

МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ РОЗРОБКИ АГРЕГОВАНОЇ МАКРОЕКОНОМІЧНОЇ МОДЕЛІ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ СИМУЛЬТАТИВНИХ РІВНЯНЬ

©2019 ЛУК'ЯНЕНКО І. Г., НАСАЧЕНКО М. Ю.

УДК 519.8:336.7
JEL: E17; E65; C12; C36

Лук'яненко І. Г., Насаченко М. Ю. Методологічні засади розробки агрегованої макроекономічної моделі України на основі системи симультативних рівнянь

Цілі статті полягають у: побудові та оцінюванні за допомогою системи симультативних рівнянь агрегованої макроекономічної моделі економіки України з урахуванням рівня тінізації; проведенні на основі моделі сценарного аналізу для визначення ключових інструментів державного регулювання, спрямованих на зменшення тіньового сектора та досягнення макроекономічної стабільності з урахуванням можливих зовнішніх та внутрішніх дестабілізуючих чинників та ризиків. Даний підхід до моделювання дозволяє не тільки кількісно оцінити взаємовплив ключових макроекономічних індикаторів української економіки, але й застосувати широкий спектр сценарного аналізу для визначення ефективних інструментів соціально-економічного державного регулювання в коротко- і довгостроковій перспективах. З метою демонстрації можливостей практичного застосування побудованої макромоделі було розраховано прогноз основних макроекономічних показників за умов базового сценарію та проаналізовано декілька можливих сценаріїв подальшого економічного розвитку (зокрема, в припущенні щодо подальшого зростання середньої заробітної плати та обсягів готівки поза банками), а також надано оцінку впливу такої зміни на рівень тінізації економіки та зайнятості за незмінності тенденцій інших макроекономічних індикаторів моделі. Сценарний аналіз та кількісна оцінка взаємозв'язків між змінними моделі свідчать про чутливість зайнятості, рівня тіньової економіки, інфляції, обмінного курсу, облікової ставки та ВВП до змін макроекономічного середовища. Перспективою подальших досліджень є розширення розробленої агрегованої макромоделі симультативних рівнянь додаванням інших секторів, зокрема бюджетного, фінансового, податкового тощо, для більш точного відтворення функціонування економіки країни загалом.

Ключові слова: система симультативних рівнянь, моделювання, тіньовий сектор, сценарний аналіз, макроекономіка.

DOI:

Рис.: 3. **Табл.:** 1. **Формул.:** 1. **Бібл.:** 11.

Лук'яненко Ірина Григорівна – доктор економічних наук, професор, завідувачка кафедри фінансів, Національний університет «Києво-Могилянська академія» (вул. Г. Сковороди, 2, Київ, 04655, Україна)

E-mail: luk@kse.org.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4128-5909>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/I-3725-2018>

Насаченко Марія Юріївна – магістр кафедри фінансів, Національний університет «Києво-Могилянська академія» (вул. Г. Сковороди, 2, Київ, 04655, Україна)

E-mail: mariya.nasachenko@gmail.com

УДК 519.8:336.7
JEL: E17; E65; C12; C36

UDC 519.8:336.7
JEL: E17; E65; C12; C36

Лук'яненко І. Г., Насаченко М. Ю. Методологічні засади розробки агрегованої макроекономічної моделі України на основі системи симультативних рівнянь

Цілі статті заключаються в: побудові та оцінюванні за допомогою системи симультативних рівнянь агрегованої макроекономічної моделі економіки України з урахуванням рівня тінізації; проведенні на основі моделі сценарного аналізу для визначення ключових інструментів державного регулювання, спрямованих на зменшення тіньового сектора та досягнення макроекономічної стабільності з урахуванням можливих зовнішніх та внутрішніх дестабілізуючих факторів та ризиків. Даний підхід до моделювання дозволяє не тільки кількісно оцінити взаємовплив ключових макроекономічних індикаторів української економіки, але й застосувати широкий спектр сценарного аналізу для визначення ефективних інструментів соціально-економічного державного регулювання в коротко- і довгостроковій перспективах. З метою демонстрації можливостей практичного застосування побудованої макромоделі було розраховано прогноз основних макроекономічних показників за умов базового сценарію та проаналізовано декілька можливих сценаріїв подальшого економічного розвитку (в частині, в припущенні щодо подальшого зростання середньої заробітної плати та обсягів готівки поза банками), а також проведена оцінка впливу такої зміни на рівень тінізації економіки та зайнятості за незмінності тенденцій інших макроекономічних індикаторів моделі. Сценарний аналіз та кількісна оцінка взаємозв'язків між змінними моделі свідчать про чутливість зайнятості, рівня тіньової економіки, інфляції, обмінного курсу, облікової ставки та ВВП до змін макроекономічного середовища. Перспективою подальших досліджень є розширення розробленої агрегованої макромоделі симультативних рівнянь додаванням інших секторів, зокрема бюджетного, фінансового, податкового тощо, для більш точного відтворення функціонування економіки країни загалом.

Lukianenko I. G., Nasachenko M. Yu. The Methodological Bases for Developing Ukraine's Aggregated Macro-Economic Model Based on a System of Simultative Equations

The objectives of the article are the following: building and evaluating with use of a system of simultaneous equations of an aggregated macro-economic model of Ukraine's economy, taking into account the level of shadowing; carrying out a scenario analysis based on the model to define the key instruments of the State-based regulation aimed at reducing the shadow sector and achieving macro-economic stability, taking into consideration possible external and internal destabilizing factors and risks. This approach to modeling allows quantifying the interaction of key macro-economic indicators of the Ukrainian economy, but also applying a wide range of scenario analysis to define efficient instruments of the State-based socio-economic regulation both in the short and long perspectives. In order to demonstrate the practical possibilities of the built macro-model, a forecast of the main macro-economic indicators is calculated under the terms of a baseline scenario and several possible scenarios for further economic development are analyzed (in particular, in the assumption as to further growth in average wages and volumes of cash outside banks), as well as an assessment of the impact of such a change on the level of economic shadowing and employment is carried out, indicating invariance of the tendencies of other macro-economic indicators of the model. Scenario analysis and quantification of the relationships between the model's variables indicate the sensitivity of employment, level of shadow economy, inflation, exchange rate, interest rate and GDP to changes in the macro-economic environment. Prospect for further research is to expand the developed aggregated macro-model of simultaneous equations by adding

разработанной агрегированной макромоделю симулятивных уравнений добавлением других секторов, в частности бюджетного, налогового и т. д., для более точного воспроизведения функционирования экономики страны в целом.

Ключевые слова: система симулятивных уравнений, моделирование, сценарный анализ, теневой сектор, макроэкономика.

Рис.: 3. **Табл.:** 1. **Формул:** 1. **Библ.:** 11.

Лукьяненко Ирина Григорьевна – доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой финансов, Национальный университет «Киево-Могилянская академия» (ул. Г. Сковороды, 2, Киев, 04655, Украина)

E-mail: luk@kse.org.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4128-5909>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/l-3725-2018>

Насаченко Мария Юрьевна – магистр кафедры финансов, Национальный университет «Киево-Могилянская академия» (ул. Г. Сковороды, 2, Киев, 04655, Украина) **E-mail:** mariya.nasachencko@gmail.com

other sectors, in particular fiscal, tax, etc., to more accurately reproduce the functioning of the country's economy as a whole.

Keywords: system of simulative equations, modeling, scenario analysis, shadow sector, macro-economics.

Fig.: 3. **Tabl.:** 1. **Formulae:** 1. **Bibl.:** 11.

Lukianenko Iryna G. – D. Sc. (Economics), Professor, Head of the Department of Finance, National University of "Kyiv-Mohyla Academy" (2 H. Skovorody Str., Kyiv, 04655, Ukraine)

E-mail: luk@kse.org.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4128-5909>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/l-3725-2018>

Nasachenko Mariia Yu. – Master, Department of Finance, National University of "Kyiv-Mohyla Academy" (2 H. Skovorody Str., Kyiv, 04655, Ukraine) **E-mail:** mariya.nasachencko@gmail.com

Проведення досліджень у сучасному світі складно уявити без застосування економетричного моделювання. Модельний інструментарій використовують не лише для прогнозування, а й як потужний засіб у підтвердженні або спростуванні гіпотез щодо взаємозв'язків між економічними показниками, аналізі найбільш імовірних сценаріїв подальшого економічного розвитку, виявленні сили впливу одних явищ на інші. Серед моделей найбільш поширеними є макроекономічні, оскільки вони дають змогу уникнути коштовних, а подекуди й неможливих експериментів на реальній економіці. Тестування наслідків різних типів державних політик, впровадження нових норм і законів актуалізує потребу розробки макромоделей країн, регіонів, секторів економіки з метою визначення ефективних інструментів державного регулювання. Розвинені країни світу активно використовують макроекономічні моделі та постійно вдосконалюють їх якість для максимально точного відтворення минулих і майбутніх економічних тенденцій. Для країн, що розвиваються, економіки яких є нестійкими до зовнішніх та внутрішніх дестабілізуючих факторів, використання моделювання постає ще більш важливим за рахунок наявності вищого ступеня невизначеності, значних ризиків та суттєвого тіньового сектора.

Вагомий внесок у дослідження питань макроекономічного моделювання, а також розробки теоретико-методологічних підходів до побудови та оцінювання економіко-математичних моделей різного рівня складності зробили такі вітчизняні та західні науковці: Баженова О. [1], Геєць В. [7], Городніченко Ю. [3; 6], Гронські М. [9], Гурьянова Л. [10], Клебанова Т. [2], Лук'яненко І. [3; 5; 6], Меркулова Т. [4], Сіденко В., Скрипниченко М. [7], Султан К. [6], Фарина О. [11], Шумська С. [8], Черняк О. [7] та багато інших.

Незважаючи на значну кількість напрацювань в даному напрямі, розробка оновленої версії макромоделі України, особливо з урахуванням рівня тінзації економіки, не втрачає своєї актуальності та важливості й до сьогодні.

Метою статті є побудова та оцінювання агрегованої симулятивної макроекономічної моделі економіки України з урахуванням рівня тінзації; проведення на її основі сценарного аналізу для визначення ключових інструментів державного регулювання, спрямованих на зменшення тіньового сектора, а також досягнення макроекономічної стабільності з урахуванням можливих зовнішніх та внутрішніх дестабілізуючих чинників та ризиків.

У процесі проведення дослідження застосовувалися загальнонаукові та специфічні методи пізнання. Зокрема, серед загальнонаукових було використано порівняльний аналіз та синтез для узагальнення інформації щодо аналізу вже існуючих макроекономічних моделей різного рівня складності. Специфічний економетричний інструментарій, зокрема системи симулятивних рівнянь, було застосовано для специфікації та оцінювання сили взаємозв'язків між ключовими індикаторами української економіки, а також для аналізу відповідності наявних в історичних даних тенденцій класичним економічним теоріям і припущенням. Сценарний аналіз було застосовано з метою визначення впливу змін у державному регулюванні на рівень тінзації української економіки та її макроекономічну стабільність.

Одна з перших макроекономічних моделей України, що базувалася на системі симулятивних рівнянь, була розроблена у 1999 р. варшавським Центром соціальних та економічних досліджень. Первинною метою даної моделі був аналіз наслідків існування значного тіньового сектора в Україні, згодом її розширили для короткострокового прогнозування та дослідження макроекономічної політики держави. Макромодель була сфокусована на аналізі шести основних секторів української економіки – споживання, інвестицій, міжнародної торгівлі, державних фінансів, ринку праці, грошей та кредитів – і складалася з таких блоків: домогосподарства, фірми, уряд, решта світу [9].

У напрямку макроекономічного моделювання працювали також і українські вчені. Розроблена ними динамічна стохастична модель загальної рівноваги (DSGE) з акцентом на аналіз зв'язків монетарної та бюджетно-фінансової політики відрізняється від уже існуючих урахуванням зовнішньоекономічної діяльності та міжнародного руху капіталів, тобто припускається, що вітчизняні домогосподарства мають доступ до іноземних кредитних ресурсів. Крім того, модель ускладнена механізмом фінансового акселератора, суть якого полягає у введенні до економічної системи негнучкостей, зокрема враховується існування нечесних позичальників на ринку та надмірно високих витрат на моніторинг за використанням кредитних ресурсів. Модель містить рівняння, що описують поведінку домогосподарств, зовнішній сектор, оптову торгівлю через підприємства-виробники, виробників капіталу, кінцевих виробників та встановлення цін, уряду та національного банку, фінансовий акселератор, ринковий макроризик та шоки [5].

Не менш цікавою є макромодель української економіки, розроблена за допомогою методу систем симультивних рівнянь, котрий є значно простішим у побудові та використанні порівняно з DSGE-моделями. Загальна модель складається з п'яти основних секторів – зовнішнього, монетарного, реального, бюджетного та сектора ринку праці. Розподіл на змістовні блоки дозволяє відобразити взаємозалежності між макроекономічними показниками, а також окремо розглянути кожен із секторів економіки. У реальному секторі моделюються зв'язки між споживанням, доходом, інвестиціями, а також формується ВВП; у секторі ринку праці визначається реальна та номінальна зайнятість та заробітна плата; монетарний сектор містить взаємозв'язки між грошовою масою, обмінним курсом, процентною ставкою, цінними індексами та швидкістю обертання грошей в економіці; у зовнішньому секторі формується торговельний баланс, зокрема обсяги імпорту та експорту; останній – бюджетний – сектор відображає показники бюджетного дефіциту, доходів держбюджету та державні видатки [6].

Базуючись на аналізі вже існуючих макроекономічних моделей, з метою найбільш точного відтворення функціонування української економіки в нових економічних умовах було розроблено агреговану макроекономічну модель України з урахуванням рівня тінізації на основі системи симультивних рівнянь. За своєю суттю модель симультивних рівнянь – це система багатфакторних регресійних рівнянь, що описують взаємозв'язки між змінними. Дана методологія дозволяє моделювати складні макроекономічні залежності більш реалістично за рахунок можливості використання ендогенних змінних у ролі пояснювальних. Моделі симультивних (одночасних) рівнянь передбачають порушення класичних припущень

щодо залежності факторів та випадкових величин, тому в даному випадку найчастіше використовують спеціальні методи оцінювання невідомих параметрів, зокрема двокроковий і трискроковий МНК. Рішення, який з методів обрати, залежить від ступеня ототожнення системи, що перевіряється, за допомогою умов порядку та рангу, а також значень діагностичних критеріїв, зокрема значення детермінанта варіаційно-коваріаційної матриці залишків (похибок) [3].

Специфікація даного класу моделей залежить від мети дослідження, економічної теорії та економічних концепцій, покладених в її основу, а також проведеної повної діагностики щодо адекватності та прогнозної якості як окремих рівнянь системи, так і моделі загалом.

В узагальненому вигляді система симультивних рівнянь може бути представлена таким чином [3]:

$$\begin{cases} Y_{1t} = \beta_{10} + \beta_{12}Y_{2t} + \dots + \beta_{1m}Y_{mt} + \gamma_{11}X_{1t} + \dots + \\ \quad + \gamma_{1k}X_{kt} + \varepsilon_{1t}; \\ Y_{2t} = \beta_{20} + \beta_{21}Y_{1t} + \dots + \beta_{2m}Y_{mt} + \gamma_{21}X_{1t} + \dots + \\ \quad + \gamma_{2k}X_{kt} + \varepsilon_{2t}; \\ \dots \\ Y_{mt} = \beta_{m0} + \beta_{m1}Y_{2t} + \dots + \beta_{mm-1}Y_{m-1,t} + \\ \quad + \gamma_{m1}X_{1t} + \dots + \gamma_{mk}X_{kt} + \varepsilon_{mt}, \end{cases} \quad (1)$$

де $Y_{1t}, Y_{2t}, \dots, Y_{mt}$ – ендогенні або залежні змінні системи; $X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{kt}$ – предетерміновані (попередньо визначені) або екзогенні змінні; $\varepsilon_{1t}, \varepsilon_{2t}, \dots, \varepsilon_{mt}$ – випадкові величини; $t = 1, 2, \dots, N$ – загальна кількість спостережень; $k = \bar{I}, \bar{K}$ – кількість екзогенних і предетермінованих змінних; $\beta_{10}, \beta_{12}, \dots, \beta_{mm-1}$ – невідомі коефіцієнти біля ендогенних змінних системи; $\gamma_{11}, \gamma_{21}, \dots, \gamma_{mk}$ – невідомі коефіцієнти біля екзогенних змінних системи; $m = \bar{I}, \bar{M}$ – кількість ендогенних змінних системи.

Перевагами використання системи симультивних рівнянь на практиці є висока точність отриманих результатів, у тому числі оцінених коефіцієнтів, що демонструють силу впливу показників один на одного, а також можливість оцінки непрямих зв'язків між змінними за рахунок включення до рівнянь слабо екзогенних змінних. Крім того, моделі симультивних (одночасних) рівнянь прості в інтерпретації та дозволяють максимально прозоро відобразити процеси, що мають місце в економіці. Отже, системи симультивних рівнянь є одним із найбільш зручних і коректних методів моделювання макроекономічних систем, оскільки дозволяють врахувати як історичні тенденції, так і причинно-наслідкові зв'язки між досліджуваними змінними.

Розроблена та оцінена на реальній інформації макромодель України на основі системи симультивних рівнянь є агрегованою та включає лише шість основних рівнянь, а саме: рівняння визначення рівня

зайнятості, облікової ставки, рівня тіньової економіки, індексу споживчих цін, обсягів ВВП та обмінного курсу. В основу її специфікації покладено логіку взаємозв'язків, яка притаманна українській економіці в сучасних умовах. Обсяг виробництва впливає на обмінний курс, оскільки зростання експорту продукції укріплює національну валюту [7]. Зворотний зв'язок облікової ставки з курсом гривні до долара та індексом споживчих цін обумовлений тим, що підвищення ключової ставки сприяє одночасно і зниженню цін, і ревальвації обмінного курсу за рахунок припливу капіталу в країну через вищу дохідність інвестицій [1]. Крім того, дана залежність враховує ефект перенесення волатильності обмінного курсу на внутрішні ціни [11]. Зайнятість пов'язана, з одного боку, з індексом інфляції – у періоди економічного зростання знижується безробіття, однак зростають ціни згідно з кривою Філіпса [8], а з іншого – з рівнем тіньової економіки, адже більша кількість офіційно працевлаштованого населення означає нижчий рівень тінізації [10]. Відповідно наявність тіньової економіки спричиняє зниження офіційного ВВП [2; 4] тощо. Узагальнену схему взаємозв'язків між змінними агрегованої макромоделі наведено на *рис. 1*.

Зазначимо, що кожна з ендогенних змінних наведена в моделі у вигляді багатofакторного регресійного рівняння. Всі необхідні розрахунки та симуляції було проведено у програмному пакеті EVIEWS 8 на

основі реальної інформації. Загальна специфікація розробленої системи симульативних рівнянь та результати її оцінювання на реальній інформації наведено в *табл. 1*.

Зауважимо, що перевірка розрахованих коефіцієнтів макромоделі на статистичну значущість за *t*-критерієм Стьюдента та проведена повна діагностика як окремих рівнянь, так і системи загалом підтвердила її адекватність та можливість застосування на практиці.

Розроблена агрегована макроекономічна модель, незважаючи на свою простоту та компактність, дозволяє проводити не тільки широкий спектр сценарного аналізу наслідків різних варіантів державної політики, але й кількісно оцінювати взаємовплив ключових макроекономічних індикаторів української економіки. Так, наприклад, як показують результати розрахунків на реальній інформації, зростання індексу споживчих цін на 1% зумовлює зростання номінального ВВП на 4817 млн грн. Даний ефект має місце, оскільки у кризові періоди висхідна динаміка виробництва пояснювалася не нарощенням його обсягів, а значним підвищенням цін. Зростання на 1% обсягів готівки поза банками зумовлює підвищення рівня тінізації економіки на 0,01%, оскільки неформальний сектор обслуговується більшою мірою готівковими розрахунками, котрі неможливо

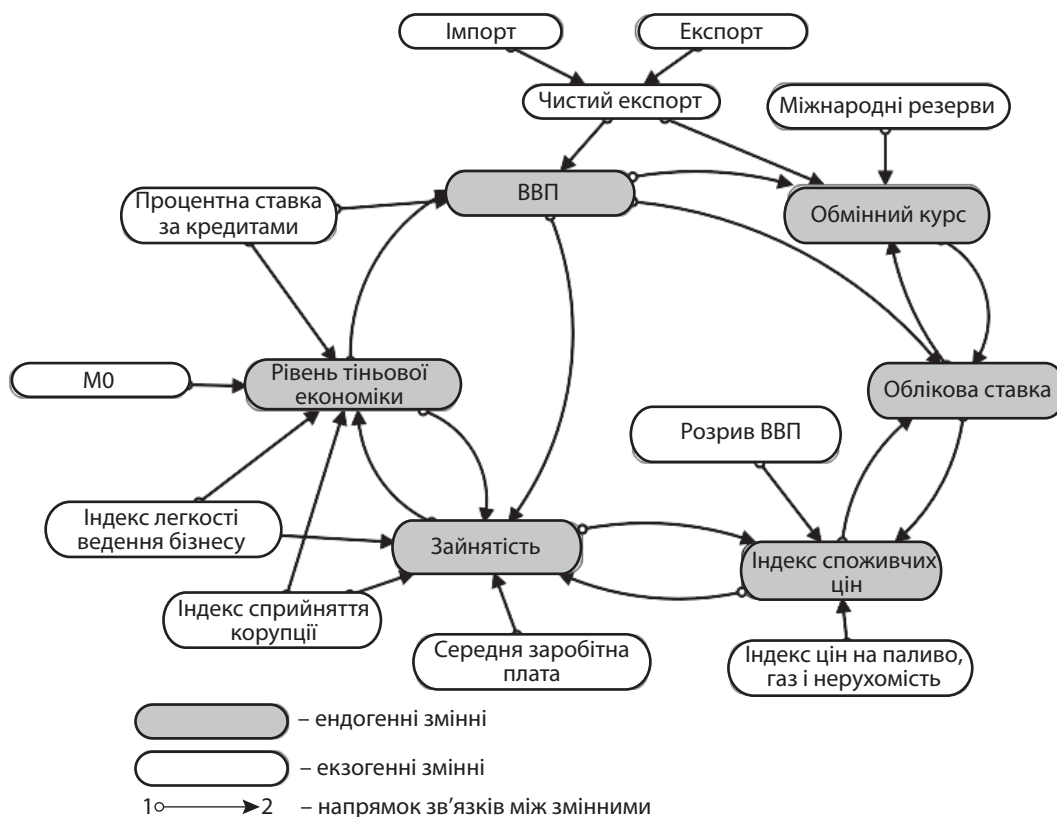


Рис. 1. Узагальнена схема взаємозв'язків між ендогенними змінними агрегованої макроекономічної моделі України

Джерело: авторська розробка.

Результати оцінювання системи симульативних рівнянь

№ з/п	Специфікація рівнянь моделі	Коефіцієнт детермінації
1	Рівняння ВВП, млн грн	82,7%
	$GDP_t = -59044,4 + 4817,6CPI_t + 9720,5L_{RATE_{t-4}} + 3002,7S_{HE_{t-4}} - 8,29(EX_t - IM_t)$	
2	Рівняння обмінного курсу, грн/дол.	98,6%
	$LOG(ER_t) = 0,81 - 0,24 LOG(RESERVES_{t-1}) - 0,0000006(EX_t - IM_t) + 0,002KPR_{t-2} + 0,03LOG(GDP_{t-5}) + 1,03LOG(ER_{t-1})$	
3	Рівняння рівня тіньової економіки, %	66,9%
	$SH_{E_t} = 82,5 - 0,37L_{RATE_{t-1}} + 1,64LOG(MO_{t-2}) + 13,41LOG(CORR_{t-1}) + 10,09 LOG(BUSINESS_{t-3}) - 13,98LOG(EMPL_{t-2})$	
4	Рівняння індексу споживчих цін, %	93,7%
	$CPI_t = -176,6 + 0,58CPI_{t+1} - 0,027GDP_{GAP_t} - 0,6KPR_{t-1} + 0,13P_{E_RE_F_t} + 17,45LOG(EMPL_{t-1})$	
5	Рівняння облікової ставки НБУ, п. п.	95,5%
	$LOG(KPR_t) = 0,53 + 0,6LOG(KPR_{t-1}) + 0,002CPI_{t+3} - 0,008LOG(GDP_t) + 0,008CPI_t + 0,15LOG(ER_t)$	
6	Рівняння зайнятості, тис. осіб	96,6%
	$LOG(EMPL_t) = 9,35 - 0,001CPI_t + 0,02LOG(WAGE_t) - 0,108LOG(GDP_{t-2}) + 0,31LOG(BUSINESS_{t-1}) - 0,002SH_{E_{t-6}} + 0,25LOG(CORR_{t-4})$	

Умовні позначення: t – часовий період; KPR – облікова ставка НБУ, процентні пункти; CPI – індекс споживчих цін, %; ER – обмінний курс гривні до долара; EX – експорт товарів і послуг, млн грн; $EMPL_t$ – зайнятість, тис. осіб; IM – імпорт товарів і послуг, млн грн; SH_{E_t} – рівень тіньової економіки, %; $P_{E_RE_F}$ – індекс цін на паливо, газ і нерухомість, %; GDP – валовий внутрішній продукт, млн грн; L_{RATE} – зважена ставка за кредитами, %; $RESERVES$ – міжнародні резерви НБУ, млн грн; MO – готівкові кошти в обігу поза депозитними корпораціями, млн грн; $CORR$ – індекс сприйняття корупції; $BUSINESS$ – індекс легкості ведення бізнесу; $WAGE_t$ – середня заробітна плата, грн.

Джерело: розраховано авторами.

контролювати. Не менш важливими чинниками, що мотивують підприємства провадити діяльність неофіційно, є рівень корупції та бізнес-клімат у країні. Зростання корумпованості країни та ускладнення умов провадження бізнесової діяльності зумовлює розширення тіньового сектора, а отже, погіршення індексів сприйняття корупції та легкості ведення бізнесу на 1% призводять до зростання тінізації на 0,13% та 0,1% відповідно.

Зв'язок між інфляцією та зайнятістю – обернений, що зумовлено наявною історичною тенденцією – протягом 2014–2016 рр. стрімке зростання цін супроводжувалося суттєвим зниженням зайнятості. Тому зростання індексу споживчих цін на 1% спричиняє зниження зайнятості на 0,1%. Можливість отримання вищих доходів служить поштовхом до більш інтенсивного найму нових працівників, тому підвищення середньої зарплатні на 1% збільшує кількість працевлаштованих на 0,02%.

Важливим моментом підтвердження адекватності та прогнозної якості макроекономічної моделі є порівняння розрахованих на її основі значень ендогенних змінних з реальними історичними даними, а також відтворення точок перегину. На *рис. 2*, як приклад, наведено відтворення моделлю симульативних рівнянь динаміки обмінного курсу та ВВП на квартальних даних за період з 2008 по 2018 рр.

Як можна побачити з візуального аналізу графіків, наведених на *рис. 2*, історичні дані репліковані досить точно, практично всі поворотні точки – пікові та кризові періоди – чітко відтворені. Значення критерію середньої абсолютної процентної похибки прогнозу (MAPE) для ендогенних показників коливається в межах від 2% до 5% (за незначним виключенням), що свідчить про задовільну прогнозу якість розробленої моделі.

З метою демонстрації можливостей практичного застосування розробленої агрегованої макромоделі України було проведено прогнозування показників на основі як базового сценарію, що передбачає продовження поточної тенденції економічного розвитку в майбутньому та незмінність взаємозв'язків між макроекономічними змінними, так і тестування випадків, що передбачають суттєву зміну певних ключових регулюючих державних інструментів та оцінювання їх впливу на макроекономічну ситуацію в країні. Як приклад наведемо лише два сценарії зі всієї множини можливих.

Сценарій 1. Зростання середньої заробітної плати на 15% за рахунок підвищення мінімальної зарплати та аналіз впливу такої зміни на рівень тінізації економіки та зайнятість за незмінності тенденцій інших макроекономічних індикаторів моделі.

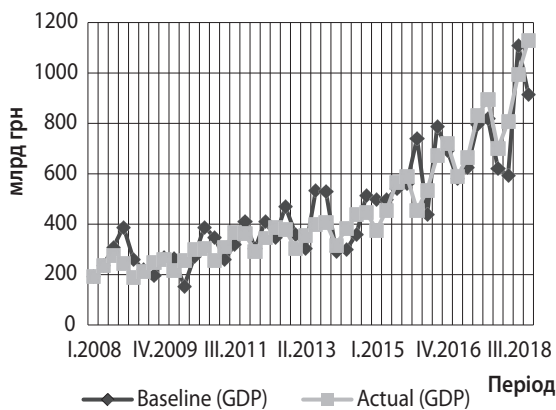
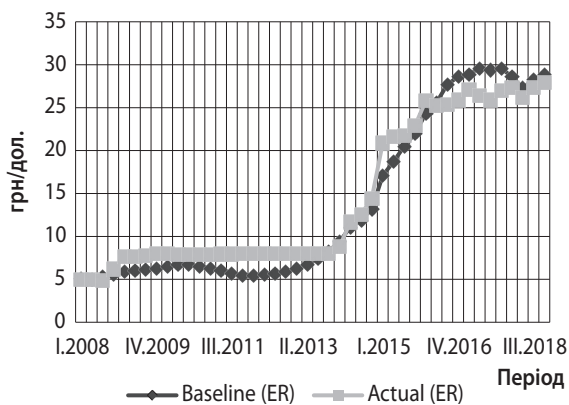


Рис. 2. Динаміка реальних (Actual) і розрахованих на основі динамічного (базового) прогнозу моделі (Baseline) значень обмінного курсу (ER) та обсягів ВВП (GDP)

Джерело: розраховано авторами.

Сценарій 2. Зростання грошового агрегату $M0$ на 15% та аналіз впливу такої зміни на рівень тінізації економіки та зайнятості за незмінності тенденцій інших макроекономічних індикаторів моделі.

На рис. 3 відображено порівняльний аналіз результатів, отриманих за сценарієм 1 (Scenario 1), сценарієм 2 (Scenario 2) та базовим сценарієм (Baseline), який передбачає продовження поточної тенденції економічного розвитку в майбутньому для всіх ключових змінних моделі.

Як показує аналіз отриманих результатів за умов сценарію 1, а саме при зростанні середньої заробітної плати на 15% за рахунок підвищення мінімальної зарплати, спостерігається зниження рівня тіньової економіки та поступове збільшення кількості офіційно зайнятого населення за інших рівних умов. Можливість отримання вищих доходів слугує поштовхом до переходу робочої сили з тіньового сектору в офіційний, що відповідно знижує тінізацію та підвищує зайнятість.

За умов сценарію 2, а саме – при зростанні агрегату $M0$ на 15%, як можна побачити з візуального

аналізу графіків, наведених на рис. 3, спостерігається розширення тіньового сектору та зниження зайнятості за інших рівних умов. Дійсно, готівка поза банками часто використовується як платіжний засіб у тіньовій економіці, оскільки її переміщення неможливо контролювати, а отже, суттєве зростання агрегату $M0$ сприяє підвищенню рівня тінізації та, як результат, – переходу частини робочої сили в неофіційний сектор. Отримані результати свідчать про чутливість рівня тіньової економіки та зайнятості до змін мінімальної заробітної плати та обсягу готівкових коштів поза банками.

При цьому слід зазначити, що розглянуті сценарії є лише ілюстративним прикладом широкого спектра можливостей використання розробленої агрегованої макромоделі української економіки для експрес-діагностики, на її основі можна будувати та аналізувати наслідки відтворення більш складних комбінованих сценаріїв різноманітних варіантів державної соціально-економічної політики в короткостроковій та середньостроковій перспективах.

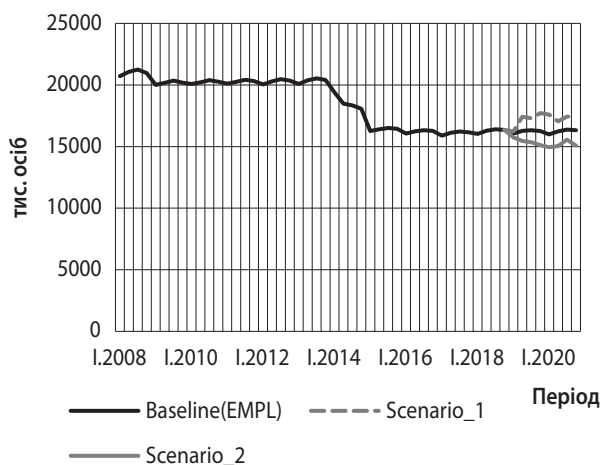
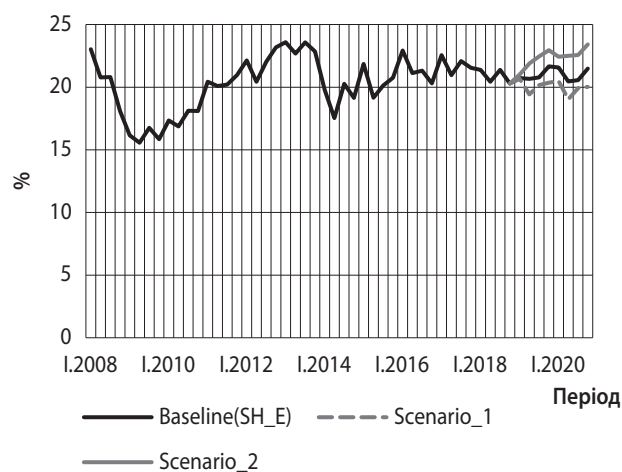


Рис. 3. Прогноз рівня тіньової економіки (SH_E) та зайнятості (EMPL) за сценаріями 1 (Scenario 1) та 2 (Scenario 2) порівняно з базовим (Baseline)

Джерело: розраховано авторами.

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз показав, що розроблена та оцінена на реальній інформації агрегована макроекономічна модель, незважаючи на свою простоту та компактність, дозволяє не тільки кількісно оцінити взаємовплив ключових макроекономічних індикаторів української економіки, але й проводити широкий спектр сценарного аналізу для визначення ключових інструментів державного регулювання, спрямованих на зменшення тіньового сектора, а також досягнення макроекономічної стабільності з урахуванням можливих зовнішніх та внутрішніх дестабілізуючих чинників та ризиків.

Перевірка прогнозової якості побудованої агрегованої макромоделі України показала, що вона відтворює реальні історичні тенденції досить точно. Розрахована середня абсолютна похибка прогнозу (MAPE) для ендогенних змінних моделі коливається в межах від 2% до 5% (за незначним виключенням), а порівняльний візуальний аналіз графіків відтворення моделлю розрахованих і фактичних значень часових рядів продемонстрував її доволі хорошу здатність відображення ключових тенденцій розвитку та відтворення поворотних точок для всіх ендогенних змінних системи.

Проведений на основі побудованої макромоделі сценарний аналіз визначив чутливість зайнятості та рівня тіньової економіки до підвищення мінімальної заробітної плати та обсягу готівки поза банками, водночас ВВП та інфляція незначно реагують на зміни як неформального сектора, так і кількості працюючих. Не менш важливими чинниками, що мотивують підприємства провадити діяльність неофіційно, виявилися рівень корупції та бізнес-клімат у країні. Зростання корумпованості країни та ускладнення умов провадження бізнесової діяльності зумовлює розширення тіньового сектора та уповільнення темпів економічного зростання, що ще раз підтверджує важливість запровадження комплексної антикорупційної програми для оздоровлення української економіки та досягнення її інвестиційної привабливості. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. **Баженова О.** Чинники поточного рахунку в Україні: емпіричні докази. *Наукові записки НАУКМА*. 2018. Т. 3. № 1. С. 3–8.
DOI: <http://dx.doi.org/10.17721/1728-2667.2015/167-2/6>
2. Прикладные аспекты моделирования социально-экономических систем : колл. моногр. / под ред. Пономаренко В. С., Клебановой Т. С. Бердянск : Издатель Ткачук А. В., 2015. 512 с.
3. **Лукаченко І., Гордніченко Ю.** Сучасні економічні методи у фінансах : навч. посіб. Київ : Літера ЛТД, 2002. 352 с.
4. **Меркулова Т. В., Акулова Г. В.** Критичний аналіз негативних та позитивних наслідків податкової конкурен-

ції на основі відповідних моделей. *Бізнес Інформ*. 2012. № 4. С. 204–207.

5. Системний аналіз формування державної політики в умовах макроекономічної дестабілізації / за ред. д-ра економ. проф. І. Г. Лук'яненко. Київ : НАУКМА, 2017. 464 с.

6. **Султан К., Лук'яненко І., Гордніченко Ю.** Методологічні аспекти розробки та практичного застосування макроекономічних моделей (на прикладі України). Київ : Видавничий дім «KM Academia», 2000. 202 с.

7. Фактори макроекономічної нестабільності в системі моделей економічного розвитку: кол. моногр. / Геєць В., Сіденко В., Скрипниченко М., Крючкова І., Черняк О. Київ, 2012. 717 с.

8. **Шумська С. С.** Інфляція чи ревальвація: яке з двох зол менше? *Економіка і прогнозування*. 2005. № 5. С. 127–146.

9. **Gronicki M., Pietka K.** Macroeconomic model for Ukraine. Warsaw : Center for Social and Economic Research, 1999. 52 s.

10. **Guryanova L., Piskun E., Milevskiy S.** Models for assessing the impact of interregional interaction effects on the level of the EU countries' financial security // Proceedings of the International Scientific Conference "Competitive, Sustainable and Secure Development of the Regional Economy: Response to Global Challenges" (CSSDRE 2018).
DOI: <https://doi.org/10.2991/cssdre-18.2018.70>

11. **Faryna O.** Nonlinear Exchange Rate Pass-Through to Domestic Prices in Ukraine. *Visnyk of the National Bank of Ukraine*. 2016. No. 5. P. 30–42.

REFERENCES

Bazhenova, O. "Chynnyky potochnoho rakhunku v Ukraini: empyrychni dokazy" [Current Account Factors in Ukraine: Empirical Evidence]. *Naukovi zapysky NaUKMA*, vol. 3, no. 1 (2018): 3-8.

DOI: <http://dx.doi.org/10.17721/1728-2667.2015/167-2/6>

Faryna, O. "Nonlinear Exchange Rate Pass-Through to Domestic Prices in Ukraine". *Visnyk of the National Bank of Ukraine*, no. 5 (2016): 30-42.

Gronicki, M., and Pietka, K. *Macroeconomic model for Ukraine*. Warsaw: Center for Social and Economic Research, 1999.

Guryanova, L., Piskun, E., and Milevskiy, S. "Models for assessing the impact of interregional interaction effects on the level of the EU countries' financial security". *Competitive, Sustainable and Secure Development of the Regional Economy: Response to Global Challenges*, 2018.

DOI: <https://doi.org/10.2991/cssdre-18.2018.70>

Heiets, V. et al. *Faktyory makroekonomichnoi nestabilnosti v systemi modelei ekonomichnoho rozvytku* [Macroeconomic instability factors in the system of economic development models]. Kyiv, 2012.

Lukianenko, I., and Horodnichenko, Yu. *Suchasni ekonometrychni metody u finansakh* [Modern econometric methods in finance]. Kyiv: Litera LTD, 2002.

Merkulova, T. V., and Akulova, H. V. "Krytychnyi analiz nehatyvnykh ta pozytyvnykh naslidkiv podatkovoi konkurentsii na osnovi vidpovidnykh modelei" [Critical analysis of the negative and positive effects of tax competition on the basis of appropriate models]. *Biznes Inform*, no. 4 (2012): 204-207.

Prikladnyye aspekty modelirovaniya sotsialno-ekonomicheskikh sistem [Applied aspects of modeling socio-economic systems]. Berdiansk: Izdatel Tkachuk A. V., 2015.

Shumska, S. S. "Inflatsiia chy revalvatsiia: yake z dvokh zol menshe?" [Inflation or revaluation: Which of the two evils is less?]. *Ekonomika i prohnozuvannia*, no. 5 (2005): 127-146.

Sultan, K., Lukianenko, I., and Horodnichenko, Yu. *Metodolohichni aspekty rozrobky ta praktychnoho zastosovuvannia makroekonomichnykh modelei (na prykladi Ukrainy)* [Methodological aspects of development and practical application of

macroeconomic models (on the example of Ukraine)]. Kyiv: VD «KM Academia», 2000.

Systemnyi analiz formuvannia derzhavnoi polityky v umovakh makroekonomichnoi destabilizatsii [System analysis of state policy making in conditions of macroeconomic destabilization]. Kyiv: NaUKMA, 2017.

УДК 330.3: 330.4

JEL: C32; M37

ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАКУПІВЕЛЬ СИРОВИНИ ТА РЕКЛАМНОЇ КАМПАНІЇ ПІДПРИЄМСТВА

©2019 ШЕРСТЕННИКОВ Ю. В., КОЖЕМ'ЯКА М. А.

УДК 330.3: 330.4

JEL: C32; M37

Шерстенников Ю. В., Кожем'яка М. А. Оптимізація закупівель сировини та рекламної кампанії підприємства

Робота присвячена розробці одного з методів імітаційного моделювання логістичної системи (ЛС) підприємства. Мета статті – використовуючи підхід Дж. Форрестера, розробити економіко-математичну модель виробничої діяльності підприємства з урахуванням усіх основних ланок ЛС, починаючи зі складу сировини; застосувати розроблену модель для одночасної оптимізації закупівель сировини та тривалості рекламної кампанії. У роботі сформульовано систему рівнянь, що описують ЛС підприємства. Імітаційне моделювання реалізоване за допомогою системи математичних рівнянь, покладених в основу комп'ютерних програм, що дозволило провести моделювання роботи ЛС у режимі «імітації» структури з урахуванням параметрів ЛС. Сформульовано оптимізаційну задачу визначення максимуму економічної ефективності як функції параметрів, що визначають закупки сировини та терміни рекламної кампанії. Виконано розрахунки часової динаміки всіх темпів логістичної системи (виробництва, перевезень), а також динаміки рівнів товару на оптовому складі та в мережі роздрібної торгівлі.

Ключові слова: логістична система, економіко-математична модель, рекламна кампанія.

DOI:

Рис.: 6. **Формул:** 15. **Бібл.:** 8.

Шерстенников Юрій Всеволодович – доктор економічних наук, доцент, професор кафедри економічної кібернетики, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (просп. Гагаріна, 72, Дніпро, 49010, Україна)

E-mail: hm001@ukr.net

Кожем'яка Марія Андріївна – магістрант, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (просп. Гагаріна, 72, Дніпро, 49010, Україна)

E-mail: mariakozhemaka@gmail.com

УДК 330.3: 330.4

JEL: C32; M37

UDC 330.3: 330.4

JEL: C32; M37

Шерстенников Ю. В., Кожемьяка М. А. Оптимизация закупок сырья и рекламной кампании предприятия

Работа посвящена разработке одного из методов имитационного моделирования логистической системы (ЛС) предприятия. Цель статьи – используя подход Дж. Форрестера, разработать экономико-математическую модель производственной деятельности предприятия с учетом всех основных звеньев ЛС, начиная с состава сырья; применить разработанную модель для одновременной оптимизации закупок сырья и продолжительности рекламной кампании. В работе сформулирована система уравнений, которые описывают ЛС предприятия. Имитационное моделирование реализовано с помощью системы математических уравнений, положенных в основу компьютерных программ, что позволило провести моделирование работы ЛС в режиме «имитации» структуры с учетом параметров ЛС. Сформулирована оптимизационная задача определения максимума экономической эффективности как функции параметров, которые определяют закупки сырья и сроки рекламной кампании. Выполнены расчеты временной динамики всех темпов логистической системы (производства, перевозок), а также динамики уровней товара на оптовом составе и в сети розничной торговли.

Ключевые слова: логистическая система, экономико-математическая модель, рекламная компания.

Рис.: 6. **Формул:** 15. **Библ.:** 8.

Шерстенников Юрій Всеволодович – доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры экономической кибернетики, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара (просп. Гагарина, 72, Днепр, 49010, Украина)

E-mail: hm001@ukr.net

Кожемьяка Мария Андреевна – магистрант, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара (просп. Гагарина, 72, Днепр, 49010, Украина)

E-mail: mariakozhemaka@gmail.com

Sherstennikov Yu. V., Kozhemjaka M. A. Optimizing the Raw Materials Purchases and Advertising Campaign of Enterprise

The publication is concerned with elaboration of a method for simulation of the logistics system (LS) of enterprise. The article is aimed at development, using the approach by J. Forrester, of an economic-mathematical model of the enterprise's production activities taking into account all the main links of its LS, starting with the composition of raw materials; application of the developed model to simultaneously optimize the purchase of raw materials and the duration of an advertising campaign. The publication formulates a system of equations that describe the enterprise's LS. Simulation modeling is implemented using a system of mathematical equations, which constitute the basis of computer programs, allowing to model the work of LS in the mode of «simulation» of the structure, taking into account the parameters of the LS. The optimization task of defining the maximum economic efficiency as a function of parameters that determine the purchase of raw materials and the timing of an advertising campaign is formulated. Calculations of the time dynamics of all the pace of the logistics system (production, transportation), as well as the dynamics of the levels of goods in the wholesale and in retail chains, are accomplished.

Keywords: logistics system, economic-mathematical model, advertising campaign.

Fig.: 6. **Formulae:** 15. **Bibl.:** 8.

Sherstennikov Yuriy V. – D. Sc. (Economics), Associate Professor, Professor of the Department of Economic Cybernetics, Oles Honchar Dnipro National University (72 Haharina Ave., Dnipro, 49010, Ukraine)

E-mail: hm001@ukr.net

Kozhemjaka Marija A. – Graduate Student, Oles Honchar Dnipro National University (72 Haharina Ave., Dnipro, 49010, Ukraine)

E-mail: mariakozhemaka@gmail.com