

---

**ДЕМОГРАФІЯ, ЕКОНОМІКА ПРАЦІ,  
СОЦІАЛЬНА ЕКОНОМІКА І ПОЛІТИКА**

---

УДК 314.02:330.34

DOI: <https://doi.org/10.32782/2520-2200/2018-6-26>**Біткова Т.В.**кандидат економічних наук, доцент,  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна**Bitkova Tetiana**

V.N. Karazin Kharkiv National University

**Гумірова Ю.С.**магістр  
Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна**Humirova Yuliia**

V.N. Karazin Kharkiv National University

**МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ДЕМОГРАФІЧНИХ ПРОЦЕСІВ  
НА ЕКОНОМІЧНЕ ЗРОСТАННЯ: СИСТЕМНО-ДИНАМІЧНИЙ ПІДХІД****MODELING OF THE IMPACT OF DEMOGRAPHIC PROCESSES  
ON ECONOMIC GROWTH: A SYSTEM-DYNAMIC APPROACH**

У статті розглянуто концепції впливу демографічних процесів на економічне зростання, проаналізовано динаміку ВВП, а також показники та основні тенденції демографічних процесів в Україні. Побудовано системно-динамічну модель, яка відображає взаємний зв'язок демографічних та економічних показників. Для обґрунтування способів обчислення ендегенних змінних імітаційної моделі побудовано тренди коефіцієнтів народжуваності та смертності різних вікових груп, а також оцінено параметри двох макроекономічних виробничих функцій із використанням реальних даних. Побудована імітаційна модель реалістично відображає сучасні процеси, які спостерігаються в Україні: спадаючу чисельність населення, зниження коефіцієнтів народжуваності й підвищення коефіцієнтів смертності, підвищення рівня ВВП на душу населення.

**Ключові слова:** системна динаміка, ВВП, демографічні процеси.

В статье рассмотрены концепции влияния демографических процессов на экономический рост; проанализирована динамика ВВП, а также показатели и основные тенденции демографических процессов в Украине. Построена системно-динамическая модель, которая отражает взаимосвязь демографических и экономических показателей. Для обоснования способов вычисления эндогенных переменных имитационной модели построены тренды коэффициентов рождаемости и смертности разных возрастных групп, а также оценены параметры двух макроэкономических производственных функций с использованием реальных данных. Построенная имитационная модель реалистично отражает актуальные процессы, наблюдаемые в Украине: убывающую численность населения, снижение коэффициентов рождаемости и повышение коэффициентов смертности, повышение уровня ВВП на душу населения.

**Ключевые слова:** системная динамика, ВВП, демографические процессы.

The paper discusses the concepts of the impact of demographic processes on economic growth. There are three main hypotheses of this impact: population may limit, promote, or not influence on and not depend of the economic growth. The main publications, considering the problem, as well as those, related to models development (including system dynamic simulation models) are reviewed. The main assumptions of the basic system dynamics model are formulated. The analysis of the statistics, describing the GDP dynamics, as well as that of the indicators and main trends of demographic processes in Ukraine has been done. The structure of the basic system dynamics model includes two sub-models – demographic and economic ones. Demographic sub-model reflects the dynamics of the population of Ukraine, divided into four age groups with the corresponding birth and death rates, which in their turn depend on GDP per capita. Economic sub-model assumes that: labor resources are determined

by the adult able-bodied population and the indicator of labor resources participation; GDP dynamics is calculated using a dynamic macroeconomic Cobb-Douglas production function. The model shows the interconnection of demographic and economic indicators. To substantiate the way of calculating of endogenous variables of the simulation model, birth and death rates trends for different age groups were constructed, and the parameters of two macroeconomic production functions (using able-bodied population and working capital as work factor) were estimated on the basis of the real data. The proposed simulation model realistically reflects the current processes observed in Ukraine: decrease of the total and of the working-age population, decrease of birth rates and increase of death rates, accompanied by the increase of the GDP per capita indicator.

**Key words:** system dynamics, demographic processes, GDP.

**Постановка проблеми.** Ранні занепокоєння щодо експоненціального зростання населення поступилися занепокоєнням із приводу старіння нації до кінця демографічного перехідного періоду [1; 3; 5]. Багато європейських країн пережили демографічний перехід, і зміна їхньої вікової структури супроводжується зростаючим економічним навантаженням із погляду високих витрат на охорону здоров'я та пенсійних виплат. На початку або після завершення переходу кожна країна повинна прийняти свою внутрішню державну політику через зміни демографічних та економічних умов. У цьому сенсі державні установи потребують професійних інструментів підтримки прийняття рішення для вивчення динаміки економіки та демографії країни і, відповідно, оцінити можливі альтернативні соціальні програми.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Збільшення середньої тривалості життя призводить до зниження народжуваності. Зменшення розмірів сімей, своєю чергою, сприяє зайнятості жінок. Продуктивність праці буде зростати до тих пір, поки ринок праці зможе поглинати робочу силу. Через це з'являються «демографічні дивіденди» економічного зростання, що спричиняють збільшення заощаджень та інвестицій. Сім'ї з меншим числом дітей більше коштів виділяють на освіту та здоров'я дітей, роблячи робочу силу продуктивнішою.

Одним із найважливіших чинників економічного розвитку є різні варіанти демографічного зростання і його зміни в часі. Коли переважаючими є наймолодші і найстаріші верстви населення, спостерігається сповільнення економічного росту. Низький рівень народжуваності в довгостроковому розрізі призводить до росту чисельності літніх людей. «Демографічні дивіденди» з'являються лише у середній фазі, але економіка і суспільство отримують їх не автоматично. Правильні політичні рішення, а саме стимулювання інвестицій і заощаджень, медичне страхування, є основними умовами для забезпечення високої продуктивності праці економічно активного населення. Вплив «демографічних дивідендів» на економічне зростання розглядається в [1; 6].

Зміни вікової піраміди, які характеризуються зниженням смертності і рівня народжуваності, є чинником економічного зростання. Зменшення рівня народжуваності призводить до перерозподілу споживання і збільшує дохід бідних верств населення за рахунок виходу жінок на ринок праці, а це сприяє скороченню бідності.

Співвідношення між зміною чисельності населення та економічним зростанням залишається предметом суперечок між економістами та демографами щодо впливу зміни населення – чи воно (а) обмежує, (б) сприяє, або (в) не залежить від економічного зростання. Прихильники кожної теорії мають свої аргументи, які базуються на низці досліджень, але увага майже винятково зосереджена на загальній чисельності та темпах зростання населення. Невелика увага приділяється критичній змінній – віковій структурі населення і тому, як вона змінюється, коли населення зростає.

Призначенням економіко-демографічних моделей, розроблених для опису обопільного впливу демографічних змін та економічної активності, є прогнозування того, як розвивається з часом популяційно-економічна система та оцінка можливих ефектів урядових стратегій. У більшій частині досліджень використовується кореляційно-регресійний аналіз, причому всі подібні дослідження прив'язані до конкретних країн або регіонів [2; 7]. Є імітаційні моделі, які містять демографічні блоки різного рівня агрегації [4; 9; 12], але ще не було спроб побудувати подібну модель, що відображає взаємозв'язок демографічних та економічних показників України з урахуванням вбудованих у модель макроекономічних виробничих функцій та трендів показників, що визначають динаміку чисельності населення.

**Формулювання цілей статті (постановка завдання).** Метою дослідження є аналіз демографічних процесів в Україні та впливу динаміки населення України на її ВВП із використанням системно-динамічної концепції імітації.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для обґрунтування взаємозв'язків змінних

моделі проведено аналіз динаміки демографічних та економічних показників в Україні.

#### **Аналіз демографічних показників України**

За даними Держстату, чисельність наявного населення в Україні на 1 червня 2018 р. становила 42 279,6 тис. осіб.

Нині в Україні зменшується народжуваність і збільшується смертність. Загалом помітна тенденція до старіння, що зумовлює більше навантаження на працездатну частину населення (рис. 1, 2).

Останні 10 років в Україні спостерігається збільшення тривалості життя (77 років для жінок, 67 – для чоловіків), але це все ще найгірший показник в Європі.

За останні роки пік дітонородження змістився з 20–24 років матерів до 25–29 років (рис. 3). Це є характерним і для європейських країн: жінки намагаються отримати вищу освіту, стати фінансово незалежними.

#### **Аналіз економічних показників**

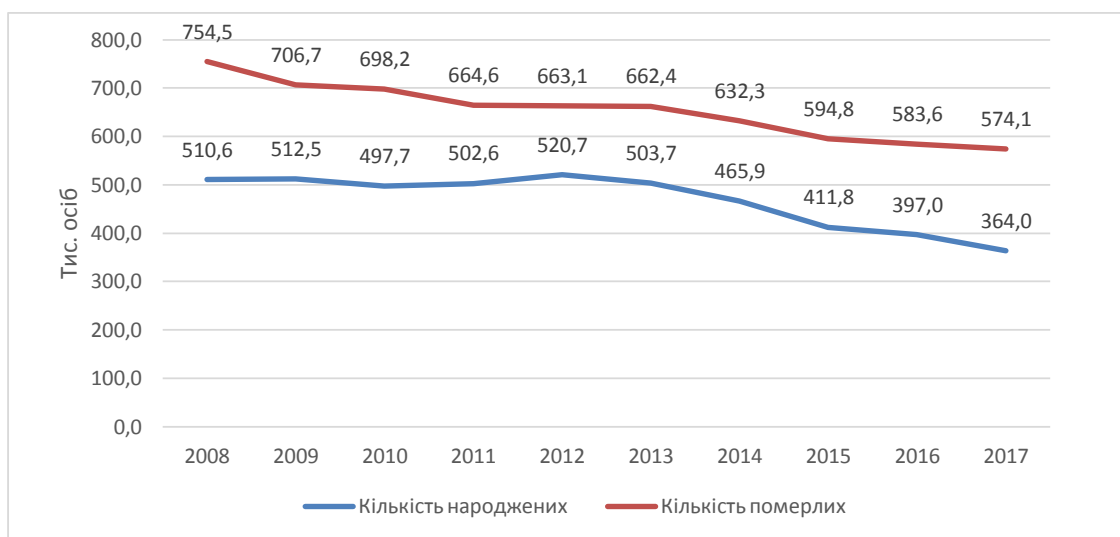
Дані табл. 2 свідчать, що рівень ВВП майже постійно зростає. У 2009 р. спад ВВП спричинила світова економічна криза, у 2014 р. – початок воєнних дій. Водночас стійке зменшення

чисельності населення призвело до зростання показника ВВП на душу населення. Припинення виробництва на сході країни дуже вплинуло на ВВП. Із 2015 р. за рахунок грошової підтримки з-за кордону показник ВВП значно виріс (на 15%). У 2016 р. ВВП зріс на 1,8%, а в 2017 р. – на 2%. У січні 2016 р. було укладено Угоду про вільну торгівлю з Європейським Союзом.

У 2015–2017 рр. номінальний ВВП збільшувався, і в 2017 р. він дорівнював 2 982 920 млн. грн. Однією з причин зростання є підвищення середнього рівня цін, зокрема у будівництві. Але при тому, що номінальний ВВП на душу населення збільшується, показник реального ВВП на душу населення зменшується. У 2017 р. Україна займала 133-є місце у світі за цим показником.

Одним із чинників, що впливають на ВВП, є капітал. Із 2008 по 2010 р. та в 2014 р. в Україні був спад обсягу капітальних інвестицій. У 2017 р. обсяг капітальних інвестицій становив 448 461,5 млн. грн. (рис. 4).

Іншим чинником, що впливає на ВВП, є трудові ресурси. З 2008 по 2017 р. трудові ресурси в країні зменшилися майже на 1,35 млн. [8].



**Рис. 1. Динаміка народжуваності і смертності населення України**

Джерело: авторська розробка за даними [10]

Таблиця 1

**Чисельність населення України на 1 січня 2018 р., тис. осіб**

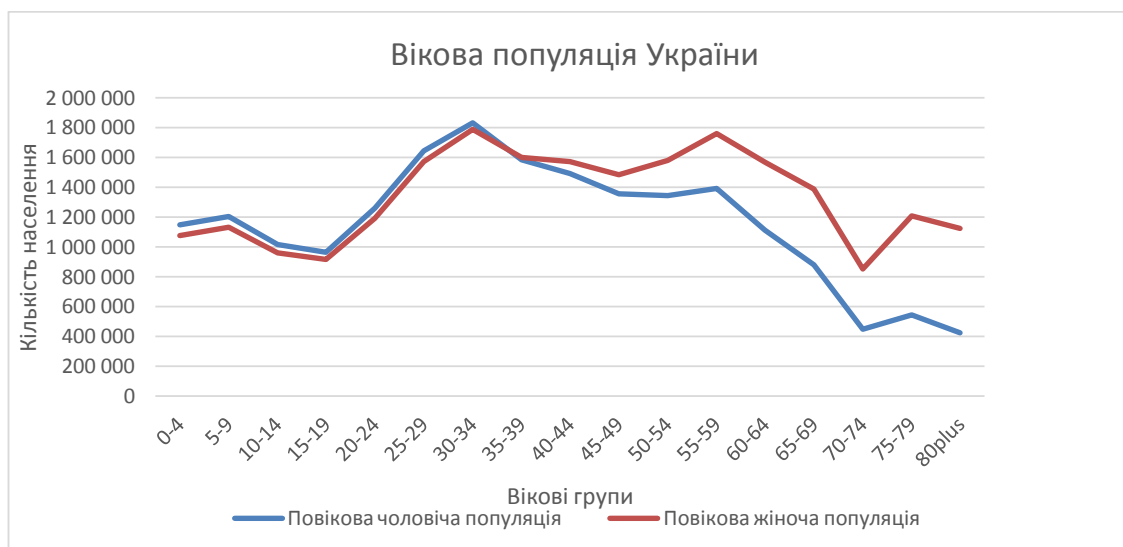
| Рік  | Чисельність наявного населення |              |          | Чисельність постійного населення |              |         |
|------|--------------------------------|--------------|----------|----------------------------------|--------------|---------|
|      | всього                         | у тому числі |          | всього                           | у тому числі |         |
|      |                                | міське       | сільське |                                  | чоловіки     | жінки   |
| 2015 | 42929,3                        | 29673,1      | 13256,2  | 42759,7                          | 19787,8      | 22971,9 |
| 2016 | 42760,5                        | 29585,0      | 13175,5  | 42590,9                          | 19717,9      | 22873,0 |
| 2017 | 42584,5                        | 29482,3      | 13102,2  | 42414,9                          | 19644,6      | 22770,3 |
| 2018 | 42386,4                        | 29371,0      | 13015,4  | 42216,8                          | 19558,2      | 22658,6 |

Джерело: складено за [10]

Немаловажну роль відіграє й проблема трудової міграції. Роботодавці вважають, що до 8 млн. українців працюють за кордоном, переважно це чоловіки віком 30–44 років [11].

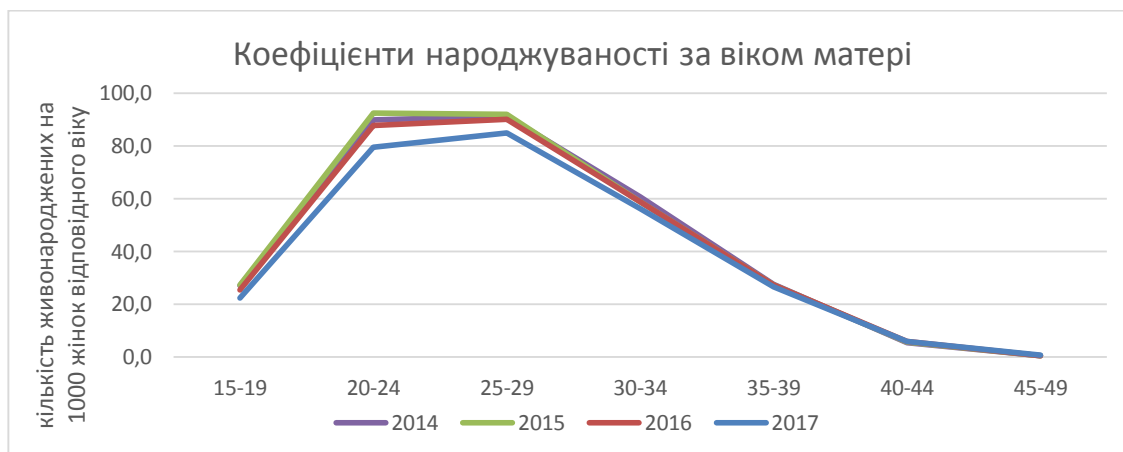
### Основні припущення та структура базової системно-динамічної моделі

Основними припущеннями демографічної підмоделі є такі:



**Рис. 2. Чисельність вікових груп населення України**

Джерело: авторська розробка за даними [10]



**Рис. 3. Коефіцієнти народжуваності за віком матері в Україні**

Джерело: авторська розробка за даними [10]

Таблиця 2

### Валовий внутрішній продукт України

| Роки | У фактичних цінах |                       | У цінах попереднього року |                       |
|------|-------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
|      | ВВП               | ВВП на душу населення | ВВП                       | ВВП на душу населення |
|      | млн. грн          | грн                   | млн. грн                  | грн                   |
| 2010 | 1079346           | 24798                 | 949619                    | 21817                 |
| 2011 | 1299991           | 29980                 | 1138338                   | 26252                 |
| 2012 | 1404669           | 32480                 | 1303094                   | 30132                 |
| 2013 | 1465198           | 33965                 | 1404293                   | 32553                 |
| 2014 | 1586915           | 36904                 | 1369190                   | 31841                 |
| 2015 | 1988544           | 46413                 | 1431826                   | 33419                 |
| 2016 | 2385367           | 55899                 | 2037084                   | 47738                 |

Джерело: складено за [10]

- кількість населення поділяється на чотири вікові групи; кількість групи в кінці кожного року визначається кількістю на початку року і різницею числа народжених та числа померлих і тих, що перейшли до наступної групи протягом року;
  - загальна чисельність дорівнює сумі населення всіх вікових груп;
  - коефіцієнт народжуваності залежить від ВВП на душу населення і часу;
  - кількість народженого населення залежить від кількості дорослого населення, коефіцієнта народжуваності, популяційної рівноваги і довжини репродуктивного життя;
  - коефіцієнти смертності у вікових групах та ймовірна тривалість життя задаються за допомогою табличних функцій;
  - популяційна рівновага і репродуктивне життя є постійним;
  - кількість населення, що переходить в іншу вікову групу, залежить від чисельності вікової групи, ймовірності виживання та вікового інтервалу;
- Економічна підмодель спирається на такі головні припущення:
- трудові ресурси залежать від кількості дорослого працездатного населення та показника участі трудових ресурсів;
  - трудовий капітал визначається кількістю дорослого працездатного населення з повною вищою освітою;

– динаміка ВВП відображається за допомогою динамізованої макроекономічної виробничої функції Кобба-Дугласа, параметри якої оцінено на основі реальних даних.

Параметри моделі оцінюються за допомогою статистичних даних на інтервалі з 2008 по 2017 р., прогнозні значення для інтервалу з 2018 до 2025 р. отримуються за допомогою лінії тренду відповідних змінних.

Структурну модель представлено на рис. 5, 6.

#### **Інформаційне забезпечення моделі**

У табл. 3 наведено тренди змінних імітаційної моделі, отримані з використанням реальних даних за відповідними показниками.

Вплив ВВП на душу населення на коефіцієнт фертильності визначається за допомогою побудованої регресійної моделі виду:  $y(x_1, x_2) = -58.35 - 6.326x_1 + 0.029x_2$ , де  $x_1$  – рік,  $x_2$  – ВВП на душу населення,  $y$  – коефіцієнт народжуваності. Коефіцієнт детермінації моделі  $R^2 = 0.733$  – замалий, але припустимий, значення F-критерію = 9,6 більше табличного  $F_{табл.} = 5,32$  на рівні значущості  $\alpha = 0,05$ , помилка апроксимації – 1,31%. Тобто побудована модель добре пояснює фактичне значення коефіцієнту народжуваності.

За збільшення середньої тривалості життя збільшується ймовірність дожиття до більш старшого віку, відповідно, зменшується смертність населення:  $p_x = 1 - q_x$ , де  $p_x$  – ймовірність дожиття до віку  $x$ ,  $q_x$  – ймовірність смерті у віці  $x$ .



**Рис. 4. Динаміка капітальних інвестицій України, 2008–2017 рр.**

Джерело: власна розробка за даними [10]

Таблиця 3

#### **Лінії трендів для прогнозованих значень змінних**

| Змінна                     | Лінія тренду               |
|----------------------------|----------------------------|
| Коефіцієнт народжуваності  | $y(x) = -0.0258x + 1.5711$ |
| Очікувана тривалість життя | $y(x) = 0.3399x + 68.925$  |
| Капітальні інвестиції      | $y(x) = 22813x + 137532$   |
| Рівень повної вищої освіти | $y(x) = 0.0082x + 0.2017$  |

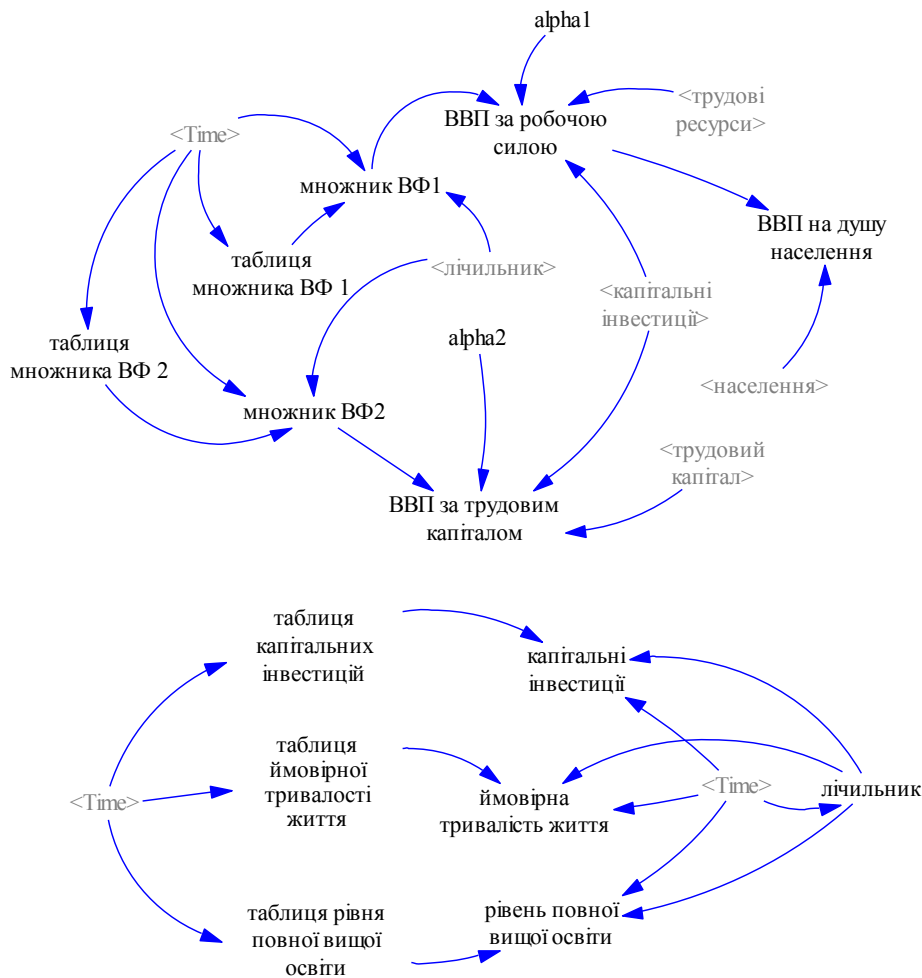


Рис. 5. Діаграма потоків економічної підмоделі

Джерело: авторська розробка

В імітаційній моделі кількість населення (відповідно, й трудових ресурсів) залежить від ВВП, тому що коефіцієнт народжуваності залежить від показника ВВП на душу населення.

Динаміка ВВП в імітаційній моделі відображується за допомогою динамізованої виробничої функції Кобба-Дугласа виду:

$$Y_t = \gamma \cdot e^{\beta t} K_t^\alpha L_t^{1-\alpha}, \text{ де}$$

$Y_t$  – ВВП у рік  $t$ ;

$\gamma$  – коефіцієнт пропорційності;

$\beta$  – параметр технічного прогресу;

$K_t$  – витрати основного капіталу в році  $t$ ;

$L_t$  – чисельність зайнятих у галузях виробництва в році  $t$ ;

$\alpha$  – параметр виробничої функції.

Коефіцієнт детермінації моделі  $R^2 = 0.989$ , значення F-критерію=328,15 більше табличного значення  $F_{табл.} = 27,206$  на рівні значущості  $\alpha = 0,0005$ , тобто модель адекватна. За результатами оцінки параметрів із використанням реальних даних побудована функція має вигляд:

$$Y_t = e^{-184,2} \cdot e^{0,0948t} K_t^{0,4122} L_t^{0,5877}.$$

**Результати імітації**

На рис. 7 показано траєкторії ВВП, отримані на базі двох виробничих функцій: із використанням загальних трудових ресурсів та трудового капіталу.

Коефіцієнт народжуваності, розрахований з урахуванням впливу ВВП на душу населення, на горизонті до 2025 р. знижується більше, ніж його про-гнознi значення, отримані за допомогою лінійного тренду фактичних значень цього показника (рис. 8). Це зумовлено зворотним зв'язком між коефіцієнтом народжуваності та ВВП на душу населення. За результатами імітації зростаюча динаміка ВВП супроводжується спадаючою кількістю населення.

За спадаючої кількості населення рівень трудового капіталу має зростаючу динаміку (рис. 9).

**Висновки з даного дослідження.** Як показує аналіз сучасних тенденцій, динаміка населення впливає на рівень економічного зрос-

тання. Можна погодитися з «песимістами», які стверджували, що ріст населення стримує економічний розвиток. Додатного росту економіки складно досягти лише за відповідної зміни чисельності населення. Такий результат можна отримати тільки за сукупної зміни кількості населення, зміни рівня освіти населення та технологічного прогресу. Останні два показники збільшують ВВП, але при цьому більш освічене населення віддає перевагу меншій кількості дітей, щоб мати можливість дати своїй дитині краще виховання та освіту.

Витрати України на вищу освіту становлять 4,53% від ВВП, за кількістю студентів вона посіла 14-е місце у світі. Але за такої

кількості фахівців спостерігається зростання рівня безробіття в країні. Цей ефект посилюється підвищенням інтелектуальної еміграції населення.

Є різні моделі, які вдало описують зв'язок між населенням і економічним розвитком, зокрема імітаційні.

У статті побудовано системно-динамічну модель із використанням програмного пакету Vensim PLE, яка пов'яже демографічні та економічні процеси в Україні. Для завдання операторів моделі використовувалися статистичні дані України з 2008 по 2017 р., отримані власноруч тренди до 2025 р. та макроекономічні виробничі функції. Поділ населення на вікові

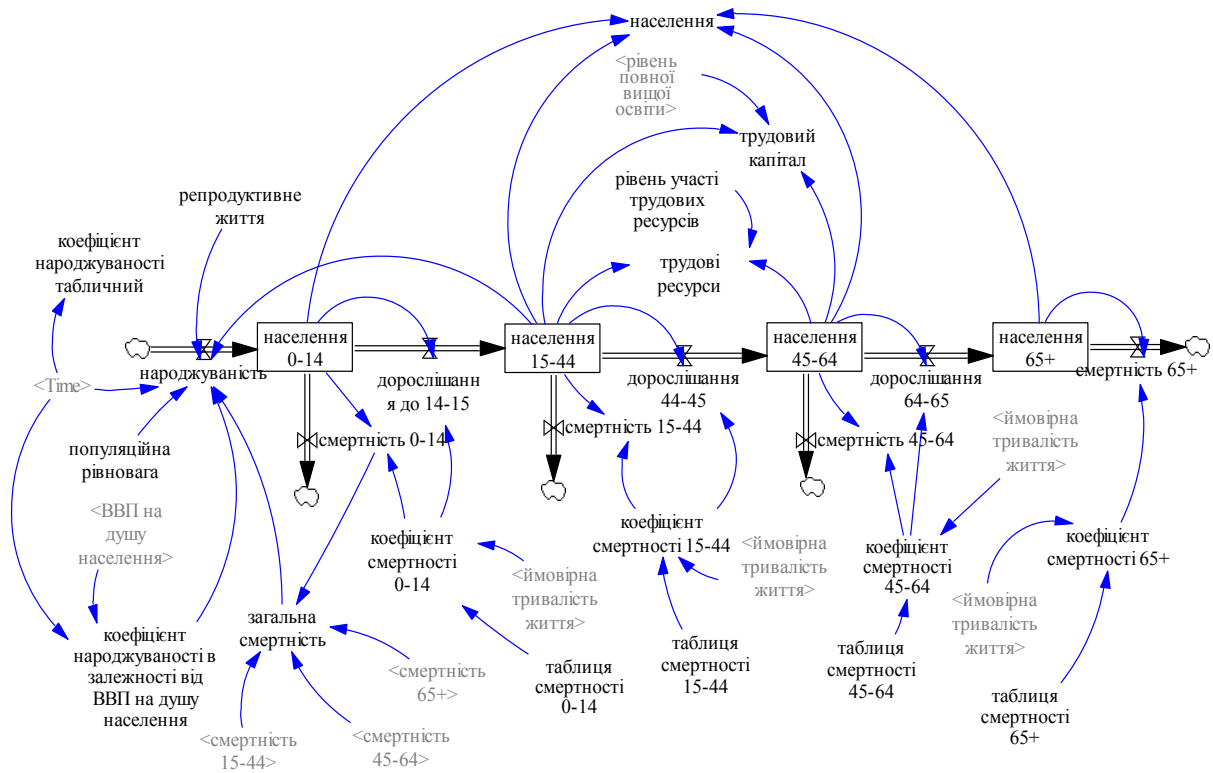


Рис. 6. Діаграма потоків демографічної підмоделі

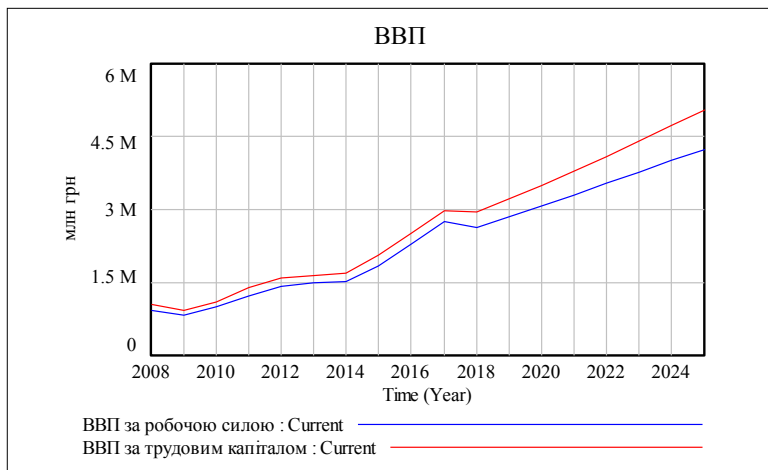
Джерело: авторська розробка

Таблиця 4

Стандартна таблиця коефіцієнтів смертності населення по вікових групах

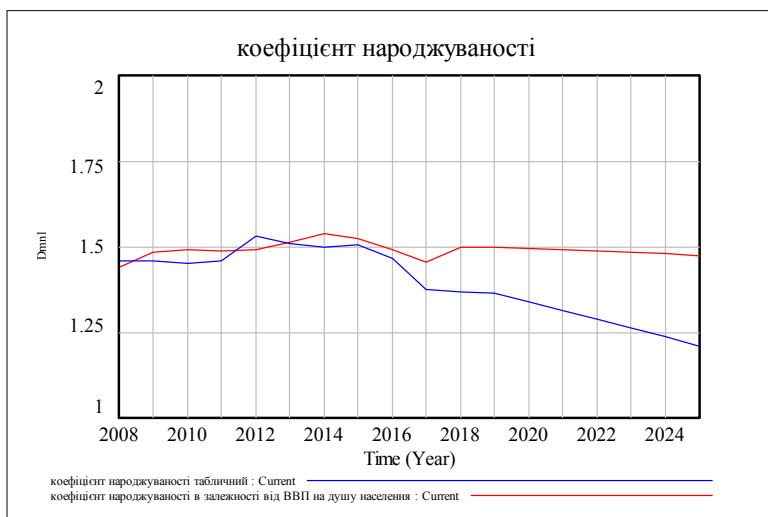
| Середня тривалість життя | Вікові групи |             |             |           |
|--------------------------|--------------|-------------|-------------|-----------|
|                          | 0-14 років   | 15-44 років | 45-64 років | 65+ років |
| 20                       | 0,0567       | 0,0266      | 0,0562      | 0,13      |
| 30                       | 0,0366       | 0,0171      | 0,0373      | 0,11      |
| 40                       | 0,0243       | 0,011       | 0,0252      | 0,09      |
| 50                       | 0,0155       | 0,0065      | 0,0171      | 0,07      |
| 60                       | 0,0082       | 0,004       | 0,0118      | 0,06      |
| 70                       | 0,0023       | 0,0016      | 0,0083      | 0,05      |
| 80                       | 0,001        | 0,0008      | 0,006       | 0,04      |

Джерело: авторська розробка



**Рис. 7. Динаміка ВВП із використанням двох виробничих функцій**

Джерело: авторська розробка



**Рис. 8. Результати імітації: динаміка народжуваності**

Джерело: авторська розробка



**Рис. 9. Результати імітації: динаміка населення та робочої сили**

Джерело: авторська розробка



групи дав змогу більш точно визначати динаміку демографічних показників.

Побудована модель є реалістичною і відображає сучасний стан України: спадаючу кількість населення, зниження коефіцієнтів народжуваності і підвищення коефіцієнтів смертності, підвищення рівня ВВП на душу

населення. Зміна середньої тривалості життя спричиняє різну динаміку смертності населення і, відповідно, різну динаміку загальної чисельності населення.

Серед перспективних напрямів адаптації моделі є врахування міграції, у тому числі трудової.

#### Список використаних джерел:

1. Bloom D.E., Canning D. Economic growth and the demographic transition. NBER Working paper series. Cambridge, 2001. 87 p.
2. Bhawna R. Impact of demographic features on economic development of India. Munich Personal RePEc Archive Paper. 2012. № 39071.
3. Bongaarts J. Human population growth and the demographic transition. Philosophical Transactions of the Royal Society B. 2009. № 364. P. 2985–2990
4. Galor O. From Malthusian stagnation to modern growth. Review of Economic Dynamics. 2006. Vol 9. Issue 1. P. 116–142.
5. Galor. O. The Demographic Transition: Causes and Consequences. Cliometrica. 2012. № 6(1). P. 1–28.
6. Misra R. Impact of Demographic Dividend on Economic Growth: A Study of BRICS and the EU. International Studies. 2015. № 52(1–4). P. 99–117.
7. Selcuk G.D. A system dynamic approach to economic growth from a demographic perspective: Ph. D. Dissertation. Ankara, 2015. 115 p.
8. World Bank Indicators. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/>
9. Біткова Т.В. Системно-динамічне моделювання. Техніка побудови імітаційних моделей з використанням Vensim PLE: навч. посіб. Х.: Харківський нац. ун-т імені В.Н. Каразіна, 2017. 208 с.
10. Державна служба статистики України URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
11. Міграція в Україні: цифри і факти 2016 / Міжнародна організація з міграції. URL: [http://iom.org.ua/sites/default/files/ff\\_ukr\\_21\\_10\\_press.pdf](http://iom.org.ua/sites/default/files/ff_ukr_21_10_press.pdf).
12. Форрестер Дж. Мировая динамика. М.: Наука, 1978. 379 с.