

де  $i = 6, 7$ ;  $D_i$  – частка оптового ринку, яка припадає на виробників  $i$ -тої групи.

$$D_i = \beta_i u_i \left[ \sum_{j=6}^7 \beta_j u_j \right]^{-1}; (i = 6, 7).$$

Швидкість зміни заощаджень  $u_8$  власників великих посередницьких торгових підприємств пропорційна різниці між їх доходом, від збуту товару на споживчому ринку та видатками на особисте споживання, на купівлю товарів на оптовому ринку і на виробничі потреби.

$$\frac{du_8}{dt} = \frac{1}{n_8} \sum_{j=0}^8 p_b Q_b(\alpha_i u_i / p_b) - p_a Q_a(\beta_i u_i / p_a) - p_b Q_b(\alpha_8 u_8 / p_b) - \frac{n_5}{n_8} [s_5(1 + \kappa_1) + (\lambda_8 + \kappa_2 + 1) F_b(\beta_8 u_8 / p_b)] \quad (3)$$

Швидкість зміни ціни товару на оптовому ринку  $p_a$  залежить від різниці обсягами попиту на нього та його пропозиції:

$$\frac{dp_a}{dt} = \theta_a \left[ \sum_{i=6}^7 n_{i-3} n_i F_a(\beta_i u_i / p_a) - n_8 Q_a(\gamma_8 u_8 / p_a) \right], \quad (4)$$

де  $\theta_a$  – параметр інерційності оптового ринку.

Швидкість зміни ціни товару на споживчому ринку  $p_b$  пропорційна різниці між попитом на нього та обсягами його пропозиції посередницькими підприємствами:

$$\frac{dp_b}{dt} = \theta_b \left[ \sum_{i=0}^8 n_i Q_a(\alpha_i u_i / p_a) - n_8 F_b(\beta_8 u_8 / p_b) W(t) \right], \quad (5)$$

де  $\theta_b$  – параметр інерційності споживчого ринку.

Система рівнянь (1)-(5) описує динаміку заощаджень учасників економіки  $u_i (i = \overline{0, 8})$  та ціноутворення на оптовому і споживчому ринках  $p_i (i = a, b)$ . Рівняння (1)-(5) мають єдиний розв'язок при початкових умовах

$$u_i^0 = u_i(t_0) \quad (i = \overline{0, 8}); p_i^0 = p_i(t_0) \quad (i = a, b). \quad (6)$$

Модель (1)-(6) відображає процеси ціноутворення, в яких ціна товару істотно залежить від нестационарного планового впливу  $W(t)$  постачальників товару на споживчий ринок. Розроблена модель слугує основою для дослідження такого нестационарного впливу на споживчий ринок.

При обґрунтуванні функції  $W(t)$  було описано особливості формування надприбутку торгових посередників від планового збурення обсягів постачання. Зауважимо, що описаний нестационарний вплив на ціноутворення має істотний негативний вплив на економіку країни. Він призводить до збіднення (навіть спустошення) заощаджень більшості груп населення країни, викликає дестабілізацію психоемоційного стану значної частини населення, це зміщує стереотип поведінки більшості людей. Державний дозвіл (а навіть протегування) описаної монополістської нестационарної дестабілізації має руйнівний вплив на інші галузі (сектори) економіки, відвертаючи від них кошти споживачів. У моделі (1)-(6) покладено припущення, що посередники постачають

продукцію від національних виробників. Втім, насправді вони імпортують товар від іноземних виробників. З цього стає зрозуміло, що постачання споживчих товарів з "рівномірним в часі" (повсякчасним) попитом (до яких належать харчові продукти з невисоким ступенем перероблення) пов'язане з суб'єктивним плановим "розхитуванням" ціни цих товарів з метою отримання специфічного надприбутку, описаного вище. Задача державного регулювання економіки полягає в тому, щоб запобігти таким плановим збуренням ринку. Адже вони, повторимо, спустошують заощадження більшості громадян, котрі і без того не перевищують потреб прожиткового мінімуму.

З розробленої моделі випливає, що для запобігання такій дестабілізації ціноутворення на споживчому ринку необхідно стимулювати аграрних виробників до стабільної структури посівів, контролювати маркетингові плани монополістичних постачальників товарів на споживчі ринки, стежити за торговими зв'язками ринкових посередників з іноземними виробниками, запобігати інформаційним акціям, спрямованим на формування тимчасового ажіотажного попиту на споживчі товари.

## Література

1. Буйак Л.М. Модель впливу державного регулювання на стан перехідної економіки / Л.М. Буйак, В.К. Паучок // Економіст : наук. журнал. – 2009. – № 11. – С. 46-50.
2. Чернавский Д.С. О проблемах физической экономики / Д.С. Чернавский, Н.И. Старков, А.В. Щербаков // Успехи физических наук : журнал. – 2002. – Т. 172, № 9. – С. 1945-1066.

### Буйак Л.М., Кулына Н.В., Паучок В.К. Математическая модель планового влияния на цену потребительского товара в рыночной экономике

Описана математическая модель планового влияния торговых посредников на цену потребительских товаров. Показано, что такое влияние снижает покупательскую способность потребителей ниже прожиточного минимума, дает сверхприбыли торговым посредникам.

**Ключевые слова:** рыночная экономика, ценообразование, оптовая цена, розничная цена, товароснабжение, экономико-математическое моделирование, физическая экономика.

### Buyak L.M., Kulyna N.V., Pauchok V.K. Mathematical model of the planned impact on the price of consumer goods in a market economy

The mathematical model of the planned influence of point-of-sale mediators is described on the cost of consumer goods. It is retined that such influence on pricing diminishes purchasing power of consumer below living wage and gives superprofit point-of-sale mediators.

**Keywords:** market economy, pricing, wholesale price, suggested retail price, supply, mathematical design, physical economy.

УДК 004.2:537.86 Ст. наук. співроб. Л.А. Блонський, канд. фіз.-мат. наук – Львівський кооперативний коледж економіки і права

## РАДИОФІЗИЧНИЙ АСПЕКТ КОМП'ЮТЕРНОЇ АРХІТЕКТУРИ

Розглянуто радіофізичний аспект архітектури комп'ютера, що враховує спектр електромагнітних сигналів складових частин, їх взаємозв'язок, синхронізацію робочих частот, узгодженість продуктивності, використання бездротових комп'ютерних комунікацій та їх вплив на довкілля.

**Ключові слова:** архітектура комп'ютера, радіофізичний підхід, синхронізація робочих частот, електромагнітне випромінювання, бездротові комп'ютерні комунікації.

Панівний сьогодні підхід до комп'ютерної архітектури склався історично як до радіоелектронного приладу, призначеного для вирішення завдань обчислювальної математики і пройшов при цьому достатньо довгий шлях еволюції. Успішно реалізуючи принцип відкритої архітектури, учасники цього процесу – здебільшого прикладні математики та електроніки – головну увагу зосередили на технологічному вдосконаленні обчислювальних можливостей комп'ютера та його складових вузлів, залишаючи дещо осторонь системний, зокрема синергетичний [1], підхід до досліджуваного об'єкта загалом, який властивий спеціалістам з проектування радіоелектронних систем – радіоінженерам та радіофізикам. При цьому разом із розвитком елементної бази та ускладненням комп'ютерної схемотехніки виникли і труднощі у проектуванні цілісно оптимальної архітектури комп'ютера [2, 3], пов'язані із недооцінкою деяких аспектів системного підходу. Одним із таких аспектів є радіофізичний, що вивчає електромагнітні коливання комп'ютерів, зокрема *спектральний аналіз джерел електромагнітного випромінювання, електромагнітну сумісність складових частин, їх взаємозв'язок та синхронізацію за робочими частотами, швидкодією та пропускну здатністю, аналіз впливу електромагнітних сигналів комп'ютера на навколишнє середовище*. Враховуючи важливість цього аспекту, у деяких країнах створено цілий напрям комп'ютерної радіофізики [4]. З іншого боку, на сьогодні зазначені питання залишаються недостатньо вивченими, у зв'язку з чим виникають проблеми при конфігуруванні архітектури комп'ютера.

Так, наприклад, невинне зростання продуктивності комп'ютера своєю чергою зумовило різке збільшення робочої частоти вузлів (процесора, відеокарти, оперативної пам'яті), значення яких вже давно перевищило сотні і тисячі мегагерц. А чи насправді у комп'ютері існують електромагнітні сигнали з такою частотою, і як тоді вони передаються по шинах, адже діапазон надвисоких частот, до якого вони належать, потребує і відповідних надвисокочастотних ліній передач, чого, власне, у комп'ютері немає?

Крім цього, такі електромагнітні сигнали мали б утворювати навколо комп'ютера ореол надвисокочастотного випромінювання, створюючи перешкоди роботі інших комп'ютерів та побутових приладів (телевізор, радіоприймач, радіотелефон) і навпаки, останні мали б перешкоджати роботі самого комп'ютера. А на практиці ж ми бачимо повну електромагнітну сумісність вказаних приладів. Крім цього, попутно виникає низка інших запитань:

1. Що насправді означають робочі частоти вузлів?
2. Яка картина внутрішньої та зовнішньої електромагнітної сумісності?
3. Як саме взаємозалежать робочі частоти основних сигналів та вузлів комп'ютера та у яких саме співвідношеннях вони мають знаходитись для забезпечення оптимальної продуктивності?
4. Наскільки виправданим є використання бездротових технологій та необмеженого передавального середовища для керування комп'ютером та у мережевих комунікаціях та яка їх біологічна дія та вплив на оператора і довкілля?

5. Чи потрібно і як саме здійснювати захист від шкідливого електромагнітного випромінювання?

Почнемо розгляд цих питань з аналізу сигналів, які діють у комп'ютері. Основним і чи не єдиним фізичним сигналом у комп'ютері, що створюється у формі електричних синусоїдальних коливань, є сигнал опорного автогенератора, з якого формуються усі інші сигнали, що передаються по шинах та лініях зв'язку, синхронізуючи роботу усього комп'ютера. Основна частота цього сигналу  $f_0$  утворюється шляхом синтезу (множення, ділення, складання) з високо стабільної (порядку  $10^{-6}$ ) частоти кристалу кварцу  $f_q$ , що входить у склад опорного генератора. Значення частоти  $f_q$  через фізичні обмеження кварцу не перевищує 33 МГц, а значення сформованої з неї внаслідок синтезу частоти опорного генератора  $f_0$  округлено складають сьогодні такий ряд: 66, 100, 133, 166, 200, 233, 266, 333, 366, 400 МГц. Саме до цих значень прив'язуються робочі частоти інших вузлів та електричних сигналів (тактові імпульси та імпульсні пакети) комп'ютера.

Крім цього, у спектрі сигналу опорного генератора, окрім основної синтезованої частоти  $f_0$  та її вищих гармонік  $\sum k \cdot f_0$ , ( $k=2, 3, 4, \dots$ ), присутня також деяка сума комбінованих частот  $\sum \sum (n/m) \cdot f_q$ , ( $m, n = 1, 2, 3, 4, \dots$ ). Усі ці частоти також використовуються для формування та синхронізації робочих частот внутрішніх вузлів комп'ютера.

Частота кварцу, перша гармоніка робочої частоти опорного генератора і сформовані з них імпульсні тактові сигнали не належать до надвисокочастотного діапазону хвиль, і тому без втрат поширюються у багатошарових друкованих платах та мікросхемах і при цьому не здійснюють негативного впливу на навколишнє середовище та не створюють електромагнітних перешкод (інтенсивністю ж вищих гармонік при цьому можна знехтувати).

Робочі частоти інших вузлів комп'ютера фактично не є електромагнітними коливаннями, що випромінюються, а характеристиками, які вказують на їх швидкодію стосовно імпульсного обміну, точніше на кількість можливих імпульсних двійкових пересилок (трансферів). Так, наприклад, робоча частота системної шини  $F_{SB}$  характеризує швидкість оброблення центральним мікропроцесором потоку інформації у формі бінарних імпульсів у бітах за секунду

$$Q_{SB} = 8 \cdot F_{SB}.$$

Ця величина фактично визначає і продуктивність комп'ютера у цілому.

Значення частоти системної шини, згідно з чинними стандартами, учетверо перевищує основну частоту опорного генератора і набуває сьогодні значення з ряду 400, 533, 667, 800, 1066, 1333, 1600, 2000 МГц, що означає здатність передачі імпульсних пакетів тривалістю відповідно від 2,5 до 0,5 наносекунд. Тому, характеризуючи системну шину та інші вузли, правильніше б говорити про швидкодію в наносекундах, а не про частоту в мегагерцах, як це склалось історично, або ж, що краще, про продуктивність оброблення інформаційного потоку у бітах за секунду. Зазначимо, що метою оптимальної архітектури є саме збільшення продуктивності, для чого і використовуються різноманітні багатоядерні та багатоканальні технології (такі як Hyper-Threading).

Для забезпечення максимальної продуктивності робочі частоти усіх вузлів комп'ютера взаємопов'язуються через залежність від  $F_{SB}$  або  $f_0$ . Так, наприклад, робоча частота шини пам'яті удвічі нижча від  $F_{SB}$  (але оскільки реалізується за двоканальною схемою, то реальна продуктивність її дорівнює  $Q_{SB}$ ), у шини PCI – учетверо нижче, робоча ж частота процесора у декілька раз вища ніж  $f_0$  (множник визначається у BIOS), і т. ін. У табл. 1 наведено основні співвідношення між частотами складових вузлів комп'ютера, дотримання яких під час конфігурування забезпечує збалансованість продуктивності.

Табл. 1. Співвідношення між робочими частотами складових частин комп'ютера

| № з/п | Частота           | Як визначається                             | Приклад              |
|-------|-------------------|---------------------------------------------|----------------------|
| 1     | Опорний генератор | $(n/m) \cdot f_q$                           | 200 МГц              |
| 2     | Процесор          | $a \cdot f_0$ , ( $a=6, 7, \dots, 20$ )     | 3000 МГц, ( $a=15$ ) |
| 3     | Системна шина     | $4 \cdot f_0$                               | 800 МГц              |
| 4     | Шина пам'яті      | $2 \cdot f_0$                               | 400 МГц              |
| 5     | Шина AGP          | $b \cdot f_q$ , ( $b=4, \dots, 8$ )         | 266 МГц, ( $b=8$ )   |
| 6     | Шини PCI Express  | $4 \cdot c \cdot f_q$ , ( $c=1, 4, 8, 16$ ) | 2000 МГц, ( $c=16$ ) |
| 7     | Шина IDE          | $f_q/2$                                     | 16,6 МГц             |
| 8     | Шина SATA         | $d \cdot f_q$ , ( $p=1, 2, 3$ )             | 66 МГц, ( $d=2$ )    |

Таке координоване пов'язання частот має назву *синхронізації*. Синхронізація за частотою є глобальним фізичним явищем як у техніці, так і в природі [5] і у нашому випадку забезпечує узгодженість вузлів щодо продуктивності, тобто сприяє побудові оптимальної архітектури комп'ютера, а порушення принципів синхронізації приводить до зниження продуктивності комп'ютера. У разі синхронізації частотою опорного генератора інших вузлів комп'ютера, як зазначено вище, реальних фізичних надвисокочастотних сигналів не породжується і, таким чином, не виникає надвисокочастотного електромагнітного випромінювання, а отже, і впливу на оточуюче середовище. Аналогічні процеси синхронізації робочих частот відбуваються у внутрішніх модулях та мікросхемах вузлів: синхронізуються частоти буферів пам'яті, ядер пам'яті та відеопроцесорів, частоти міжмстового обміну та ін.

Внаслідок викладеного вище ми бачимо, з одного боку, картину повної електромагнітної сумісності і відсутності перешкод, а з іншого – суворої синхронізації робочих частот вузлів. Маючи цілий масив робочих частот перед проектувальником архітектури комп'ютера постає питання: у якій послідовності здійснювати конфігурування та підбір робочих частот? На нашу думку, серед різних підходів до конфігурування найбільш оптимальною послідовністю (за умови дотримання частотних співвідношень, зазначених у табл. 1) є така:

Користувачка задача → Відеосистема → Процесор →  
Материнська плата → Периферійні пристрої.

Окрім сигналу опорного генератора, реальними фізичними сигналами, що створюють в комп'ютері електромагнітне випромінювання, є також несучі частоти передавальних пристроїв бездротових комунікацій. Сьогодні створено достатньо велику кількість інтерфейсів для бездротових технологій

комп'ютера [6], які з радіофізичної точки зору відрізняються лише тим, що діють у різних частотних діапазонах, зокрема: радіодіапазон (до 30 МГц); НВЧ діапазон (1,5-12 ГГц); оптичний діапазон (1-100 ТГц).

Найбільший інтерес для користувача становлять засоби комунікацій, що безпосередньо встановлені на комп'ютері. З них найменший вплив на середовище (оскільки наближені до природного випромінювання) і водночас найбільше технічних можливостей (таких як широкополосність) мають засоби бездротового зв'язку оптичного діапазону, і сьогодні використання цих засобів є найбільш перспективним. Недоліком цих засобів є умова прямої видимості між абонентами та залежність від погодних умов за використання на великих відстанях.

Історично ж перші засоби бездротових комп'ютерних комунікацій – засоби радіодіапазону, хоч і мають незначний вплив на середовище, але сьогодні практично не використовуються у зв'язку з їх обмеженими технічними характеристиками та низькою надійністю роботи. Найбільш розвиненими і поширеними сьогодні є бездротові технології комп'ютерних комунікацій НВЧ діапазону Bluetooth, WiFi та WiMax, основні характеристики яких наведено у табл. 2.

Табл. 2. Характеристики бездротових комунікацій комп'ютера

| Характеристики                 | Bluetooth | WiFi          | WiMax      |
|--------------------------------|-----------|---------------|------------|
| Стандарт IEEE                  | 802.15    | 802.11        | 802.16     |
| Робочий діапазон, ГГц          | 2,1-2,45  | 2,4; 5,1; 5,6 | 2,3-3,8; 5 |
| Потужність випромінювання, мВт | 1         | 100           | 200        |
| Максимальний радіус дії        | 10-100 м  | 300-500 м     | 1-50 км    |
| Швидкість обміну, Мб/с         | 1-20      | 10-300        | 40-1000    |

З табл. 2 видно, що з огляду на потужність електромагнітного випромінювання передавального модуля бездротового зв'язку, встановленого на комп'ютері, лише технологію Bluetooth з її 1 мВт потужності можна вважати відносно безпечною, натомість WiFi та WiMax, які використовують на два порядки вищу потужність випромінювання, відповідно потребують технічних засобів захисту оператора (таких, наприклад, як винесення випромінювальної антени за межі приміщення, де знаходиться оператор та обмеження часу його роботи). Стосовно електромагнітної сумісності бездротових комунікацій комп'ютера з іншими приладами, можна зазначити, що міжнародні комісії IEEE, визначаючи частотні діапазони для інтерфейсів бездротового зв'язку, досить довго вивчали цю проблему і вирішили її, закріпивши у формі міжнародних стандартів, які вказано у табл. 4, та міжнародних угод із розподілу і використання частотних діапазонів.

**Висновок.** Застосування радіофізичного аналізу комп'ютерної архітектури дає змогу визначити частотний спектр джерел електромагнітного випромінювання комп'ютера та їх електромагнітну сумісність, встановити синхронізуючі співвідношення робочих частот вузлів, виявити вплив бездротових комунікацій на довколишнє середовище і сприяє досягненню оптимальної продуктивності.

## Література

1. Блонський Л.А. Синергетичні принципи проектування автоматизованих інформаційних систем / Л.А. Блонський // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2008. – Вип. 18.8. – С. 267-272.
2. Мельник А. Архитектура компьютера / А. Мельник. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка", 2005. – 468 с.
3. Таненбаум Э. Архитектура компьютера / Э. Таненбаум. – СПб. : Изд-во "Питер", 2005. – 699 с.
4. Государственный стандарт 511500. Радиофизика. – М. : Изд-во 179 ЕН / 17.03.2000 р. [Электронный ресурс]. – Доступный з <http://www.feb.asu.ru/edu/docs/magradphys.html>.
5. Блехман И.И. Синхронизация в природе и технике. – М. : Изд-во "Наука", 1981. – 352 с. [Электронный ресурс]. – Доступный з [http://www.reslib.com/book/Sinhronizaciya\\_v\\_prirode\\_i\\_tehnike](http://www.reslib.com/book/Sinhronizaciya_v_prirode_i_tehnike).
6. Кулаков Ю.О. Компьютерні мережі / Ю.О. Кулаков, Г.М. Луцкий / за ред. Ю.С. Котвонюка. – К. : Вид-во "Юніор", 2003. – 400 с.

### Блонский Л.А. Радиофизический аспект компьютерной архитектуры

Рассмотрен радиофизический аспект архитектуры компьютера, включающий анализ спектров электромагнитных сигналов составных частей, их взаимосвязь, синхронизацию рабочих частот, согласованность производительности, использование беспроводных коммуникаций и их влияние на окружающую среду.

**Ключевые слова:** архитектура компьютера, радиофизический подход, синхронизация рабочих частот, электромагнитное излучение, беспроводные компьютерные коммуникации.

### Blonsky L.A. The radiophysics aspect of computer architecture

There is radiophysics approach to computer architecture, that is considered analysis of frequency synchronization, electromagnetic radiation, wireless communications for structured computer organization.

**Keywords:** computer architecture, radiophysics approach, frequency synchronization, electromagnetic radiation, wireless computer communications.

УДК 330.42+519.6 Доц. Л.М. Буяк<sup>1</sup>, канд. екон. наук; проф. Я.М. Матвійчук<sup>2</sup>, д-р техн. наук; викл. В.К. Паучок<sup>2</sup>, канд. техн. наук

## ДВІ МОДЕЛІ ВПЛИВУ КУРСУ ВАЛЮТ НА ВАЛОВЕ ВИРОБНИЦТВО В УКРАЇНІ

Описано дві динамічні математичні моделі впливу курсу валют на валове виробництво. Перша модель ґрунтується на рівняннях балансу виробництва і споживання. Друга модель ідентифікована за експериментальними даними з допомогою методів макромоделювання. Подано спільну економічну інтерпретацію розв'язків цих моделей.

**Ключові слова:** валове виробництво, курс валют, макромоделювання, економіко-математичне моделювання, фізична економіка.

Від курсу валют залежить прибутковість експортно-імпортних операцій учасників виробництва, результативність фінансових операцій. Курс валют залежить від торгового сальдо. У нашій країні зміна курсу валют істотно залежить від особливої структури економіки, в якій значна частина експорту

– це товари з низьким ступенем перероблення сировини, а імпорт – це споживчі товари, які витісняють із роздрібних ринків товари національного виробництва. Невисока продуктивність національного виробництва, специфічна залежність сучасної економіки України від експорту й імпорту, значний вплив курсу іноземних валют – все це приводить до того, що курси іноземних валют мають істотний вплив на національне валове виробництво.

З огляду на це, поставлено задачу побудувати модель впливу курсу валют на економіку з великою часткою експорту сировинної продукції й імпорту споживчої продукції та з урахуванням відповідних реальних даних.

**Модель залежності валового виробництва і курсу валют.** Для розроблення моделі зв'язку курсу валют і валового виробництва застосуємо метод, запропонований у [1].

Розглянемо економічну структуру суспільства. Будемо вважати, що суспільство складається з 6-ти груп учасників економіки. Це пенсіонери (їх кількість  $n_0$ ), робітники ( $n_1$ ), працівники освіти, культури, медицини ( $n_2$ ), службовці ( $n_3$ ), власники малих підприємств ( $n_4$ ), власники великих підприємств ( $n_5$ ). Вони мають заощадження  $u_i$  ( $i=0,5$ ). Будемо вважати, що заощадження членів різних груп неоднакові, а в межах групи – рівні для всіх її учасників. Всі виробники і споживачі витрачають частку  $\alpha_i$  ( $i=0,5$ ) своїх заощаджень на споживання одного агрегованого продукту ціною  $p_a$ . Власники підприємств витрачають частку  $\beta_i$  ( $i=4,5$ ) своїх заощаджень на виробництво агрегованого споживчого продукту. Власники великих підприємств витрачають частку  $\gamma_5$  своїх заощаджень на виробництво продукту на експорт, який вони продають за ціною  $p_b$ , яка залежить від курсу валют  $\eta = \eta(t)$ . Також власники великих підприємств витрачають частку заощаджень  $\delta_5$  на купівлю імпортованого споживчого продукту, який вони продають на внутрішньому ринку за ціною  $p_a$ . Вартість імпортованого продукту при його закупівлі в іноземних виробників дорівнює  $p_c$  і залежить від курсу  $\eta(t)$ . Зауважимо, що  $\alpha_i = 1$  при  $i=0,3$ ;  $\alpha_i + \beta_i = 1$  при  $i=0,4$ ;  $\alpha_5 + \beta_5 + \gamma_5 + \delta_5 = 1$ .

Агрегований продукт виробляють малі та великі підприємства. Кількість цього продукту описує виробнича функція  $F_a(\beta_i u_i / p_a)$ , яка залежить від капіталозабезпечення  $\beta_i u_i / p_a$  ( $i=4,5$ ) на одне робоче місце на одиницю вартості продукції.

Експортований сировинний продукт виробляють великі підприємства. Кількість сировинного продукту описує виробнича функція  $F_b(\beta_5 u_5 / p_b)$ , яка залежить від капіталозабезпечення  $\beta_5 u_5 / p_b$  на одне робоче місце на одиницю вартості сировинного продукту.

Кількість продукту, імпортованого з-за границі для його збуту на споживчому ринку, залежить від функції  $S_c(\delta_5 u_5 / p_c)$ , яка залежить від фінансової спроможності імпортерів-власників великих підприємств  $\delta_5 u_5 / p_c$ . Функція  $S_c$  має властивості функції споживання. Імпортований продукт власники великих підприємств збувають на внутрішньому ринку за ціною  $p_a$ .

<sup>1</sup> Тернопільський національний економічний університет;

<sup>2</sup> НУ "Львівська політехніка"