

**Висновки і перспективи подальших робіт у цьому напрямку.** Зараз Україні необхідно спрямувати всі зусилля на збереження і примноження національного багатства, забезпечення конкурентоспроможного, економічного, соціального та екологічно збалансованого, довгострокового розвитку держави, як пріоритетних умов збільшення можливостей держави щодо захисту своїх національних інтересів та гарантування національної економічної безпеки. Водночас, слід зауважити, що це призведе до підвищення ролі програмно-цільових методів в управлінні національною економікою та необхідності забезпечення оптимальних пропорцій відтворення національного багатства, що стане напрямом подальших наукових досліджень.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Горбулін В. П. Стратегічне планування: вирішення проблем національної безпеки. Монографія

**Аннотація.** В статті изложены теоретические аспекты стратегического планирования воспроизводства национального богатства как резерва для реализации государственных целевых программ развития экономики. Идентифицирована взаимосвязь стратегического планирования воспроизводства национального богатства и условий достижения национальной экономической безопасности. Разработана структура потерь национального богатства и механизм их предотвращения по иерархическим признакам.

**Ключевые слова:** национальное богатство, национальная экономика, стратегическое планирование, экономическая безопасность, государственные целевые программы.

**Summary.** The article deals with theoretical aspects of the strategic planning of national wealth recreation as a reserve for realization state purpose-oriented programs of economic development. The relationship between strategic planning of national wealth recreation and ways to achieve national economic security is identified. The structure of national wealth loses and the mechanism of their prevention according to hierarchic features is worked out.

**Keywords:** national wealth, national economy, strategic planning, economic security, state purpose-oriented programs.

**Рецензент** д.е.н., професор ЛНУ ім. І.Франка Стефанишин О.В.  
**Експерт редакційної колегії** к.е.н., доцент УкрДАЗТ Назаренко І.Л.

УДК 330. 115(078.8)

## ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИНДИКАТОРОВ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВА

**Клебанова Т.С., д.э.н., профессор,  
Сергиенко Е.А., к.э.н., доцент,  
Гурьянова Л.С., к.э.н., доцент (ХНЭУ)**

В статті запропонований комплекс динамічних моделей індикаторів економічної безпеки держави, який на основі застосування інструментарію коінтеграційного, фазового та біфуркаційного аналізу, дозволяє одержати комплексну оцінку і провести аналіз стійкості функціонування макро й регіональних систем.

**Ключові слова:** економічна безпека, індикатори, економіко-математичні динамічні моделі, оцінка, аналіз, система управління

**Постановка проблемы и ее связь с научными и практическими заданиями.** В условиях нестабильности и неравномерности развития социально-экономических систем особо заостряются вопросы обеспечения экономической безопасности государств, что является одним из важнейших национальных приоритетов, гарантом государственной независимости, условием прогрессивного развития и роста благосостояния граждан. Растет актуальность комплексного исследования экономической безопасности государства (ЭБГ) с применением эффективных инструментов, которые позволили бы осуществлять комплексную оценку текущего и прогнозного состояния ЭБГ и ее составляющих, выявить их взаимосвязь, оценить степень стабильности развития экономической системы и сформировать качественные управленческие решения, направленные на обеспечение приемлемого уровня ЭБГ.

**Анализ последних исследования и публикаций.** Поскольку исследование экономической безопасности государства является сложным многогранным процессом, то для оценки, анализа и прогнозирования ее состояния в литературе используется широкий спектр формализованных и неформализованных методов, в основе которых лежит определение интегральных показателей уровня безопасности в пространственно-временном разрезе и использование совокупности различных индикаторов с их пороговыми и оптимальными значениями. Однако усиление глобализационных трансформаций в динамике территориального развития происходит в условиях мировых кризисных процессов, что обуславливает нелинейные взаимосвязи протекающих процессов и требует совершенствования инструментария управления на всех уровнях иерархии, качественной оценки индикаторов экономической безопасности, анализа их причинно-следственных связей.

**Выделение нерешенных частей общей проблемы.** Для усовершенствования методологии исследования динамики поведения индикаторов экономической безопасности и их взаимосвязи в работе предлагается применение современного инструментария динамических методов анализа – теории коинтеграционного, фазового и бифуркационного анализа [1, 2, 3, 4]. Методология предлагаемого инструментария позволяет строить обзорные модели процессов с учетом предкризисных и кризисных явлений. При этом с предкризисными явлениями связывается усложнение характера динамического процесса (например, приближение параметра системы к точке бифуркации, появление сложных полигармонических решений – осцилляций), а с

кризисными – качественные изменения в характере движения (потеря устойчивости, бифуркации, переход к динамическому хаосу). Данные подходы доказывают свою применимость, с их помощью рассчитываются динамические режимы и возможно не только качественное, но и количественное определение параметров системы, при которых происходят предкризисные и кризисные явления.

**Постановка задания.** Сформулируем основные направления построения динамических моделей индикаторов ЭБГ на основе оценки и анализа предкризисных, кризисных и послекризисных явлений в социально-экономических территориальных системах:

- формирование информационного пространства и выделение значимых индикаторов экономической безопасности;
- разработка методологии получения достоверных исходных данных, взаимосвязей и параметров моделей по реальным макроэкономическим показателям;
- разработка обозримой динамической модели на основе методологии нелинейной динамики, синергетики, теории катастроф;
- имитация и обучение построенных моделей по данным реализованных реальных ситуаций;
- мониторинг текущих индикаторов развития системы и анализ предкризисных тенденций.

**Изложение основного материала исследования.** Выбор математического инструментария для исследования динамики временных рядов и оценки взаимосвязи индикаторов экономической безопасности обусловлен следующими особенностями данных моделей:

1) Модели коинтеграции [2] основаны на отображении концепции долгосрочной взаимосвязи между нестационарными переменными. Этот класс моделей позволяет обнаружить долгосрочную взаимосвязь между экономическими индикаторами; является удобным инструментом кратко- и среднесрочного прогнозирования отдельных временных рядов; позволяет включать и исследовать взаимообратные связи между показателями и их лаговыми значениями; позволяет в совершенстве описать и проинтерпретировать взаимосвязи между переменными и их отклонением от равновесного состояния; позволяет оценить степень стабильности развития системы.

2) Модели фазовой плоскости [1, 3] позволяют определять состояния равновесия, которых может быть несколько, и оценивать устойчивость или неустойчивость соответствующего в данной точке состояния

равновесия и его тип. Ключевым моментом является построение фазового портрета системы, как способа изображения динамического процесса, и дальнейший анализ этого портрета, что дает возможность по виду фазовых траекторий наглядно представить всю совокупность движений, которые возникают в системе при всевозможных начальных условиях.

3) Теория бифуркаций [1, 4] представляет собой исследовательский инструментальный изучение неустойчивости систем различного уровня иерархии, потому что потеря устойчивости по своим проявлениям может быть катастрофична, даже если не приводит к гибели или разрушению системы, а лишь обуславливает переход к иной траектории развития. Выводы, следующие из бифуркационного анализа, имеют существенное значение для изучения механизмов переходных процессов как на стадии нарушения устойчивости (бифуркации и кризиса), так и для обретения нового устойчивого состояния, т.е. для того, чтобы нарушить устойчивость развития системы, достаточно воздействовать на отдельные индикаторы ее экономического развития.

В работе для построения комплекса моделей исследования динамики индикаторов экономической безопасности были рассмотрены следующие макроэкономические индикаторы: динамика ВВП (VVP), динамика инвестиций

(INVEST), динамика объемов промышленного производства (VROD), агрегат МЗ (M3), динамика объемов строительных работ (VBUD), заработная плата (ZARPLATA), динамика коэффициента миграции (KOEFG\_MIGR) и природного прироста населения (EST\_PRIROST).

Моделирование долгосрочной взаимосвязи индикаторов экономики Украины на основе ЕСМ – моделей осуществлено в работе по следующей схеме: [2]

1. Проверка индикаторов ЭБ на стационарность на основе критерия Дикки – Фуллера (ADF - test).

2. Определение порядка интеграции временных рядов (если временные ряды нестационарны, определяется порядок их интеграции, и при одинаковом порядке интеграции осуществляется проверка временных рядов на коинтеграцию).

3. Проверка динамических рядов на коинтеграцию по методологии Йохансена и Ингла – Гренджера.

4. Анализ причинно – следственных связей временных рядов на основе теста Гренджера.

5. Выбор порядка и оценка адекватности ЕСМ – моделей

Общий вид ЕСМ – модели для двух переменных можно представить в следующем в виде:

$$\Delta Y_{1t} = a_{10} + \sum_{i=1}^k a_{11}(i) \Delta i_{1,t-i} + \sum_{i=0}^k a_{12}(i) \Delta i_{2,t-i} \quad \lambda_1 \hat{u}_{1,t-1} + \varepsilon_{1t},$$

$$\Delta Y_{2t} = a_{20} + \sum_{i=0}^k a_{21}(i) \Delta i_{1,t-i} + \sum_{i=1}^k a_{22}(i) \Delta i_{2,t-i} \quad \lambda_2 \hat{u}_{2,t-1} + \varepsilon_{2t},$$

где  $\hat{u}_{1,t-1} = Y_{1,t-1} - \gamma_0 - \gamma_1 Y_{2,t-1}$  – уравнение долгосрочного равновесия (коинтеграционное уравнение), нормированное по первой переменной;

$\hat{u}_{2,t-1} = Y_{2,t-1} - \gamma_0 - \gamma_1 Y_{1,t-1}$  – уравнение долгосрочного равновесия (коинтеграционное уравнение), нормированное по второй переменной;

$\hat{u}_{1,t-1}$ ,  $\hat{u}_{2,t-1}$  – отклонение от долгосрочного равновесия. Долгосрочное равновесие достигается, если  $Y_{1,t-1} = \gamma_0 + \gamma_1 Y_{2,t-1}$ . Случайные величины (возмущение)  $\varepsilon_{1t}$  и  $\varepsilon_{2t}$  являются белым шумом, при этом они могут коррелировать между собой.

Для динамично стабильной модели необходимо выполнение следующих условий:  $0 \leq \lambda_1 < 1$ ,  $0 \leq \lambda_2 < 1$ . Коэффициенты  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  отражают быстроту приспособления. При этом

коэффициент  $\lambda_1$  является откликом (чувствительностью)  $\Delta Y_1$  на отклонение от равновесия, а коэффициент  $\lambda_2$  является откликом  $\Delta Y_2$  на отклонение от равновесия (они показывают, на сколько процентов отклонение от равновесия мгновенно корректируется каждой из переменных, соответственно, остальное отклонение корректируется на протяжении следующих периодов). Возможные значения коэффициентов приспособления и их интерпретация представлены в табл. 1.

Если абсолютное значение коэффициентов больше единицы, то система имеет «взрывной характер». Если коэффициент отрицателен и больше минус единицы – система не возвращается в равновесное состояние (данный случай характеризует наличие множества равновесных состояний).

Таблиця 1

*Інтерпретація коефіцієнтів швидкості адаптації*

Случай 1	Случай 2	Случай 3	Случай 4
$0 \leq \lambda_1 < 1,$ $0 \leq \lambda_2 < 1$	$0 \leq \lambda_1 < 1, \lambda_2 = 0$	$\lambda_1 = 0, 0 \leq \lambda_2 < 1$	$\lambda_1 = 0; \lambda_2 = 0$
$Y_1$ и $Y_2$ відповідають за повернення до рівноваги і є ендогенними змінними відхиленнями	Лише $Y_1$ відповідає за повернення до рівноваги і є ендогенною змінною, $Y_2$ - слабо ексгенна змінна	Лише $Y_2$ відповідає за повернення до рівноваги і є ендогенною змінною, а $Y_1$ - слабо ексгенна змінна	$Y_1$ и $Y_2$ не коінтегрують, немає довгочасної взаємозв'язку між змінними

6. Імпульсний аналіз і аналіз декомпозиції дисперсій на основі оціненої ЕСМ – моделі. Функція імпульсних відкликів (Impulse responses function – IRF) відображає явну динаміку зміни всіх змінних всередині системи в відповідь на зміну збурення однієї з них в одне середньквадратичне відхилення. Аналіз декомпозиції дисперсій (Variance decomposition) показує відносну важливість впливу факторів на динаміку зміни (дисперсію) конкретної змінної системи.

7. Прогнозування на основі побудованої ЕСМ – моделі.

Прогнози, побудовані на основі ЕСМ – моделей, необхідні для аналізу тенденцій розвитку досліджуваних індикаторів економічної безпеки в майбутньому і прийняття рішень в області формування і вибору інструментів запобігання кризовим ситуаціям.

В табл. 2. представлені коефіцієнти швидкості адаптації (стабільності) досліджуваних пар індикаторів.

Таблиця 2

*Коефіцієнти швидкості адаптації (стабільності) індикаторів економічної безпеки держави*

Уравнение взаємозв'язку	Коефіцієнти стабільності
1	2
VVP-Vprod	$\lambda_1 = -0,266; \lambda_2 = 0,616$
Import-VVP	$\lambda_1 = -0,36; \lambda_2 = -3,897$
Import- Vbud	$\lambda_1 = -0,514; \lambda_2 = 0,447$
Zarplata-Vprod	$\lambda_1 = -0,007; \lambda_2 = 139,743$
Est_prirost-koef_migr	$\lambda_1 = -0,564; \lambda_2 = -0,006$

Для досліджуваних пар коінтеграційних довгочасних залежностей індикаторів економічної безпеки коефіцієнти стабільності свідчать про наявність вибухових ефектів в системі і наявності багатьох рівноважних станів, що також підтверджується аналізом функції імпульсних відкликів на прикладі взаємозв'язку обсягу ВВП і імпорту (рис. 1).

Використання ЕСМ – моделей в дослідженні взаємозв'язку індикаторів ЕБ є ефективним інструментом оцінки і

аналізу нестационарної динаміки розвитку, оскільки дозволяє виявити і прогнозувати нелінійні процеси, характер їх протікання і взаємозв'язок траєкторій їх поведінки, що є основою для формування комплексу управлінських програм для різних часових горизонтів.

Моделювання стійкості макроекономічних індикаторів економічної безпеки України і її регіонів на основі методу фазової площини здійснено в роботі по наступній схемі:

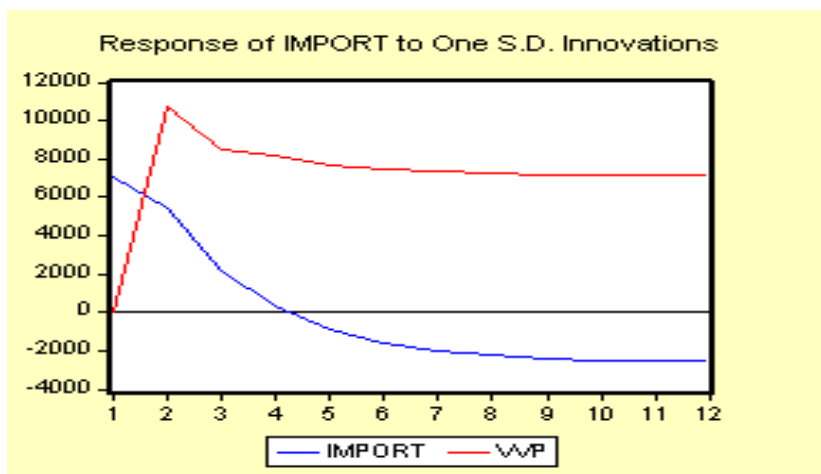


Рисунок 1 - Функция импульсных откликов взаимосвязи ВВП и импорта

1. Идентификация систем взаимовлияния показателей для различных временных горизонтов. На основе эконометрического инструментария коинтеграционного анализа в работе построены модели оценки и анализа взаимовлияния индикаторов в следующем виде: модель, аппроксимирующая взаимосвязь инвестиций и ВВП; модель взаимосвязи ВВП и динамики объемов промышленного производства; модель взаимосвязи динамики ВВП и объемов импорта; модель взаимосвязи динамики заработной платы и объемов промышленного производства; модель, аппроксимирующая взаимосвязь миграции и природного прироста населения.

2. Оценка и анализ характера и типа устойчивости идентифицированных систем взаимовлияния индикаторов ЭБГ. Реальному процессу соответствует динамическая система, когда этот процесс, в определенных, заранее оговоренных, приближениях можно описать уравнением или системой уравнений (дифференциальных, разностных, интегральных), которые допускают существование единственного решения на бесконечном интервале времени при любых начальных условиях. Эти уравнения описывают детерминированные процессы, для которых весь их будущий ход и все прошлое однозначно определяется состоянием в настоящее время.

Таким образом, выделены следующие типы точек равновесия рассматриваемых систем уравнений исследуемых индикаторов, для которых характерны следующие особенности:

центр – соответствует устойчивому состоянию равновесия, траектории являются замкнутыми и соответствуют периодическим движениям около положения равновесия;

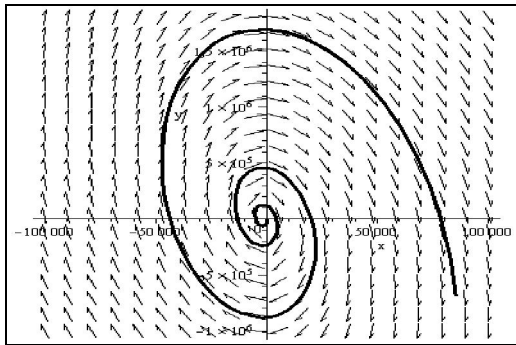
устойчивый фокус – траектории сходятся к положению равновесия, реализуются затухающие колебания;

неустойчивый фокус – траектории удаляются от положения равновесия, движение имеет характер колебаний с увеличивающейся амплитудой;

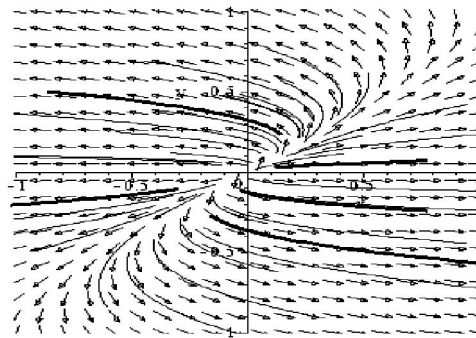
неустойчивый узел – траектории удаляются от положения равновесия, движение имеет аperiодический характер.

3. Построение и анализ фазовых портретов модели. Эволюцию динамической системы можно наблюдать в пространстве состояний – фазовом пространстве. В этом абстрактном пространстве координатами являются величины, характеризующие состояние системы – фазу системы. Т.е. фазовое пространство – это график, который строится на основе системы дифференциальных уравнений и показывает все возможные состояния системы [1, 3]. На рис. 2 представлены фазовые портреты построенных моделей взаимодействия и взаимовлияния индикаторов ЭБГ.

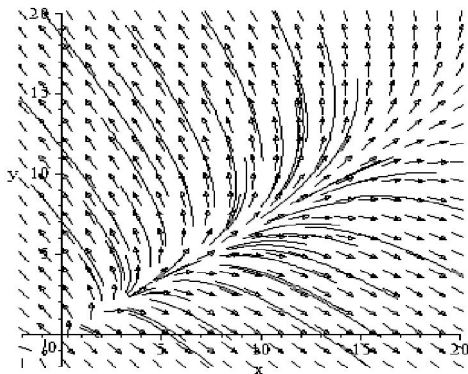
Анализ моделей взаимовлияния позволяет сделать вывод, что на данном этапе развития функционирование экономики Украины является неустойчивым, траектории имеют колебательный периодический или аperiодический характер, следовательно, недостаточная стабильность системы ведет к усилению негативного влияния факторов внешней среды, которые со временем могут оказывать на нее все более сильное воздействие, что может привести к катастрофическим последствиям. Учет нелинейных эффектов в моделях экономической динамики позволяет анализировать закономерности развития реальных социально-экономических процессов в сложных условиях, обуславливающих потерю устойчивости экономических систем, возникновение кризисов, хаос, циклическое развитие, зарождение и развитие новых состояний.



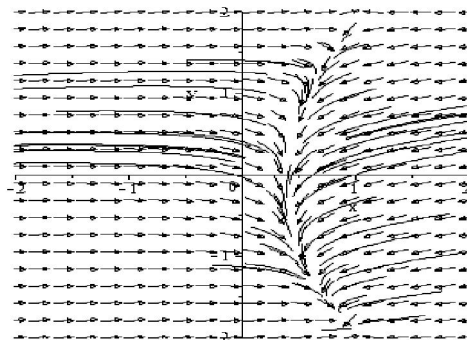
Взаимосвязь инвестиций и ВВП



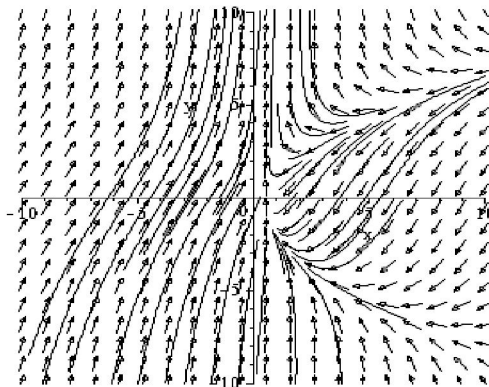
Взаимосвязь ВВП и объемов промышленного производства



Взаимосвязь ВВП и объемов импорта



Взаимосвязь заработной платы и объемов промышленного производства



Взаимосвязь миграции и природного прироста населения

Рисунок 2 - Фазовые портреты моделей взаимодействия индикаторов ЭБГ

Поведение динамической системы может существенно зависеть от параметра. Когда параметр проходит через некоторое критическое значение, динамика системы может существенно поменяться. Это явление называется бифуркацией и играет ведущую роль в теории катастроф [1, 4]. Так, на основе исследования модели взаимосвязи инвестиций и ВВП на основе бифуркационного анализа Хопфа выявлено наличие суперкритической бифуркации (рис. 3.)

В данной системе по мере того, как параметр проходит через нуль от отрицательных значений к положительным, устойчивый фокус сменяется неустойчивым фокусом, окруженным

устойчивым предельным циклом, радиус которого увеличивается при увеличении  $\sqrt{\mu}$ , что подтверждает наличие суперкритической бифуркации. В точке бифуркации происходит катастрофа – переходит системы от области притяжения одного аттрактора к другому. В качестве аттрактора может выступать и состояние равновесия, и предельный цикл, и странный аттрактор (хаос). Систему притягивает один из аттракторов, и она в точке бифуркации может стать хаотической и разрушиться, перейти в состояние равновесия или выбрать путь формирования новой упорядоченности.

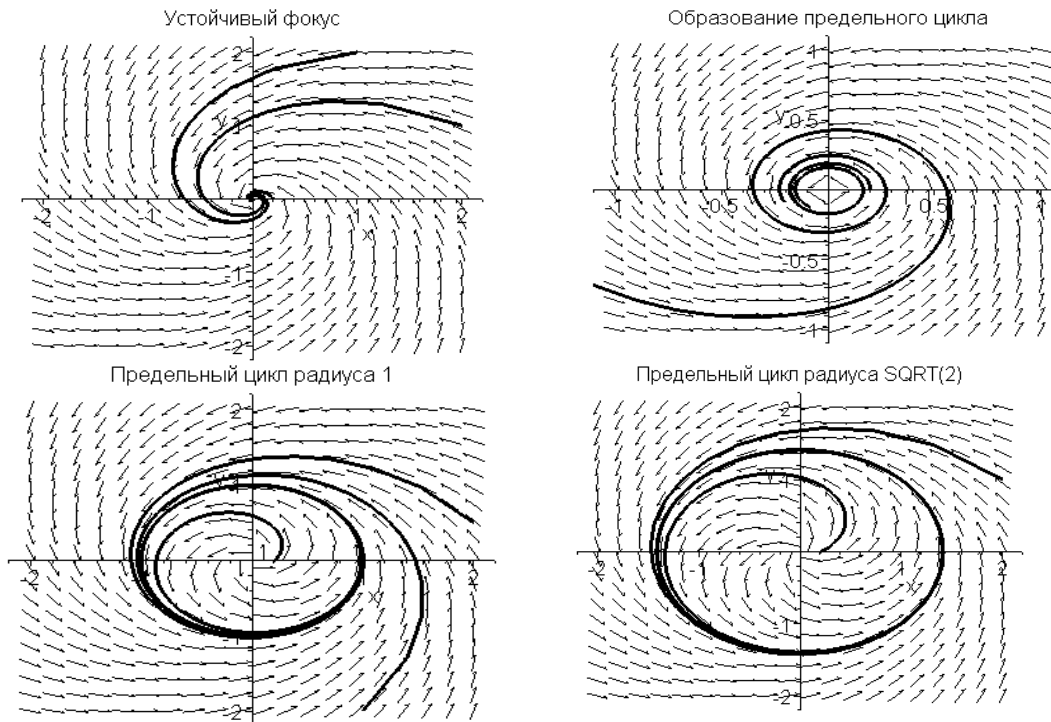


Рисунок 3 - Суперкритическая бифуркация Хопфа

Результатом реализации является совокупность моделей возможных катастроф и бифуркационных полей в экономике Украины, что позволяет получить достоверные результаты для качественного анализа факторов устойчивости развития, определяющих особенности в развитии трансформационных и переходных процессов.

**Выводы исследования.** Исследование динамики взаимодействия индикаторов ЭБГ на основе предлагаемых динамических моделей позволит определить стратегию стабилизации и прогнозировать дальнейшее развитие экономики, качественное состояние которой определяется тесной нелинейной асинхронной взаимосвязью основных макроэкономических индикаторов, характеризующих реальное состояние социально – экономической системы.

**Аннотация.** В статье предложен комплекс динамических моделей индикаторов экономической безопасности государства, который на основе применения инструментария коинтеграционного, фазового и бифуркационного анализа, позволяет получить комплексную оценку и провести анализ устойчивости функционирования макро и региональных систем.

**Ключевые слова:** экономическая безопасность, индикаторы, экономико-математические динамические модели, оценка, анализ, система управления.

**Summary.** The article is devoted development of complex dynamic models of studies of the interaction of indicators of economic security of the state, based on the instruments of cointegration, phase and bifurcation analysis, which enable the comprehensive integrative evaluation and analysis of the stability of operation of the development of the macro and regional systems.

**Keywords:** economic security, indicator, economic-mathematical dynamic model, estimation, analysis, control system.

*Експерт редакційної колегії к.э.н., доцент УкрГАЗТ Якименко Н.В.*

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРЫ:

1. Агапова Т.М. Динамические системы в экономике / Т.М. Агапова, Д. Бехренс, Д. Курран. – Донецк: Изд-во ДонГУ, 2000. – 140 с.
2. Лук'яненко І. Г. Сучасні економічні методи у фінансах / І. Г. Лук'яненко, Ю.О. Городніченко – К.: Літера ЛТД, 2002. – 352с.
3. Моделирование экономической динамики / Т. С. Клебанова, Н. А. Дубровина, О. Ю. Полякова и др. – Харьков: Изд. "ИНЖЭК", 2004. – 244 с.
4. Петров Л. Ф. Методы динамического анализа экономики / Л. Ф. Петров – М. : ИНФРА – М, 2010. – 239 с.