

przypadkowych. Przy prognozowaniu daje to nadzieję na zwiększenie trafności prognozy.

METODA WAG HARMONICZNYCH JAKO CZĘŚĆ SYSTEMU WSPOMAGANIA PODEJMOWANIA DECYZJI W ZAKRESIE PRODUKCJI PRZEDSIĘBIORSTWA.

Aneta Małek

Politechnika Częstochowska, Polska.

Wprowadzenie

W gospodarce rynkowej decyzje dotyczące rodzaju i wielkości działalności, wyboru rynków zaopatrzenia i zbytu, cen sprzedaży, technologii itp. podejmuje samodzielny podmiot gospodarczy jakim jest przedsiębiorstwo. W procesie podejmowania decyzji przyszłość jest brana pod uwagę ze względu na warunki, w jakich decyzja będzie realizowana, jak i skutki tej decyzji. Każda decyzja gospodarcza, dotycząca zarówno bieżącej działalności przedsiębiorstwa, jak i jego zamierzeń rozwojowych opiera się na przewidywaniach obarczonych zawsze pewną dozą niepewności. Nie można bowiem w sposób absolutnie pewny ustalić, jak ukształtują się poszczególne czynniki, mające wpływ na obecnie podejmowane decyzje w przyszłym czasie. Niepewność ta wzrasta wraz z wydłużaniem się przedziału czasowego. Warunek maksymalizacji zysku sprawia, że przedsiębiorstwa muszą podejmować decyzje dotyczące wyboru struktury asortymentowej produkcji, metod wytwarzania, perspektyw rozwoju oraz inwestycji w sposób racjonalny, oparty na rachunku ekonomicznym. Pomocnym narzędziem w podejmowaniu decyzji są prognozy ekonometryczne, które dostarczają informacji o przyszłych wartościach zmiennej objaśnianej z uwzględnieniem jej zmian w czasie bądź związków przyczynowo-skutkowych ze zmiennymi objaśniającymi. Ważną klasę modeli stanowią modele adaptacyjne, wśród których wyróżniono metodę wag harmonicznycy, metodę średnich ruchomych i metodę wygładzenia wykładniczego.

Postępowanie prognostyczne oparte na podstawie tych modeli zakłada, że rozwój zjawiska gospodarczego w czasie może być segmentowy, tzn. gładki tylko w pewnych przedziałach.

Zadania prognostyczne w przedsiębiorstwie

Decydowanie jest procesem dokonywania nielosowych wyborów w sprawie celów i sposobu ich realizacji. W procesie decydowania wyróżnia się na ogół cztery etapy:

- a) zgromadzenie i przetwarzanie informacji
- b) analiza zasobów informacji w celu opisu problemu wymagającego decyzji
- c) projektowanie wariantów rozwiązań
- d) wybór jednego z wariantów, czyli podjęcie decyzji.

Proces decyzyjny jest ściśle związany z systemem informacyjnym, który może być zasilany przez krótko-, średnio-, długoterminowe prognozy dotyczące:

- ogólnego popytu na możliwe do wytwarzania przez przedsiębiorstwo produkty, popytu na poszczególnych segmentach rynku, ogólnych warunków ekonomicznych, zmian technologii, działań konkurentów, a także prognozy podstawowych zmiennych wewnętrznych, np. produkcji, kosztów, kadr, zysku, wyposażenia w maszyny i urządzenia (prognozy te wspierają działalność zarządu przedsiębiorstwa określającego ogólny cel działalności firmy)
- popytu globalnego według segmentów rynku i wyrobów oraz sprzedaży w tych samych przekrojach (wspierają decyzje podejmowane przez dział marketingu)
- sprzedaży, wyposażenia przedsiębiorstwa w maszyny i urządzenia, wykonywania remontów i konserwacji, zaopatrzenia materiałowego i energetycznego, zapotrzebowania na pracowników, produkcji odpadów i emisji zanieczyszczeń gazowych i pyłowych (prognozy tych wielkości wykorzystuje dział przygotowania produkcji do sporządzenia planów wielkości i struktury produkcji)
- kosztów działalności gospodarczej, tzn. kosztów przychodów i wydatków całkowitych wraz z ich strukturą, wyników finansowych, płynności finansowej, przepływów gotówkowych (prognozy dla działu finansowego)
- zapotrzebowania na pracowników z uwzględnieniem ich kwalifikacji, zwolnień pracowników ze względu na restrukturyzację przedsiębiorstwa bądź odejść pracowników na emeryturę czy urlopy macierzyńskie, absencji (prognozy dla działu osobowego).

Ten krótki przegląd zadań prognostycznych pokazuje, że istnieje zależność między prognozami (ustalenie jednych z nich pozwala na znalezienie innych) oraz, że niektóre prognozy wykorzystuje się wielokrotnie w różnych działach. (Więcej informacji na ten temat można znaleźć w [1]).

Modele adaptacyjne

Ze względu na walory poznawcze modele adaptacyjne są zbliżone do klasycznych modeli tendencji rozwojowej, opisują bowiem kształtowanie się zmiennej endogenicznej w czasie, bez wnikania w mechanizmy przyczynowo-skutkowe jej rozwoju. Istnieje jednak zasadnicza różnica przemawiająca na korzyść modeli adaptacyjnych, związana z faktem, iż klasyczne założenia predykcji ilościowej sprowadzają się do bardzo krępującego postulatu niezmienności mechanizmu rozwojowego badanych zjawisk. Wnioskowanie stosujące klasyczne modele tendencji rozwojowej i modele przyczynowo-skutkowe wiąże się ze znacznym ryzykiem, iż prognozy będą oparte na modelu, którego parametry strukturalne nie odzwierciedlają już rzeczywistych relacji ilościowych między poszczególnymi zmiennymi, czego następstwem są większe błędy budowanych prognoz (przyczyną błędnych prognoz może być też zmiana zbioru zmiennych objaśniających bądź zmiana postaci analitycznej modelu). Modele adaptacyjne uwzględniają ewentualną niestałość struktury ekonomicznej i możliwość zmian parametrów w czasie. Duża elastyczność modeli adaptacyjnych, umożliwiająca ujęcie nieregularnych zmian w

składowych szeregu czasowego, czyni z nich wygodne narzędzie budowy prognoz krótkookresowych. Realistyczne założenia (założenie stacjonarności rozkładu błędów prognozy) i względnie duża dokładność prognoz, a także prostota obliczeń numerycznych sprawiły, że procedura ta znalazła zastosowanie w tworzeniu prognoz gospodarczych. Wśród modeli adaptacyjnych możemy wyróżnić:

1. model średnich ruchomych
2. model wyrównania wykładniczego
3. model wag harmonicznycch.

Metoda wag harmonicznycch

Metoda wag harmonicznycch uwzględnia istotny problem, jakim jest zjawisko starzenia się informacji. Postulat ten głosi, że wpływ nowszych danych na wartość prognozy powinien być większy niż danych starszych. W metodzie wag harmonicznycch można wyróżnić dwa niezależne etapy:

- wyrównanie szeregu czasowego za pomocą trendu pełzającego (ze stałym bądź zmiennym segmentem wygładzania)
- ekstrapolację trendu metodą wag harmonicznycch.

Trend ruchomy (pełzający) wykorzystuje się do opisu kształtowania zjawisk w czasie wówczas, gdy charakteryzują się one nieregularnymi zmianami. Nie zakłada się tutaj postaci analitycznej funkcji trendu. Procedura wyznaczania trendu ruchomego sprowadza się do wygładzania szeregu czasowego o długości n wyrazów, przy czym zakłada się, że szereg czasowy jest wystarczająco długi ($n > 10$).

Dla danego szeregu czasowego y_1, y_2, \dots, y_n oraz arbitralnie ustalonej stałej wygładzania

$k < n$ szacuje się za pomocą metody najmniejszych kwadratów na podstawie kolejnych fragmentów szeregu :

$$y_1, y_2, \dots, y_k,$$

$$y_2, y_3, \dots, y_{k+1}$$

$$\dots$$

$$y_{n-k+1}, \dots, y_n$$

parametry liniowych funkcji trendu.

Niech będą to funkcje:

$$f_1(t) = a_1 + b_1 t \quad \text{dla } 1 \leq t \leq k \quad (1)$$

$$f_2(t) = a_2 + b_2 t \quad \text{dla } 2 \leq t \leq k+1 \quad (2)$$

$$\dots$$

$$f_{n-k+1}(t) = a_{n-k+1} + b_{n-k+1} t \quad \text{dla } n-k+1 \leq t \leq n. \quad (3)$$

Dla dowolnego t ($1 \leq t \leq n$) wartością y_t odpowiadają wygładzone wartości (wartości teoretyczne) otrzymane za pomocą niektórych spośród podanych wyżej funkcji $f_j(t) = a_j + b_j t$ ($j=1, \dots, n-k+1$).

Są to te funkcje, dla których:

$$d(t) \leq j \leq g(t) \text{ gdzie:}$$

$$d(t) = \begin{cases} 1 & \text{dla } t = 1, \dots, k \\ t - k + 1 & \text{dla } t = k + 1, \dots, n \end{cases} \quad (4)$$

$$g(t) = \begin{cases} t & \text{dla } t = 1, \dots, n - k + 1 \\ n - k + 1 & \text{dla } t = n - k + 2, \dots, n \end{cases}$$

Interpretacja wielkości $d(t)$ i $g(t)$ jest następująca:

$d(t)$ – wyznacza dla określonego t numer pierwszego segmentu wykorzystywanego do obliczania wartości trendu w momencie t ;

$g(t)$ – wyznacza dla określonego t numer ostatniego segmentu wykorzystywanego do obliczenia wartości trendu w momencie t .

Ostatecznym wygładzeniem dla okresu t są średnie wartości wszystkich takich wygładzeń $f_j(t)$, tzn.:

$$\bar{y}_t = \frac{1}{1 + g(t) - d(t)} \sum_{j=d(t)}^{g(t)} f_j(t), \quad (5)$$

przy czym jakość wygładzenia zależy w dużym stopniu od trafnego doboru stałej wygładzenia k . Przy zbyt dużej stałej wygładzenia można doprowadzić do nadmiernego wygładzenia aproksymowanego szeregu czasowego, co zmniejsza wpływ czynników losowych obniżając jakość procesu wnioskowania w przyszłość. Zbyt mały parametr wygładzania k może powodować silne skorelowanie między aproksymantą a wartościami szeregu czasowego, co oznacza, że filtracja składnika losowego będzie niedostateczna (nie uda się wyeliminować wahań przypadkowych).

Łącząc kolejne punkty (t, y_t) odcinkami liniowymi, otrzymuje się wykres tendencji rozwojowej szeregu czasowego w postaci funkcji segmentowej, zwanej trendem pełzającym.

Miarą jakości dopasowania trendu segmentowego do danych empirycznych może być np. współczynnik korelacji liniowej między empirycznym szeregiem czasowym a wygładzonym, czyli tzw. współczynnik koherencji c_k rzędu k -tego:

$$c_k = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})(\bar{y}_t - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2 \sum_{t=1}^n (\bar{y}_t - \bar{y})^2}} \quad (6)$$

gdzie: \bar{y} i \bar{y}_t wartości średnie odpowiednio szeregu czasowego i aproksymanty segmentowej.

Współczynnik koherencji przyjmuje wartości z przedziału $[0,1]$. Wartości c_k bliskie jedynki świadczą o dobrym dopasowaniu trendu pełzającego do danych empirycznych. W [7] zdefiniowano współczynnik redukcji Δ_k pozwalający również określić jakość trendu pełzającego:

$$\Delta_k = 1 - \frac{\sum_{t=2}^n (\bar{y}_t - \bar{y}_{t-1})^2}{\sum_{t=2}^n (y_t - y_{t-1})^2} \quad (7)$$

Współczynnik redukcji przyjmuje wartość zero tylko wtedy, gdy Średniokwadratowe wahania szeregu czasowego i trendu pełzającego będą sobie równe. Zwykle wraz ze wzrostem parametru wygładzania k rośnie współczynnik Δ_k (praktycznie się przyjmuje, że powinien on spełniać warunek $0,1 \leq \Delta_k \leq 0,8$), natomiast maleje współczynnik c_k . Z warunku $c_k = \Delta_k$ wyznacza się wartość parametru wygładzania k . Oszacowany model trendu pełzającego ze stałym segmentem wygładzania może być podstawą przewidywania przyszłych wartości prognozowanej zmiennej. W literaturze (patrz [7]) spotykamy metodę trendu pełzającego ze zmiennym segmentem wygładzania, w której przyjmuje się, że długość segmentów, na których podstawie wyznacza się trendy liniowe, może być różna.

W celu ekstrapolacji modelu w przyszłość należy zastosować następujący algorytm, zwany metodą wag harmonicznych:

1. Oblicza się przyrosty trendu ruchomego:

$$w_{t+1} = \bar{y}_{t+1} - \bar{y}_t, \quad t = 1, \dots, n-1 \quad (8)$$

2. Określa się wartość średnią tych przyrostów:

$$\bar{w} = \sum_{t=1}^{n-1} C_{t-1}^n w_{t+1} \quad (9)$$

gdzie C_{t-1}^n to wagi harmoniczne realizujące postulat postarzania informacji. Nadawane są one przyrostom w taki sposób, aby najstarsze miały najmniejsze znaczenie, najnowsze zaś największe.

3. Wagi harmoniczne są zdefiniowane następująco:

$$C_{t-1}^n = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^t \frac{1}{n-i} \quad \text{dla } t = 1, \dots, n-1. \quad (10)$$

Wagi te są liczbami dodatnimi z przedziału $(0,1)$, o sumie równej jedności. Można podać wiele propozycji wag spełniających poprzednio wymienione warunki. Najczęściej wykorzystuje się: wagi harmoniczne (ściśle rosnące wraz ze wzrostem t), wagi liniowe (przyrosty wag są stałe), wagi kwadratowe oraz wagi wykładnicze (wagi te skonstruowane są na podstawie ciągu geometrycznego). Dobór typu wag zależy od charakteru prognozowanej zmiennej.

4. Wyznacza się odchylenie standardowe przyrostów trendu pełzającego, ważonych wagami harmonicznymi:

$$s_w = \sqrt{\sum_{t=1}^{n-1} C_{t-1}^n (w_{t+1} - \bar{w})^2} \quad (11)$$

5. Przez „doklejenie” do ostatniego punktu trendu pełzającego (n, \bar{y}_n) prostej o nachyleniu \bar{w} dokonuje się ekstrapolacji trendu. Prognozę punktową na okres lub moment τ wyznacza się według wzoru:

$$y_{\tau,p} = \bar{y}_n + (\tau - n)\bar{w} \quad \text{dla } \tau = n+1, \dots, n+h. \quad (12)$$

6. Dla zadanej wiarygodności prognozy β konstruuje się przedział prognozy:

$$P\{y_{\tau,p} - u_{\tau} s_w \leq y_{\tau} \leq y_{\tau,p} + u_{\tau} s_w\} = \beta \quad (13)$$

gdzie:

$$u_r = u \sum_{i=1}^r C_{n-t+1}^n \quad n < r \leq 2n - 1 \quad (14)$$

u – współczynnik wyznaczany, w zależności od rozkładu przyrostów trendu pełzającego, z nierówności Czebyszewa, z tablic rozkładu normalnego lub tablic rozkładu t-Studenta. Rozpiętość przedziału prognozy zależy od: wiarygodności prognozy, rozkładu przyrostów trendu pełzającego oraz od numeru momentu lub okresu, na który jest budowana prognoza.

Prognoza liczby abonentów telefonii przewodowej

Liczbę abonentów telefonii przewodowej (w tys. osób) w Polsce w latach 1985 – 1997 przedstawia tabela 1:

Tabela 1

LATA	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Abonenci	2480	2625	2774	2953	3121	3293	3565	3938	4416	5006	5728	6532	7465

Źródło: Roczniki statystyczne GUS 1991, 1996, 1998

1) Otrzymano następujące równania trendu pełzającego dla okresu wygładzenia $k=3$:

$$\begin{aligned}
 f_1(t) &= 2332,333 + 147,000t & t &= 1,2,3 \\
 f_2(t) &= 2292,000 + 164,000t & t &= 2,3,4 \\
 f_3(t) &= 2255,333 + 173,500t & t &= 3,4,5 \\
 f_4(t) &= 2272,333 + 170,000t & t &= 4,5,6 \\
 f_5(t) &= 1994,333 + 222,000t & t &= 5,6,7 \\
 f_6(t) &= 1341,167 + 322,500t & t &= 6,7,8 \\
 f_7(t) &= 569,000 + 425,500t & t &= 7,8,9 \\
 f_8(t) &= -352,667 + 534,000t & t &= 8,9,10 \\
 f_9(t) &= -1510,000 + 656,000t & t &= 9,10,11 \\
 f_{10}(t) &= -2637,670 + 763,000t & t &= 10,11,12 \\
 f_{11}(t) &= -3847,000 + 868,500t & t &= 11,12,13.
 \end{aligned}$$

Obliczenia pomocnicze przy wyznaczaniu wygładzonych wartości szeregu czasowego przedstawia tabela 2:

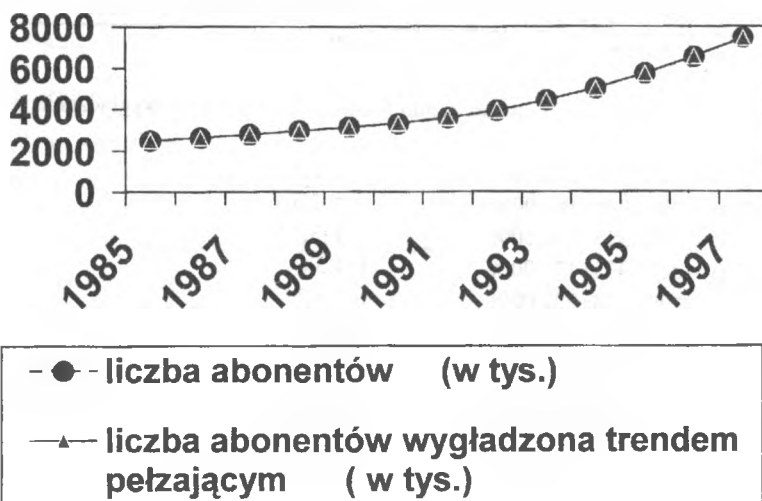
Tabela 2

T	$f_1(t)$	$f_2(t)$	$f_3(t)$	$f_4(t)$	$f_5(t)$	$f_6(t)$	$f_7(t)$	$f_8(t)$	$f_9(t)$	$f_{10}(t)$	$f_{11}(t)$	\bar{y}_t
1	2479											2479
2	2626	2620										2623
3	2773	2784	2776									2778
4		2948	2949	2952								2950
5			3123	3122	3104							3117
6				3292	3326	3276						3298

7				3548	3599	3548						3565
8					3921	3973	3919					3938
9						4399	4453	4394				4415
10							4987	5050	4992			5010
11								5706	5755	5707		5722
12									6518	6575		6547
13										7444		7444

Źródło: Obliczenia własne na podstawie danych z tabeli 1

Liczba abonentów telefonii przewodowej w Polsce w latach 1985-97



Na wykresie 1 przedstawiłam empiryczny i wygładzony metodą trendu poruszającego szereg czasowy liczby abonentów telefonii przewodowej w Polsce w latach 1985-1997.

Współczynnik koherencji w tym przypadku wynosi 0,9999, co świadczy o bardzo dobrym dopasowaniu trendu poruszającego do danych empirycznych. Stosując metodę wag harmonicznych określe prognozę liczby abonentów telefonii przewodowej na rok 1998,1999 i 2000.Obliczenia pomocnicze zawiera tabela 3:

Rok 1998 to 14 okres obserwacji, zatem przewidujemy, że w 1998 roku liczba abonentów telefonii przewodowej w Polsce wyniesie $y_{14} = 7444+(14 - 13)631,771=8075,771$ tysiąca osób.

W roku 1999 liczba abonentów wyniesie 8707,542 tys. osób, natomiast w 2000 roku 9339,313 tys. osób.

Tabela 3

T	y_t	w_{t+1}	C_{t+1}^n	$C_{t+1}^n w_{t+1}$
1	2479	-	-	-
2	2623	144	0,007	1,008
3	2778	155	0,014	2,17
4	2950	172	0,023	3,956
5	3117	167	0,032	5,344
6	3298	181	0,043	7,783
7	3565	267	0,054	14,418
8	3938	373	0,068	25,364
9	4415	477	0,085	40,545
10	5010	595	0,106	63,07
11	5723	713	0,134	95,542
12	6547	824	0,175	144,2
13	7444	897	0,259	232,323

Źródło: Obliczenia własne

$w = 631,771$

Podsumowanie

Uzyskane metodą wag harmonicznych krótkookresowe bądź średniookresowe prognozy są z reguły bardzo dokładne. Ze względu na brak założenia o stałości postaci analitycznej funkcji trendu i jej parametrów metoda ta jest bardzo przydatna, zwłaszcza wtedy, gdy prognozujemy kształtowanie się zmiennych endogenicznych charakteryzujących się dużą nieregularnością i częstymi załamaniem trendu. Właśnie taką nieregularność wykazują zjawiska ekonomiczne, dla których klasyczne modele tendencji rozwojowej (zakładające ciągłość badanego zjawiska w czasie oraz niezmiennosc postaci analitycznej trendu dla całego okresu obejmującego analizowaną przeszłość oraz przewidywaną przyszłość) dają prognozy obarczone dużym błędem. Zjawiska ekonomiczne podlegają prawu starzenia się informacji, które zostało uwzględnione w modelach trendu pełzającego. Prognozy są częścią systemu wspomagającego proces decyzyjny (pomagają dokonać trafnej oceny szans rynkowych przedsiębiorstwa oraz uniknąć ewentualnego zagrożenia) i jako takie są stosowane w większości przedsiębiorstw amerykańskich i zachodnioeuropejskich. Prognozy są również coraz częściej opracowywane i wykorzystywane w polskich przedsiębiorstwach, zwłaszcza, że szczególnie ważną rolę w zarządzaniu przedsiębiorstwem odgrywa prognoza sprzedaży, która jest podstawą podejmowania decyzji w zakresie produkcji, zaopatrzenia, zapasów, finansów, siły roboczej itd.

Literatura

1. Cieślak M., Prognozowanie gospodarcze. Metody i zastosowania., Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997
2. Goryl A., Jędrzejczyk Z., Kukuła K., Osiewalski J., Walkosz A., Wprowadzenie do ekonometrii w przykładach i zadaniach., Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1999
3. Kaczmarzyk B., Sikorski Cz., Podstawy zarządzania. Zachowania organizacyjne., Absolwent, Łódź 1995
4. Malina A., Pawełek B., Wanat S., Zeliaś A., Statystyczne metody oceny ryzyka w działalności gospodarczej., Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków 1998
5. Milewski R., Elementarne zagadnienia ekonomii., Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997
6. Nowak E., Zarys metod ekonometrii., Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997
7. Siedlecka U., Prognozowanie ostrzegawcze w gospodarce., Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1996
8. Zeliaś A., Teoria prognozy., Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1997
9. Rocznik statystyczny 1996, Tabela 32 (591), str. 448 – Abonenci telefoniczni i teleksowi, Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa 1996
10. Rocznik statystyczny 1998, Tabela 29 (454), str. 400 – Abonenci telefoniczni, teleksowi oraz aparaty telefoniczne. Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa 1998
11. Rocznik statystyczny 1991, Tabela 5 (521), str. 376 – Abonenci telefoniczni i teleksowi, Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa 1991

МОБИЛЬНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ И ТРАНСГРАНИЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Е.И. Ерошенко

Брестский политехнический институт, Республика Беларусь

Переход к экономике высшей организации и эффективности предъявляет новые возросшие требования к методам и направлениям функционирования предприятий Республики Беларусь. Большое значение в наше время уделяется расширению внешнеэкономических связей. Выгодное географическое положение позволяет раскрыть потенциал республики в этом направлении не только за счет углубления связей, но и за счет выхода белорусских производителей на зарубежные рынки в качестве полноправных партнеров.

Предприятия строительного комплекса при осуществлении качественного изменения состояния отрасли способны не только обеспечить необходимый уровень строитель-