacji danej umowy, itd.

Proponowana metoda oceny przebiegu realizacji programu produkcyjnego jest wystarczająco uniwersalna i nie grozi jej całkowita transformacja przy zmianie ustawodawstwa, warunków budownictwa, itd.

Jeśli chodzi o kierunki badań zmierzające do udoskonalenia metod przygotowania programu produkcyjnego, to przedstawiają się następująco:

- 1) trzeba uwzględnić możliwość zaangażowania innych przedsiębiorstw do wykonania robót, na które brak własnych mocy produkcyjnych i wyliczyć korzyści ekonomiczne wynikające z tego faktu;
- 2) zbudować system ekspercki po podjęciu decyzji o wstępnym włączeniu obiektu do programu produkcyjnego oparty na zgromadzonych wcześniej doświadczeniach;
- 3) dobierać automatycznie na podstawie charakteru robót dane o obiekcie i o mocy produkcyjnej PB.

Do skutecznego wcielenia w życie nowych metod niezbędne jest stałe informacyjne połączenie pomiędzy zleceniodawcą, wykonawcą i jednostką projektową. Dla wykonawcy i zleceniodawcy jest korzystne, ażeby od propozycji do zawarcia umowy minęło jak najmniej czasu. Staje się to możliwe, jeśli:

- 1) dane o obiekcie będą na nośnikach magnetycznych;
- 2) projektanci, wykonawcy i użytkownicy będą związani organizacyjnie, a przy projekcie obiektu będą wykorzystane normy optymalne dla przedsiębiorstwa budowlanego;
- 3) będą udoskonalone metody przygotowania programu produkcyjnego i znajdą one swoje zastosowanie w środkach programowych.

## REASUMACJA PRACY

1. Na podstawie zebranych doświadczeń organizacji budownictwa i analizy literaturowych źródeł, udowodniono niezbędność udoskonalenia metod przygotowania programu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego.
2. Wykonano postawione zadanie formowania portfela zamówień przedsiębiorstwa budowlanego i opracowano metody jego rozwiązania, które pozwoliły wybrać najbardziej efektywny wariant.
3. Przedsiębiorstwom budowlanym zaproponowana została metoda formowania portfela zamówień, zapewniająca jego realizację z zadaną niezawodnością, w ustanowionym terminażu i przy zachowaniu wymaganych wskaźników ekonomicznych jego produkcyjnej działalności.
4. Opracowano model symulacyjny, który pozwala ustalać ocenę przebiegu realizacji programu produkcyjnego w zależności od składu obiektów programu produkcyjnego, zasobów przedsiębiorstwa budowlanego i priorytetów robót.
5. Funkcjonowanie modelu symulacyjnego i jego adaptacja do warunków działalności konkretnego przedsiębiorstwa budowlanego pozwalają mu w procesie uzgadniania i podpisywania kontraktów podejmować decyzje, gwarantujące przy żądanej niezawodności wykonanie programu produkcyjnego zapewniającego ocenę przebiegu jego realizacji na poziomie nie niższym od wymaganego.

6. Wyniki przeprowadzonych badań i obliczeń wskazują, że nadają się one do praktycznego wykorzystania i wdrożenia w przedsiębiorstwach budowlanych różnorodnych struktur i form własności, pozwalając podejmować im jakościowe decyzje w procesie przygotowania programu produkcyjnego.

## LITERATURA

1. Ackoff R. L.: Decyzje optymalne w badaniach stosowanych. PWN, Warszawa 1969.
2. Ashby W. R.: Design for a Brain. New York, Wiley, 1952.
3. Aracil J., Ollero A., Garcia-Cerezo A.: Stability Indices for the Global Analysis of Expert Control Systems. IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, 19(5)(1989)998-1007.
4. Assilian S., Mamdani E. H.: Learning Control Algorithms in Real Dynamic Systems. Proc. 4th Int. IFAC/IFIP Conf. on Digital Computer Appl. to Process Control, Zürich, March 1974.
5. Åström K. J., Anton J. J., Arzen K.-E.: Expert Control. Automatica 22 (1986)277-288.
6. Augustyniak Z.: Kompleksowe sterowanie jakością przy realizacji budownictwa mieszkaniowego. Problemy jakości budownictwa. PZITB, Wrocław 1981.
7. Buslenko V. V.: Avtomatizacija imitacionnogo modelirovanija sloznych sistem. Nauka, Moskva 1977.
7. Wierzbicki S. M., Lewicki B., Kosiorek M., Prejzner H., Korycki O., Szudrowicz B., Pogorzelski J. A.: Przepisy techniczne w polskim budownictwie na tle wymagań podstawowych określonych Dyrektywą 89/106/EEC, dotyczącą wyrobów budowlanych [w]: Dostosowanie polskich przepisów budowlanych do systemu obowiązującego w Unii Europejskiej. Materiały Konferencji w Mrągowie, 24-26 maja 2000. ITB, Warszawa 2000.
8. Bładowski S.: Metody sieciowe w planowaniu i organizacji pracy. PWE, Warszawa 1970.
9. Biernacki J., Cyunel B.: Metody sieciowe w budownictwie. Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1989.

10. Barreiro A., and Aracil J.: Stability of Uncertain Dynamical Systems. Preprints of the IFAC Symposium on AI in Real-Time Control. Delft, The Netherlands, 1992, pp. 177-182.
11. Bell D. J., Cook P. A., Munro N. (eds): Design of Modern Control Systems, Peter Peregrinus, IEE Control Engineering Series, 1982.
12. Bizon J.: Analiza rytmiczności produkcji prefabrykatów żelbetowych. Praca doktorska. Poznań 1980.
13. Boysen J.: Aggregate project model for resource allocation within multi-project construction systems. M. S. (University of California), 1978.
14. Ciołek R.: Kompleksowa mechanizacja w budownictwie. Zagadnienia ogólne. COIB, Warszawa 1973.
15. Ciołek R.: Ocena i kierunki rozwoju do 2000 roku w dziedzinie technologii i organizacji budownictwa. Przegląd Budowlany 3/4, 1986.
16. Cyunel B., Konopka R.: Analiza procesów produkcyjnych w świetle teorii masowej obsługi. XXI Konf. Nauk. KI i W PAN i KN PZITB, Krynica 1975.
17. Cyunel B., Konopka R., Kowalik J.: Podstawy projektowania technologii i organizacji robót ziemnych w budownictwie. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 1984.
18. Czapliński K., Mrozowicz J., Musiał W.: Podstawy metodologii projektowania w budownictwie. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1980.
19. Cohen J. W., Boxma O. J.: Boundary value problems in queueing system analysis. North-Holland Publ. Comp., Amsterdam 1983.
20. Czapliński K., Mrozowicz J.: Realizacja obiektów budowlanych - podstawy teoretyczne. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1983.
21. Castellani K.: Automatyzacja rozwiązywania zadań w zarządzaniu. PTE,

- Warszawa 1994.
22. Cheeseman P. C.: An Inquiry into Computer Understanding. *Computational Intelligence*, 4(1)(1988)58-66.
  23. Corsberg D.: Alarm Filtering: Praktical Control Room Upgrade Busing Expert Systems Concepts. *InTech*, April 1987, pp. 39-42.
  24. Craig J. J.: Adaptive Control of mechanical manipulators. Addison-Wesley, 1985.
  25. Dyżewski A.: Technologia i organizacja budowy, część I i II. Arkady, Warszawa.
  26. Duliniec A.: Struktura i koszt kapitału w przedsiębiorstwie. PWN, Warszawa 1998.
  27. Desoer C. R., Vidyasagar M.: Feedback Systems. Input-Output Properties, Academic Press, 1975.
  28. Evans G. W., Wallace G. F., Sytherland G. L.: Symulacja na maszynach cyfrowych. WNT, Warszawa 1973.
  29. Gordon G.: Symulacja systemów. WNT, Warszawa 1974.
  30. Goddard L. S.: Metody matematyczne w badaniach operacyjnych. PWN, Warszawa 1966.
  31. Goryński J.: Ekonomia budownictwa i polityka budowlana. PWE, Warszawa 1976.
  32. Grudzewski W.: Badania operacyjne w organizacji i zarządzaniu. PWN, Warszawa 1985.
  33. Grop D.: Metody identyfikacji systemów. PWN, Warszawa 1994.
  34. Gassul W.: Optymalizacja w zarządzaniu produkcją budowlaną. TWWP, Warszawa 1995.
  35. Gruszecki T.: Współczesne teorie przedsiębiorstwa. PWN, Warszawa 2001.
  36. Gajdka J.: Wykorzystanie analizy dyskryminacyjnej na badania podatno-



- ści przedsiębiorstwa na bankructwo. Uniwersytet Łódzki, 1996.
37. Hellwig Z.: Elementy rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej. PWN, Warszawa 1965.
  38. Hatch M. J.: Teoria organizacji. PWN, Warszawa 2000.
  39. Hansen P. D., Kraus T. W.: Expert Systems and Model Based Self-tuning Controllers. In: D. M. Considine and G. D. Considine (eds.): Standard Handbook of Industrial Automation, New York, Chapman and Hall, 1986.
  40. Huang C. Y., Stengel R. F.: Failure Mode Determination in a Knowledge Based Control System. Proceedings of the American Control Conference, Minneapolis, 1987.
  41. Hall A. D.: Methodology for Systems Engineering. Van Nostrand, Princeton 1962 (polski przekład: Podstawy techniki systemów, PWN, Warszawa 1968).
  42. Isermann R.: Parameter Adaptive Control Algorithms: A Tutorial, Automatica, 18 (1982)513-528.
  43. Jaworski K. M.: Projektowanie realizacji budowy według kryterium niezawodności. Teoria i metoda. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej. Budownictwo z. 66, Warszawa 1980.
  44. Jaworski K. M., Orłowski Z.: Matematyczne metody projektowania robót ziemnych. Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok 1985.
  45. Jaworski K. M.: Metodologia projektowania realizacji budowy. PWN, Warszawa 1999.
  46. Jaworski K.M.: Zagospodarowanie placu budowy domu jednorodzinnego i małego osiedla. Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1989.
  47. Johnson B. W.: Design and Analysis of Fault Tolerant Digital Systems. Reading MA, Addison-Wesley, 1989.
  48. Jerzak M.: Organizacja i ekonomika przedsiębiorstw. PWN, Warszawa

48. Jerzak M.: Organizacja i ekonomika przedsiębiorstw. PWN, Warszawa 1970.
49. Jurecka W., Zimmermann H.: Operations Research im Bauwesen. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1972.
50. Junhong N.: The EA FCS: a New and Efficient Adaptive Control Scheme. Proceedings of IEEE International Conference on Systems Engineering, 1989.
51. Jones A. H., Shenassa M. H.: Real-time Expert Tuners for PI Controllers Incorporating Closed-loop Step-response Identifiers. 3rd IEEE International Symposium on Intelligent Control, Arlington, VA, August 24-26, 1988.
52. Kapliński O.: Kombinowane metody w sterowaniu procesami technologicznymi. P. Nauk. Inst. Bud. Pol. Wrocławskiej. Konferencja nr 13, Wrocław 1986.
53. Kapliński O., Borucka F., Borucki A.: Modelowanie imitacyjne złożonych procesów produkcyjnych w budownictwie. Problemy Rozwoju Budownictwa, 1/1985.
54. Kapliński O.: Harmonizacja cyklicznych procesów budowlanych w ujęciu stochastycznym. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Rozprawy nr 91, Poznań 1978.
55. Kapliński O., Skarżyński A.: Wybrane metody matematyczne w organizacji i planowaniu budowy. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1973.
56. Kapliński O.: Analiza cyklicznych procesów budowlanych w warunkach stochastycznych. Archiwum Inżynierii Lądowej 1/1973.
57. Krassowski K.: Projektowanie budowlane w Polsce i krajach Unii Europejskiej [w]: Dostosowanie polskich przepisów budowlanych do systemu obowiązującego w Unii Europejskiej. Materiały Konferencji w Mrągowie,

- 24-26 maja 2000. ITB, Warszawa 2000.
58. Kasprzyk T.: *Badania operacyjne w nowoczesnym zarządzaniu*. Warszawa 1974.
  59. Kapliński O., Stefański A.: *Metody sieciowe w organizacji i planowaniu budowy*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1978.
  60. Kondratowicz L.: *Modelowanie symulacyjne systemów*. WNT, Warszawa 1978.
  61. Kopociński B.: *Zarys teorii odnowy i niezawodności*. PWN, Warszawa 1973.
  62. Kopocińska I., Kopociński B.: *Wykłady z teorii kolejek, odnowy i niezawodności*. Wyd. WSE we Wrocławiu, Wrocław 1971.
  63. Kotyński S., Brawata W.: *Normowanie pracy w budownictwie*. Arkady, Warszawa 1961.
  64. Koźniewska I., Włodarczyk M.: *Modele odnowy, niezawodności i masowej obsługi*. PWN, Warszawa 1978.
  65. Lenkiewicz W., Michnowski Z., Wasilewski Z.: *Technologia robót budowlanych*. T. I., Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Warszawa.
  66. Lenkiewicz W. i inni: *Technologia robót budowlanych*. T. I., Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Warszawa 1980.
  67. Leszczyński J.: *Modelowanie symulacyjne w transporcie kolejowym*. WKŁ, Warszawa 1973.
  68. Lapiere Ł.: *Zmiany w ustawodawstwie mające wpływ na proces budowlany*. WACETOB, Warszawa 1997.
  69. Lapiere Ł.: *Błędy i problemy prawne w zawieraniu i wykonywaniu umów oraz składaniu zamówień publicznych na roboty budowlane*. WACETOB, Warszawa 1996.
  70. Lapiere Ł.: *Umowy w procesie budowlanym – komentarze, wzory umów*. Polskie Centrum Budownictwa, Warszawa 2000.

71. Lapiere Ł.: Prawo Działalności Gospodarczej i jego znaczenie dla zamówień i umów o roboty budowlane. Komentarz. Teksty ustaw. WACETOB, Warszawa 2000.
72. Lemke M., Pieróg J., Sielewicz O.: Jak wygrać przetarg – Poradnik. Rynek zamówień publicznych – Oferta sp. z o.o., Warszawa 1997.
73. Michnowski Z.: Organizacja i planowanie budowy. Elementy inżynierii systemów. T. II. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1989.
74. Miączyński A., Sobotka A.: Koncepcja metody projektowania mechanizowanych procesów produkcyjnych metodą symulacji. Przegląd budowlany, 8/1978.
75. Morgan Byron J. T.: Elements of simulation. Chapman and Hall, London 1984.
76. Mrozowicz J.: Modelowanie symulacyjne cyklicznych procesów budowlanych. XXVIII Konf. Nauk. KILiW PAN i KN PZITB, Krynica 1979.
77. Machała R.: Praktyczne zarządzanie finansami firmy. PWN, Warszawa 2000.
78. Minasowicz M.: System projektowania struktur organizacyjnych przedsiębiorstw budowlanych (praca doktorska). Politechnika Warszawska 1982.
79. Milian Z. L.: Organizacja robót ze wspomaganie komputerowym. Przygotowanie budowy wykonywanej nowoczesnymi technologiami. s. 55-74. Warszawskie Centrum Postępu Techniczno-Organizacyjnego, Warszawa 1998.
80. Mazurek K.: Badania marketingowe. Podstawowe metody i obszary zastosowań. AE, Wrocław 2002.
81. Miller W. T., Sutton R. S., Werbos P. J. (eds.): Neural Networks for Control, Cambridge, MA, MIT Press, 1990.

82. Von Neuman J.: Probabilistic Logics and the Synthesis of reliable Organisms for unreliable Components // Shannon and Mocarthy. *Automat Studies*. – Princeton: Princeton Univ. Press. 1956.
83. Norton J. P.: *An Introduction to Identification*, London, Academic Press, 1986.
84. Neumann J., Morgenstern O.: *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton University Press, Princeton 1947.
85. Perkowski P.: *Technika symulacji cyfrowej*. WNT, Warszawa 1980.
86. Piórecki S.: *Badanie czasu pracy i wpływu jego dyspersji na wydajność produkcji w budownictwie*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Rozprawy nr 59, Poznań 1973.
87. *Podstawy organizacji zarządzania i technologii w budownictwie*. Praca zbiorowa pod kierunkiem Z. Michnowskiego, Arkady, Warszawa 1985.
88. Pétieau A. M., Moreau A., Willaelys D.: *Tools for Approximate Reasoning in Expert Systems*. Proceedings of the TIMS/ORSA conference, Las Vegas, NV, 1990.
89. Osyczki A.: *Optymalne decyzje w nowoczesnym zarządzaniu*. Warszawa 1974.
90. Pytkowski W.: *Organizacja badań i ocena prac naukowych*. PWN, Warszawa 1985.
91. Rahman S. et al.: *An Expert System Based Algorithm for Short-term Load Forecast*. Proceedings PES Winter Power Meeting, 1987.
92. Rosenbrock H. H.: *Multivariable Circle Theorems*. In: D. J. Bell (ed): *Recent Mathematical Developments in Control*. London, Academic Press, 1972, pp. 345-365.
93. Rosenbrock H. H.: *Computer Aided Control System Design*. London, Academic Press, 1974.
94. Rumelhart D. E., McClelland J. L.: *Parallel Distributed Processing: Ex-*

- plications in the Microstructure of Cognition. Vols. 1 and 2. Cambridge, MA MIT Press, 1986.
95. Rowiński L.: Organizacja produkcji budowlanej. Arkady, Warszawa 1982.
  96. Sadowski W.: Teoria podejmowania decyzji. PWE, Warszawa 1973.
  97. Smirnow N. W., Dunin-Borkowski J. W.: Kurs rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej dla zastosowań technicznych. PWN, Warszawa 1973.
  98. Stefański R., Walczak J.: Technologia robót budowlanych. Arkady, Warszawa 1983.
  99. Strzałkowski A., Śliżyński A.: Matematyczne metody opracowania wyników pomiarów. PWN, Warszawa 1973.
  100. Spektor M.: Wybór optymalnych wariantów organizacji i technologii budownictwa. PWN, Warszawa 1990.
  101. Stabryła A.: Zarządzanie strategiczne. Organizacja i rozwój firmy. PWN, Warszawa 2000.
  102. Sadler D. R.: Numerical Methods for Nonlinear Regression. St. Lucia, University of Queensland Press, 1975.
  103. Safonov M. G.: Stability and Robustness of Multivariable Feedback Systems. Cambridge, MA, MIT Press, 1980.
  104. Sakagushi T. et al.: Prospects of Expert Systems in Power Systems Operation. Proceedings 9th Power Systems Computation Conference, 1987, Cascais, Portugal.
  105. Sanoff S. P. and Wellstead P. E.: Expert Identification and Control. Technical Report PB85-155562, National Technical Information Service, Springfield, VA, 1984.
  106. Shafer G.: Mathematical Theory of Evidence. Princeton, NJ, Princeton University Press, 1976.

107. Sadowski W.: Decyzje i prognozy. Warszawa 1977.
108. Sielewicz O.: Zmiany w ustawie o zamówieniach publicznych ze szczególnym uwzględnieniem robót budowlanych. WACETOB, Warszawa 1997.
109. Tanscheit R. and Scharf E. M.: Experiments with the Use of a Rule-based Self-organising Controller for Robotic Applications. Fuzzy Sets and Systems, 26(1988)195-214.
110. Trepczyński J.: Współzależności między rytmicznością a wydajnością produkcji prefabrykatów budowlanych. Praca magisterska napisana pod kierunkiem J. Bizon-Góreckiej. Bydgoszcz, 1983.
111. Waters D.: Zarządzanie produkcją. PWN, Warszawa 2000.
112. Wolfe H. B.: Systems Analysis and Urban Planning - The San Francisco Housing Simulation Model. Transactions of New York Academy of Science, seria II, czerwiec 1967, s. 1043-1049.
113. Van der Veen B.: Kompleksowa mechanizacja procesów budowlanych. Przegląd Budowlany, 10/1975.
114. Volk W.: Statystyka stosowana dla inżynierów. WNT, Warszawa 1973.
115. Yamazaki T. and Mamdani E. H.: On the Performance of a Rule-based Self-organising Controller. Proc. of IEEE Conf. on Applications of Adaptive and Multivariable Control, Hull, England, 1982, pp.50-55.
116. Zieliński R.: Metody Monte-Carlo. WNT, Warszawa 1970.