

Igor Arefyev¹

Modelowanie zadań podjęcia decyzji w zakresie zarządzania budownictwem okrętowym w oparciu o zależności grafomacierzowe

Wstęp

U podstaw projektowania modelu logistycznego procesu produkcyjnego leży pewna funkcja docelowa, która uwzględnia specyfikę obiektu i dzieli się na konkretne zbiory podcelów. Określenie i wybór takiego zbioru orientowany jest na oceny ekspertyzowe.

Na podstawie analizy ekspertyzowej ciągu związków między celem i podcelem wyznaczana jest macierz «cele - cele», która odzwierciedla logikę wykonywania operacji produkcyjnych i kierunki związków między nimi. Na podstawie tej macierzy powstaje nie uporządkowany wyjściowy graf procesu pozwalający oceniać strukturę procesu, jego właściwości technologiczne oraz wносить korekty zarówno w sam graf, jak i w macierz. Takie podejście uwarunkowane jest przez niemożność prostej formalizacji procedur podjęcia decyzji i wymaga ekspertyzy różnych form i modyfikacji. Rozwój zaproponowanej metody prowadzi do menu wyboru procedur podjęcia decyzji w zakresie zarządzania dyskretną produkcją, w tym również budownictwem okrętowym.

Treść

Każde podejście do rozwiązania zadań wsparcia i podjęcia decyzji w zakresie zarządzania dyskretną produkcją opiera się na poszukiwaniu hierarchii celów ciągu wykonywania kompleksu operacji: każdy z górnych poziomów sukcesywnie osiąga coraz bardziej znaczące dla danej produkcji cele zarządzania i realizuje konkretną decyzję.

Cele wyznaczone są ze średniej oczekiwanej oceny ekspertów. Wcześniejszy termin zakończenia wydarzenia „*i*” jest sumą czasu wykonywania wszystkich robót, wymagających najdłuższego czasu, prowadzącej od punktu wyjściowego (drogi początkowej) do punktu danego wydarzenia. Późny termin zakończenia wydarzenia „*i + 1*” jest różnicą między długością drogi krytycznej i drogi maksymalnej, prowadzących od danego wydarzenia do

wydarzenia końcowego.

Tak więc, każde wydarzenie ma trzy ustalone wartości w czasie [1]:

t_{on} – optymistyczny (wcześniejszy) czas dokonania wydarzenia,

t_{nc} – pesymistyczny (późniejszy) czas dokonania wydarzenia,

$t_{ns}(i) = t_{ns}(i)$ – najbardziej prawdopodobny (średni) lub planowany czas zakończenia operacji

$$t_{ns}(i) = \frac{3t_{on}(i) + 2t_{nc}(i)}{5}$$

Następny etap ekspertyzy polega na ocenie wartości znaczeniowej celów sporządzonego grafu i budowaniu początkowej tabeli celów (Rys. 1).

Określenie celów stanowi początkową listę przy kształtowaniu macierzy «cel-cel» dla wyboru wartości znaczeniowej każdej z nich w ogólnym systemie określenia celów i podjęcia decyzji w zakresie zarządzania (Tabela 1).

Tabela 1. Tabela celów

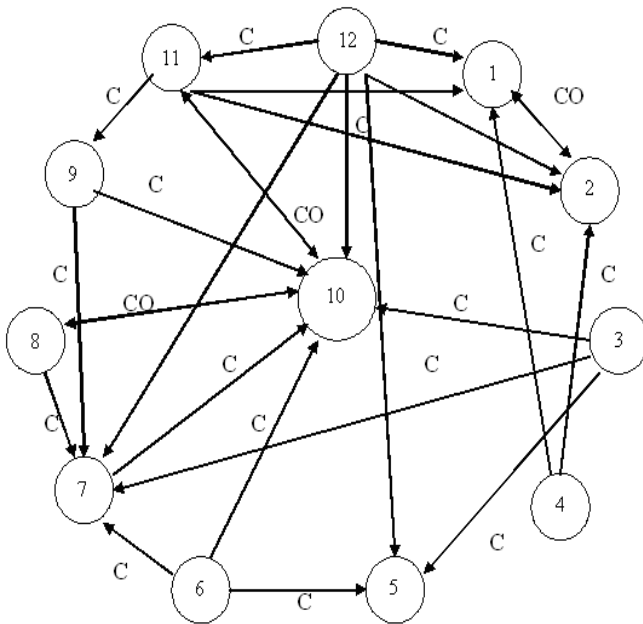
Numer celu	Treść celu	Zapewnia cele
1	2	3
1	Zapewnienie obliczenia i przedstawienia operatywnych danych	2,10
2	Codzienna kontrola obróbki detali	1,10
3	Ostateczny komunikat miesięczny, kwartalny, roczny	5,7, 10
4	Kontrola docelowego ukierunkowania pracy wydziałów	1,2, 10
5	Ocena wyprzedzenia (opóźnienia) harmonogramu	10
6	Utworzenie gwarancyjnego zapasu detali	5,7, 10
7	Określenie opóźnienia w zakresie ilości i pracochłonności	10
8	Wzrost wydajności produkcji	5,7, 10
9	Podwyższenie jakości produkcji	7,10
10	Zwiększenie ogólnej wielkości produkcji	8,11
11	Wzrost rentowności produkcji	1,2, 9,10
12	Zapewnienie rytmiczności produkcji	1,2, 5,7, 10,11

¹ prof. zw. dr hab. inż. Igor Arefyev, Akademia Morska w Szczecinie, Instytut Inżynierii Transportu

Podjęcie decyzja należy do ekspertów. W trakcie dalszych rozmyślań przyjęty został warunek wprowadzenia celów fikcyjnych.

Otrzymane dane zawarte w tabeli wyrażone są w logicznym systemie zerowym (0 - 1), gdzie kierunek związków między lokalnymi celami układu zarządzania określają wyjściowe i późniejsze stosunki między nimi co pozwoli określić globalny cel wykonywania kompleksu operacji (Tabela 2.).

Na podstawie otrzymanych danych Tabeli 2. zbudujemy uporządkowany (uszeregowany) graf celów (Rys. 2).



Rys. 1. Nie uporządkowany graf związków celów

Z – związki między elementami
Z – sprzężenia zwrotne

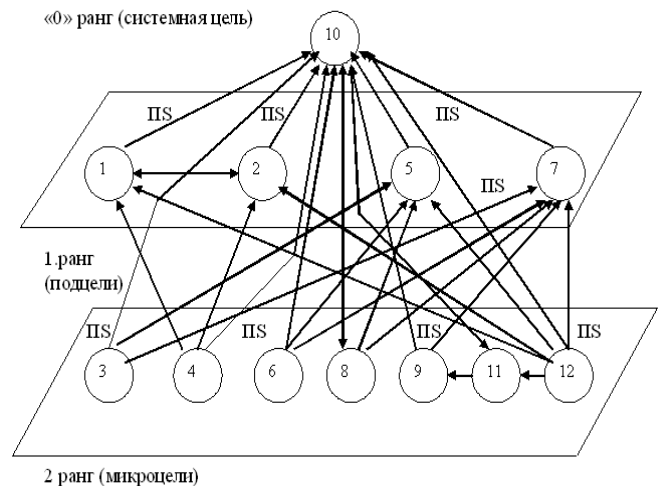
Z grafu Rys. 2. wyraźnie wynika, że cel 10 jest najważniejszy, ponieważ jego znaczenie ostateczne wśród elementów macierzy «cel - cel» jest największy w systemie związków i stosunków do lokalnych celów układu kierowniczego (11 pozycji). Oprócz tego, sama struktura grafu Rys. 1. również potwierdza ten wniosek ekspertów. Należy zauważyć, że szereg stosunków « cel-cel » posiada sprzężenia zwrotne (1 - 2), (6 - 7), (8 - 10). Takiego rodzaju zjawisko jest nie do przyjęcia dla systemu PERT. Te cele należy połączyć lub przy zastosowaniu pośredniej (fikcyjnej) operacji.

Z danych w Tabeli 2 i Rys. 1 nie trudno wyciągnąć wniosek już na początkowym etapie analizy, że jeśli z wydarzeniem 12 nie jest związany ani jeden lokalny cel zarządzania, to właśnie ten cel jest wyjściowym.

Tabela 2. Macierz cel-cel

I/I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		1								1		
2	1									1		
3					1		1			1		
4	1	1								1		
5										1		
6					1		1			1		
7										1		
8					1		1			1		
9							1			1		
10								1			1	
11	1	1							1	1		
12	1	1			1		1			1	1	

Z wydarzenia 10 nie wynika ani jeden z lokalnych celów (z wyjątkiem fikcyjnych), a więc to wydarzenie jest końcowe i ma największą wartość wśród związków między elementami.



Rys. 2. Nie uporządkowany graf związków celów

10 – cel końcowy (systemowy) (stopień „0”)

1,2, 5,7 – cele 1 stopnia

3,4, 6,8, 9,11, 12 – cele 2 stopnia

PS – położenie stopnia podziału celów

Analiza realizacji kompleksu celów wykazała obecność trzech stopni według znaczenia ich wykonywania: cele okresu początkowego (2 stopień), cele rozwoju procesu produkcyjnego (1 stopień) i jedno wydarzenie końcowe określające globalny (generalny) cel procesu zarządzania procesem produkcyjnym (cel 10).

Ocenę znaczenia celu lokalnego w modelu można obliczyć na podstawie wzoru (1).

$$\alpha_l = \frac{P_l \left(\sum_S \delta_{lS} P_S P_l \right)}{\sum_S P_l \left(\sum_S \delta_{lS} P_S + P_l \right)}, \quad (1)$$

$$\delta_{lS} = \begin{cases} 1, & \text{jeśli cel } l \text{ zapewnia cel } S; \\ 0, & \text{w przeciwnym przypadku.} \end{cases} \quad (2)$$

gdzie l – cele; P_l – poziom celu l w modelu sieciowym, zapewniający pracę S ; P_S – poziom celu S .

Stąd dla danego przykładu

$$\alpha_l P_1 = 3/4; \alpha_l P_2 = 3/16; \alpha_l P_3 = 1/16. \quad (3)$$

Każdy cel (cele) systemu realizowany jest przez odpowiednie funkcje zarządzania. Ogólnie określamy funkcję systemu jako właściwość integracyjną właściwość, opisującą dynamikę procesu produkcyjnego, który doprowadza do osiągnięcia celu wyznaczonego dla danego systemu zarządzania. Te cele otrzymały nazwę funkcji docelowych. W istocie funkcja systemowa wyznacza przekształcenie zestawu zmiennych wejściowych i wewnętrznych obiektu w zestaw zmiennych wewnętrznych dla realizacji procesu podjęcia decyzji. Wyznaczając wektory zmiennych wejściowych, wyjściowych i wewnętrznych (U, Y, V), przyjmujących określone wartości w zbiorach skończonych, można przedstawić proces osiągnięcia celu procesu produkcyjnego jako funkcję przejścia:

$$V(t+ta) = \Omega(V(t), U(t)) \quad (4)$$

gdzie ta – czas opóźnienia technologicznego,
 Ω – funkcja wskaźników wyjściowych procesu produkcyjnego, która określa przekształcenie wektorów $V(t)$, $U(t)$ i wektor stanów $Y(t)$.

Jednak we współczesnej produkcji wieloczynnikowej i wieloparametrycznej, gdy zestawy zmiennych wewnętrznych stanu obiektu zarządzania są różnorodne zarówno pod względem wskaźników podstawowych, jak i pod względem formalizacji ich modeli, okazuje się niezbędna analiza systemu zarządzania produkcją w wersji wielofunkcyjnej. Wystarczy określić podstawowe kierunki realizacji rozwiązań zarządzania we współczesnej produkcji, żeby zrozumieć, że połączenie zbiorów zarządzania systemowego « cel-funkcja » noszą

nader złożony charakter, słabo poddający się formalizacji przy pomocy metod tradycyjnych:

- planowanie techniczno-ekonomiczne,
- zarządzanie operacyjne,
- zaopatrzenie materiałowo-techniczne,
- ewidencja i sprawozdawczość (księgowość),
- ewidencja i analiza kadr (zasoby ludzkie),
- realizacja i zbyt produkcji,
- zarządzanie jakością,
- produkcje pomocnicze,
- transport.

Wyjściem z takiej sytuacji może być określenie podstawowej (głównej) funkcji, zapewniającej globalny cel stanu obiektu, nazwanej «funkcją docelową» podczas, gdy pozostałe stanowią ograniczenia w modelu ciągu ich realizacji [4].

Gdy określona jest kolejność realizacji funkcji i dana ocena znaczenia każdego celu dla funkcji i , najprostszą metodą wyznaczenia modelu «cele-funkcje» procesu produkcyjnego jest ocena ekspertyzy w postaci macierzy stosunku funkcji przejścia obiektu ze stanu w stan Ω (cel) i F (funkcja). Takiego rodzaju macierz zbudowana na podstawie ekspertyzy pokazuje jakie funkcje produkcyjne danego obiektu zapewniają osiągnięcie zadanych celów (Tabela 3.).

Współczynnik wartości funkcji oblicza się według wzoru

$$\gamma_i = \frac{\sum_{il} \delta_{il} \alpha_l}{\sum_{il} \delta_{il} \alpha_l} \quad (5)$$

gdzie α_l – ocena znaczenia celu funkcji i .

Z Tabeli 3 według współczynnika znaczenia funkcji γ_i wyrażnie wynika, które funkcje należy wykonać

w pierwszej, drugiej, trzeciej kolejności.

Zgodnie z warunkami systemu PERT, można zbudować graf « cele-funkcje », jednak w danym przypadku nie ma takiej potrzeby ze względu na oczywistość otrzymanego wyniku.

Przejdziemy do tworzenia macierzy « funkcje – zadania », która wykazuje realizacja jakiego kompletu zadań zapewnia decyzję wybranych funkcji (Tabela 4).

Tabela 3. Macierz cel-funkcje

Lp.	Funkcje	Cele											γ_i	
		1 st.	2 stopień					3 stopień						
		10	7	5	2	1	12	11	9	8	6	4		3
1	Planowanie międzywydziałowe	1	1	1	1	1						1		3 / 55
2	Opracowanie programu produkcyjnego		1	1	1	1						1	1	3 / 55
3	Opracowanie zestawu elementów wyrobu			1									1	1 / 55
4	Opracowanie norm czasu		1						1	1				1 / 37
5	Obliczenie składu kompletów wg grup		1	1	1	1				1	1	1	1	4 / 55
6	Obliczenie pracochłonności programu wydziału		1	1								1		1 / 37
7	Sporządzenie planu kwartalnego wykonania każdego typu elementów	1					1	1	1					2 / 55
8	Opracowanie zestawu elementów danego wyrobu		1	1		1			1	1	1			3 / 55
9	Opracowanie zbiorczego planu i harmonogramu		1	1		1			1	1	1			3 / 55
10	Planowanie wykonania elementów		1							1			1	1 / 35
11	Plan-harmonogram w rok		1	1	1	1			1	1	1	1	1	1 / 12
12	Rejestracja kompletowania		1	1	1	1			1	1	1	1	1	1 / 12
13	Sporządzanie specyfikacji		1	1	1	1			1	1	1	1	1	1 / 12
14	Komunikat o stanie produkcji		1	1					1	1	1	1	1	1 / 15
15	Obliczenie wykonania planu		1	1	1	1			1	1	1	1	1	4 / 55
16	Wykaz braków		1		1	1			1	1				1 / 22
17	Codzienny komunikat	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6 / 55

Skład zestawów zadań w przypadku operatywnego zarządzania budownictwem okrętowym podyktowany jest potrzebami przedsiębiorstwa. W danym przypadku badany system zarządzania zawiera w sobie 15 zadań:

- 1) kalendarzowo-planowe normatywy produkcji;
- 2) sporządzenie nomenklaturowego planu-harmonogramu produkcji dla wydziałów i produkcji mechanicznej;
- 3) międzywydziałowa ewidencja zaopatrzenia w podzespoły i detale;
- 4) określenie odchyleń od nomenklaturowego planu-harmonogramu;
- 5) obliczenie rocznego (kwartalnego) zapotrzebowania na podzespoły i detale normalizowane;
- 6) obliczenie planu nomenklaturowego;
- 7) ewidencja wykonania planu produkcji;
- 8) ewidencja rozchodu podzespołów i detali z magazynu i stan zaopatrzenia magazynowego;
- 9) obliczenie normatywów kalendarzowo-planowych produkcji seryjnej;
- 10) ilościowa ewidencja ruchu podzespołów i detali w produkcji podstawowej;
- 11) codzienna kontrola stanu kompletowania podstawowych wyrobów z określeniem odchylenia od planu zbiorczego;
- 12) kontrola stanu kompletowania towarowego wypuszczania nowych wyrobów;
- 13) obliczanie załadunku osprzętu grupowego w planowanym okresie na odcinku obróbki grupowej na wydziale mechanicznym;

14) obliczanie planu-harmonogramu wypuszczania podzespołów na odcinki obróbki grupowej na wydziale mechanicznym i ich wprowadzenie do produkcji;

15) obliczanie załadunku urządzeń wydziału młotów i pras kuźniczych.

Dla oceny znaczenia każdego zadania zastosujemy wzór:

$$\mu_k = \sum_i \delta_{ki} \gamma_i / \sum_{k,i} \delta_{ki} \gamma_i \quad (6)$$

Gdzie:

μ_k - współczynnik określający znaczenie zadania;

γ_i - wartość znaczeniowa funkcji,

δ_{ki} - funkcja rodzaju:

$$\delta_{ki} = \begin{cases} 1, & \text{jeśli funkcja } i \text{ zabezpiecza zadanie } k; \\ 0, & \text{w przeciwnym przypadku;} \end{cases}$$

Z Tabeli 4 wynika, że dla realizacji zadania 12 niezbędne jest uruchomienie jak największej liczby funkcji (15), a więc w następstwie ono jest najważniejsze w danym kompleksie zadań.

Tabela 4. Macierz Φ 2 funkcji zadania

k	Funkcje, i																	Wartość	μ_K
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
1	1		1			1	1	1			1				1			7	7/96
2	1	1				1					1		1	1		1	1	8	1/12
3		1			1			1	1		1	1		1	1			8	1/12
4			1							1						1		3	1/32
5					1						1					1	1	4	1/24
6			1			1			1			1		1		1		6	1/16
7					1						1				1		1	4	1/24
8					1						1				1		1	4	1/24
9								1				1				1		3	1/32
10	1	1	1		1				1			1	1	1		1	1	10	5/48
11		1	1		1				1			1	1	1		1	1	9	3/32
12	1	1	1		1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	15	5/32
13		1			1		1					1				1	1	6	1/16
14		1									1			1			1	4	1/24
15	1		1			1		1			1			1				6	1/16

Wyznamy sposobem grafo-macierzowym, stanowiącym podstawę systemu PERT, stosunek zbioru skończonego zadań produkcji do postawionych przed nią celów dla określenia roli każdego z nich w osiągnięciu odpowiednich celów, gdzie W – wartość (Tabela 5).

jaki środek jest niezbędny dla każdego ze sformułowanych zadań produkcji (Tabela 6):

- 1) ustala się środek określony dla wykonywania danego zadania,
- 2) ustala się środek podziału funkcjonalnego lub liniowego;

Tabela 5. Macierz cele - zadania

S	Zadania, i																	W	α_i^*
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
Cele	1			1							1	1	1		1		5	1/11	
	2			1							1	1	1	1			5	1/11	
	3							1			1		1				3	1/19	
	4	1				1						1	1				4	1/15	
	5			1								1	1	1	1		5	1/11	
	6		1		1			1						1			4	1/15	
	7		1	1								1	1	1		1	6	1/9	

Dla ostatecznego określania wszystkich celów i zadań obliczymy współczynnik wartości znaczeniowej celów:

$$\alpha_i^* = \frac{P_i^* \left(\sum_S \delta_{iS} \nu_S P_S^* + \nu_i P_i^* \right)}{\sum_i P_i^* \left(\sum_S \delta_{iS} \nu_S P_S^* + \nu_i P_i^* \right)} \quad (7)$$

gdzie $\nu_S = \{ \alpha_l, \mu_k \}$; δ_{iS} – elementy macierzy Φ .

Po wyodrębnieniu wszystkich celów i zadań zbudujemy macierz zadania – środki, która wskaże

- 3) dokonuje się wyboru niezbędnych środków dla zabezpieczenia wykonania danego zadania;
- 4) wyznacza się niezbędną ilość każdego rodzaju środka dla rozwiązania konkretnego zadania w czasie obliczeniowym.

$$F_i = \sum_k F_{ki}, F_k \max = \max_i \{ F_{ki} \} = 500 \cdot (8)$$

Tabela 6. pozwala określić:

- 1) w jakich zadaniach wykorzystywany jest dany środek;
- 2) maksymalna ilość niezbędnego środka;
- 3) rodzaj środka dla rozwiązania odpowiedniego zadania i.

Tabela 6. Macierz zadania - środki																
Rk	Zadania, i															F_k max
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
R ₁			20		23	23	5	5		51	20	53				200
R ₂		20		10	10	10	5	5	5	20		10		5		100
R ₃				5	7	7	5		5	10		1	5	5		50
R ₄										4		1	5			10
R ₅		10	10		10	10	5	5	5	15		20	5		5	100
R ₆	15											15		5	5	40
F	15	30	30	15	50	50	20	15	15	100	20	10	15	15	10	500

Rozpatrzenie wszystkich schematów, macierzy, grafów i tabel według zaproponowanej metodologii pozwala zbudować makromodel danego procesu produkcyjnego i dać prognozowaną ocenę jego zachowania [2]. Zmiana celów i stosunków w przypadku stworzenia analogicznego modelu dla innej wersji produkcji z nowymi danymi wywoła potrzebę wyznaczenia nowego wyjściowego grafu celów. Ale metodologia budowy makromodelu zostanie niezmienna, tzn. taka sama jak w rozpatrywanym wariancie. Nie trudno zauważyć, że otrzymane konstrukcje i obliczenia w pełni mogą być określone przez charakterystyki integralne lub bezpośrednio przez graf Gantta [3].

Wnioski

Modelowanie stanu i zachowania obiektów procesu produkcyjnego, systemów ich organizacji i zarządzania wyraźnie odnoszą się do klasy zadań wielu kryterialnych. Następująca komplikacja procesów produkcyjnych wynikająca z ciągłego postępu i rozwoju technologii, metod ekonomiczno-matematycznych, technik określania i opracowania informacji, know-how, współczesnego instrumentarium itp. wymaga odpowiedniego programowo-matematycznego zabezpieczenia w zakresie zarządzania kompleksem operacji, uwzględniających tę wielokryterialność procedur wspomagania i podejmowania decyzji. Taka sytuacja otwiera szerokie możliwości przed projektantami systemów informacyjnych zarządzania produkcją przemysłową formalizacji i integrowania procedur wspomagania i podejmowania decyzji w zakresie zarządzania i opracowania metod kontroli, oceny i prognozowania stanu obiektów w obszarze wielokryterialnym. W tym kierunku zaproponowana metoda może być jednym z perspektywicznych rozwiązań przy tworzeniu oprogramowania matematycznego ogólnych systemów ekspertyz i modeli procesów zarządzania produkcją przemysłową dyskretnego typu.

Streszczenie

W niniejszym opracowaniu zaproponowano metodę analitycznego formułowania procedury pomocy i podjęcia decyzji w systemie PERT w celu rozwiązywania zadań w zakresie zarządzania na przykładzie budownictwa okrętowego. Metoda może być stosowana w innych rodzajach przemysłu, podlegających kooperacyjnemu dyskretnemu opisowi wykonywania kompleksu operacji.

Abstract

In this paper, we propose a method of forming the analytical procedures and decision support in an environment of PERT for control problems on the example of shipbuilding. The method can be extended to other types of productions to be discrete description of operational performance a complex operation.

Literatura

1. Арефьев И.Б. *Прогнозирование и контроль состояния объекта управления в среде системы PERT (метод интегральных характеристик)*, СЗТУ, 2010. СПб. 305 с.
2. Arefyev I. *Diagnostik and conditio estimation process of construction of the ship on sistem PERT on the basis of integrated characteristics*. "Logistyka", 2010, 6/2010, p. 19 (1-14)
3. Arefyev I. *Model zarządzania procesem produkcyjnym na bazie charakterystyki integralnej*. Szczecin, AM, Zeszyty Naukowe N 9 (81), 2005, s. 9-19
4. *Системный анализ*. (ред. Козлов В.Н., Волкова В.Н.), ВШ, 2004, М., 614 с.