

## МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 519.86:330.44

DOI: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/175-23>**Огліх В. В.**

кандидат фізико-математичних наук, доцент,  
Дніпровський національний університет імені Олесея Гончара  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3193-7931>

**Волкова В. В.**

кандидат економічних наук, доцент,  
Дніпровський національний університет імені Олесея Гончара

**Шаповалов О. В.**

кандидат технічних наук, доцент,  
Університет митної справи та фінансів

**Oglih Valentina, Volkova Valentina**

Oles Honchar Dnipro National University

**Shapovalov Oleksii**

University of Customs and Finance

### ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ DSGE-МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ КРАЇНИ

Метою дослідження є пошук виходу України із суспільно-економічної кризи та формування стратегії розвитку на засадах економіко-математичного моделювання із застосуванням макроекономічних DSGE-моделей (Dynamic Stochastic General Equilibrium). Із цією метою з'ясовано особливості економічної ситуації в Україні, яка характеризується негативними економічними наслідками обмеження соціальної та економічної діяльності на тлі карантинних заходів протидії пандемії COVID-19. Розкрито економіко-політичні протиріччя макросистеми України. Обґрунтовано необхідність та доцільність розроблення макроекономічної стратегії розвитку України з урахуванням інтересів мікроекономічних агентів. Доведено, що для аналізу економічної політики та складання сценарних прогнозів доцільно розробляти і застосовувати саме Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE-моделі), теоретичною задачею яких є інтеграція неокейнсіанських та неокласичних підходів. Докладно розглянуто перспективи застосування DSGE-моделей для формування стратегії розвитку країни.

**Ключові слова:** макроекономіка, модель, динаміка, рівновага, економічні агенти.

### PROSPECTS OF APPLICATION OF DSGE-MODELS FOR FORMATION OF THE COUNTRY DEVELOPMENT STRATEGY

The purpose of the study is to find Ukraine's way out of the socio-economic crisis and to form a development strategy based on economic and mathematical modeling using macroeconomic DSGE models (Dynamic Stochastic General Equilibrium). The contradictions facing public administration have intensified against the background of quarantine measures against the COVID-19 pandemic. The economic and political contradictions of the macrosystem of Ukraine are revealed. The state must minimize the negative economic implications of restrictions on social and economic activity. The emphasis on the peculiarities of the economic, political and social situation in Ukraine is made. It is shown that conducting generally accepted measures to improve the situation and forming a strategic direction of development faces opposition. The solution to the problem is appropriate to obtain on the basis of economic and mathematical modeling and solving a dynamic stochastic multicriteria problem of conditional optimization with many variables. It is proposed to apply tools for macroeconomic dynamic stochastic models of general equilibrium (DSGE). The language of mathematics this means that before the countries there is a dynamic multicriteria problem of conditional optimization with many variables. The prospects for using DSGE models to form a country's development strategy are considered in detail. The theoretical foundations of these models are the integration of neo-Keynesian and neoclassical approaches. It is shown that DSGE models allow you to combine macroeconomic policy of the state with the opposite interests of diverse groups of economic agents. The advantages and disadvantages of the benefits of dynamic stochastic models of general equilibrium are shown. DSGE models can be used for retrospective analysis, forecasting the future and finding out factors of such events, EX ANTE scenario analysis. It is possible to apply them to simulate stochastic price, technological, monetary, etc. "shocks". The country will be able to solve the decision-making problem in conditions of uncertainty and choose its optimal development and crisis strategy.

**Keywords:** macroeconomics, model, dynamics, equilibrium, economic agents.

**JEL classification:** E61, C39, C61, C62, H30

**Постановка проблеми.** Розглядаючи економічну ситуацію сьогодні як у розвинених країнах, так і тих, які розвиваються, маємо констатувати, що уряди майже всіх країн світу для виходу з кризи змушені докласти значних зусиль у двох протилежних напрямках. На тлі карантинних заходів протидії пандемії COVID-19, оголошеної ВОЗ у 2020 р., слід підтримати значну кількість громадян, які постраждали внаслідок обмеження соціальної та економічної діяльності, пов'язаної з ризиком розповсюдження пандемії. Водночас необхідно мінімізувати негативні економічні наслідки, а саме зростання рівня безробіття та психологічних ускладнень, зниження рівня добробуту на тлі економічного спаду. У проміжок часу, коли економіка світу та Європи ще не встигла оновитися від фінансової кризи, локдаун запустили нову світову рецесію.

Мовою математики це означає, що перед країнами стоїть динамічна багатокритеріальна задача умовної оптимізації з багатьма змінними. Саме множина визначення встановлює те, що кожна країна має розв'язувати таку задачу прийняття рішення в умовах невизначеності та вибирати свою оптимальну стратегію, балансує між мінімізацією ризику розповсюдження інфекції та максимізацією доходів, соціальною безпекою переважної більшості людей і недопущенням істотних утрат для економіки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням розроблення і застосування DSGE-моделей для формування стратегії розвитку європейських країн та США присвячено дослідження таких науковців, як Ф. Сметс, Р. Уотерс [7; 8], М. Адольфсон, С. Ласін, Дж. Лінде, М. Віллані [1], Д. Алтіг, Л. Дж. Крістіано, М. Ейхенбаум, Дж. Лінде [2].

Використовувані на практиці специфікації DSGE-моделей можуть бути вкрай різноманітні залежно від завдань, для яких вони розробляються [1–8]. Так, у центральних банках усе частіше використовуються моделі з великою та середньою кількістю рівнянь. Проте в наукових дослідженнях частіше застосовуються моделі з малим і середнім числом рівнянь.

Маємо констатувати поширення практики застосування формального економіко-математичного апарату DSGE-моделей, зокрема йдеться про такі моделі, як ToTEMi BoC-GEM (банк Канади), NAWM, NMCMi EAGLE (Європейський центральний банк), SIGMA (ФРС США), QUESTIII (Європейська комісія), GEMi GIMF (Міжнародний валютний фонд), BEQM (Банк Англії), MOISE (Банк Ізраїлю) тощо. Істотні результати, отримані в межах такого підходу, у конкретизації, оцінці й аналізі економічної політики та наслідків рішень регулятора, аналізі джерел флуктуації економіки, під час формування економічної політики та складання сценарних прогнозів породили попит на DSGE-інструментарій із боку центральних банків, міжнародних організацій і різних інституцій як в економіках розвинених країн, так і в тих, що розвиваються.

Перевага і водночас складність побудови DSGE-моделей полягають у їх наближеності до особливостей законодавства, значень показників реалій взаємовідносин структур і економічних суб'єктів кожної конкретної країни. Тому застосування відомих моделей, розроблених для інших країн, навіть для ретроспективного аналізу дасть хибні результати. Реформування економіки України неможливе без чіткого розуміння чин-

ників перетворень, прогнозування результатів, оцінки різних сценаріїв та стратегій. Таким чином, має місце необхідність донесення до науковців методології побудови, а для практиків важливості застосування моделей такого типу.

**Мета статті.** Тобто існує нагальна потреба у розробленні макроекономічної стратегії, яка б урахувала інтереси мікроекономічних агентів. Вищезначена проблема може бути вирішена, лише спираючись на економіко-математичну підтримку на засадах системи моделей. Складники системи мають відрізнятися своїми теоретичними основами, структурою, властивостями і враховувати ринкові та соціальні механізми взаємодії основних економічних агентів. Мету дослідження, а саме пошук виходу України із суспільно-економічної кризи та формування стратегії розвитку, пропонується досягати на засадах економіко-математичного моделювання із застосуванням макроекономічних DSGE-моделей (Dynamic Stochastic General Equilibrium) [1–6].

**Виклад основного матеріалу.** Пандемія COVID-19 та її наслідки застали Україну в дуже складний момент (рис. 1). Розкол громадянського суспільства з характерним поєднанням глибокої недовіри до державних інституцій та запитом на реформування з очікуванням кардинальних перебудов трансформуються у невідповідальне ставлення населення до заходів боротьби, впроваджених обмежень.

Передусім йдеться про:

- військові дії на Донбасі та анексію Криму та зовсім різне розуміння шляхів виходу з тупика;
- високий відсоток охоплення університетською й парауніверситетською освітою, провальні результати PISA-19 та занепад у науково-технічній сфері;
- дуже високий коефіцієнт сприйняття корупції на тлі низького рівня офіційної оплати кваліфікованої праці тощо;
- існування монопольних та олігопольних структур, які є постійним джерелом утрат ефективності економіки.

Проблеми у сфері світової економіки, коли країни, щоб підтримати бізнес свого виробника, стимулюють внутрішній попит, затягування зі структурними реформами не дали змоги Україні розраховувати на посилену допомогу країн Заходу, а також на можливість залучення грошей на комерційних ринках. Попри запуск нових інструментів монетарної політики, посилення банківського та фінансового регулювання, зниження ризиків у банківській системі ми майже втратили економічні «бонуси», які почали зароджуватися під впливом реформ.

Заходи, вжиті усіма країнами для недопущення фінансових колапсів та збільшення фінансової стабільності, створення ними додаткових джерел доходу для підвищення внутрішнього попиту на товари і послуги в багатих країнах забезпечили позитивний результат.

В інших країнах, зокрема в Україні, де за підсумком 2020 р. майже 50% українців опинилися на грані бідності, а 10% стали безробітними, аналогічні лише тільки посилили тиск на економіку та її грошовий «кровообіг». Це призвело до зниження інвестиційної та кредитної активності, особливо в реальному секторі економіки. Зазначимо, що звалювання в кризу почалося ще до того, як був досягнутий вихід на до

кризові показники економічної активності. Зростання макроекономічних показників країни неможливе без інноваційно-інвестиційного буму, країна знаходиться у фазі кредитного стиснення, бо фінансові інструменти та кредитування засновані на ринкових механізмах і негативно реагують на сторонні втручання, зумовлені «добрими намірами» з боку держави. Кредитне стиснення характеризується: зменшенням обсягу виданих кредитів на тлі процентних ставок, які постійно низькі або знижуються; підвищенням кредитних стандартів банками, помноженим на збільшення неприйняття ризику кредиторами на тлі капіталовкладень, які стагнують. Банки змушені йти на скорочення обсягів споживчого кредитування через ризик неплатежів. Причому підсилили цей процес представники чинної влади. Генеруючи певні заходи, начебто покликані допомогти громадянам пережити кризу, зокрема йдеться про прийняття влітку 2020 р. закону про скасування штрафів за кредитами, отриманими у фінансових установах, держава не прорахувала їхніх кінцевих наслідків. Це призвело до значного зростання кількості неплатників по кредитах. Водночас банки залишилися

без будь-яких важелів впливу на боржників. І поки влада не виправить становище, тенденція, схоже, може зберегтися і надалі.

Приймаючі рішення, які створюють довгострокову дію та економічний вплив, державний регулятор має зважати на істинний спектр евентуальних ефектів. Розуміння вказаних ефектів може бути отримано у царині DSGE-моделей, зокрема для (рис. 2):

- ретроспективного аналізу, тобто для пояснення процесів, які відбувалися в економіці раніше. Застосування макроекономічних моделей дає змогу поєднати та обґрунтувати: інтереси держави, які задаються за допомогою правил та обмежень; поведінку фірм та домогосподарств, які максимізують прибутки та добробут відповідно. Звертаємо увагу, що DSGE-моделі здатні формувати і розвивати уявлення про функціонування економіки як єдиного цілого;

- прогнозування майбутнього та з'ясування чинників таких подій. Існуючу нагальну потребу вирішення прикладних завдань доцільно задовольнити через розроблення макроекономічних моделей та їх подальшу підтримку. Звертаємо увагу, що більшість наявних сьогодні моделей [1–8] спрямовані на опис зв'язку між попитом і пропозицією, рівнем інтеграції в міжнародну торгівлю і обмінним курсом, взаємодією між ринками товару та праці, номінальними та реальними значеннями ендогенних змінних тощо;

- сценарного аналізу Ex ante. Формування оптимальних умов функціонування економіки можливе лише на засадах оцінки гіпотез щодо розвитку економіки за різних варіантів. Йдеться про аналіз потенціальних наслідків упровадження різних сценаріїв політики регулятора, зокрема залучення різноманітних ринкових механізмів; фіскальної та/або монетарної політики, уведення фіскальних інструментів. У перспективі можливо дослідити відповіді на фундаментальні шоки, аналізуючи функції імпульсного відгуку основних макроекономічних змінних, зрозуміти економічні взаємозв'язки між макроекономічними показниками. Так, наявна можливість дослідити наслідки шоків: зміни структури державних витрат, податкових ставок на різні типи доходів; перерозподілу трансфертів окремим групам домогосподарств; інвестиційних.

Складність аналізу макроекономічної політики, який би відповідав вимогам сьогодення, зумовлена «широким фронтом» перетину фінансово-економічної політики, що збігається з вимогами держави, із зацікавленням різноманітних груп економічних агентів із протилежними інтересами.

Для чіткого розуміння плину процесів у сфері фіскальної політики, оцінки результату від як уже реалізованих рішень, так і тих, що опрацьовуються, потрібні сучасні макроекономічні моделі, складниками яких є моделі поведінки економічних агентів на мікрорівні. Окремими агентами виступають:

- виробники товарів і послуг, які пред'являють попит на працю та створюють національний дохід;
- населення, яке генерує пропозицію на ринку праці і водночас є споживачем товарів і послуг;
- центральний банк, який впливає на макроекономічні показники та на рівновагу грошового ринку;
- державні органи, які визначають правила поведінки;



Рис. 1. Економіко-політичні протиріччя макросистеми України (розроблено авторами)

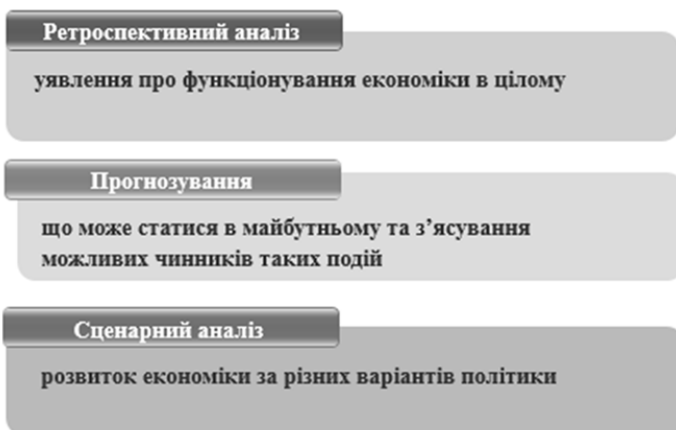


Рис. 2. Потенції застосування регулятором прийняття рішень, які здійснюють довгостроковий економічний вплив (розроблено авторами)

– зовнішній сектор, який одночасно виступає торговим партнером і джерелом шоків.

DSGE-моделям властиві переваги моделей, які характеризуються твердим теоретичним обґрунтуванням, і вони зазвичай забезпечують високу узгодженість з емпіричними даними. Їм притаманна здатність прогнозувати часові ряди не менш адекватно, ніж суто економетричні моделі, які не потребують апріорних обмежень, передбачених економічною теорією. Зокрема, йдеться про (баєсівські) векторні авторегресії, які оцінюються виключно на емпіричних даних. Порівняння DSGE з RBC-моделями (Real Business Cycle) свідчить, що вони значно складніші та деталізовані.

Завдяки тому, що динамічні стохастичні моделі [7] загальної рівноваги базуються на задачах стохастичної динамічної оптимізації, існує можливість застосовувати їх для моделювання стохастичних цінних, технологічних, монетарних тощо «шоків» [8].

Завдання дослідження іноді не потребують застосування великих складних моделей. Малі моделі можуть служити відправною точкою для складних структурних моделей та бути базисом для створення різних варіацій. І в цьому аспекті вкрай важливим є здатність DSGE-моделей пояснювати динаміку основних макроекономічних змінних вже за допомогою структурної лінійної моделі з малою кількістю рів-

нянь. Це важливо тому, що DSGE-моделі зазвичай достатньо складно:

– розв'язати аналітично через наявність значної кількості нелінійних рівнянь із великою кількістю параметрів;

– оцінювати економетрично через нелінійність рівнянь, та наявність операторів умовного математичного очікування майбутніх значень ендогенних змінних.

**Висновки.** Під час проведеного аналізу був зроблений висновок, що найбільш підходящим для цілей макроекономічного аналізу інструментом є моделі, що дають змогу врахувати весь комплекс взаємодії між агентами, а саме DSGE-моделі. Вони вже довгий час успішно використовуються центральними банками для оцінки наслідків проведеної монетарної політики, однак інфляційний блок та врахування суб'єктивних чинників суспільного впливу у DSGE-моделях поки не отримали необхідного розвитку.

Доцільно звернути увагу на моделі з невеликою кількістю рівнянь. Залежно від завдань, для яких вони розробляються, такі моделі є вкрай різномірними і, незважаючи на простоту, можуть бути застосовані для емпіричного моделювання та прогнозування. Матеріал, представлений у статті, допоможе сформулювати уявлення про переваги і обмеження, пов'язані з DSGE-моделюванням.

#### Список використаних джерел:

1. Adolfson M. Laseen S., Linde J., Villani M. Bayesian estimation of an open economy DSGE model with incomplete pass-through. *Journal of International Economics*. 2007. Vol. 72. № 2. P. 481–511.
2. Altig D., Christiano L.J., Eichenbaum M., Linde J. Firm-specific capital, nominal rigidities and the business cycle. *Review of Economic Dynamics*. 2011. Vol. 14. № 2. P. 225–247.
3. Aruoba B., Cuba-Borda P., Schorfheide F. Macroeconomic Dynamics Near the ZLB: A Tale of Two Countries. *Manuscript*. 2016.
4. Baxter M., King R.G. Fiscal policy in general equilibrium. *American Economic Review*. 1993. Vol. 83. № 3. P. 315–334.
5. Calvo G.A. Staggered prices in a utility-maximizing framework. *Journal of Monetary Economics*. 1983. Vol. 12. P. 383–398.
6. Canova F. Methods for applied macroeconomic research. Princeton University Press.
7. Smets F., Wouters R. An estimated dynamic stochastic general equilibrium model of the Euro Area. *Journal of European Economic Association*. 2003. Vol. 1. № 5. P. 1123–1175.
8. Smets F., Wouters R. Shocks and frictions in US business cycles: a Bayesian DSGE approach. *American Economic Review*. 2007. Vol. 97. № 3. P. 586–606.

#### References:

1. Adolfson M. Laseen S., Linde J., Villani M. (2007) Bayesian estimation of an open economy DSGE model with incomplete pass-through. *Journal of International Economics*, vol. 72, no. 2, pp. 481–511.
2. Altig D., Christiano L.J., Eichenbaum M., Linde J. (2011) Firm-specific capital, nominal rigidities and the business cycle. *Review of Economic Dynamics*, vol. 14, no. 2, pp. 225–247.
3. Aruoba B., Cuba-Borda P., Schorfheide F. (2016) Macroeconomic Dynamics Near the ZLB: A Tale of Two Countries. *Manuscript*.
4. Baxter M., King R. G. (1993) Fiscal policy in general equilibrium. *American Economic Review*, vol. 83, no 3, pp. 315–334.
5. Calvo G.A. (1983) Staggered prices in a utility-maximizing framework. *Journal of Monetary Economics*, vol. 12, pp. 383–398.
6. Canova F. (2007) Methods for applied macroeconomic research. Princeton University Press.
7. Smets F., Wouters R. (2003) An estimated dynamic stochastic general equilibrium model of the Euro Area. *Journal of European Economic Association*, vol. 1, no. 5, pp. 1123–1175.
8. Smets F., Wouters R. (2007) Shocks and frictions in US business cycles: a Bayesian DSGE approach. *American Economic Review*, vol. 97, no. 3, pp. 586–606.