

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ КРИЗИСОВ В РАЗВИТИИ УКРАИНЫ

Построена динамическая модель катастроф социально-экономического развития Украины. В систему уравнений включены данные по трем переменным: народонаселению, ВВП и энергопроизводству.

Показано, что кризисы выступают в роли самоорганизующего фактора, они задерживают развитие в 5 раз, проявляясь с определенной цикличностью на разных временных масштабах

Ключевые слова: кризис, социально-экономическое развитие, экспоненциальный рост, теория катастроф, бифуркации

Постановка проблемы. С наступлением 21-го века вопрос о сбалансированности экономического роста вновь становится важным. С началом нового тысячелетия международная экономика столкнулась с глобальным финансовым кризисом, который постепенно охватил практически все страны мира. При этом ключевым вопросом стало объяснение этимологии кризиса и нахождение механизмов прогнозирования подобных явлений в будущем [6]. В настоящее время продолжается активный научный поиск необходимых алгоритмов моделирования [2, 3]. Построены многие глобальные модели, касающиеся мирового социально-экономического развития [2]. Тем не менее, особенности возникновения кризисных явлений в отдельных странах, и в частности – Украине, изучены недостаточно. Поэтому выбранная тема, несомненно, актуальна.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросы моделирования социально-экономического роста долгое время находятся в кругу наиболее обсуждаемых тем 20 и 21 века. Глобальные модели являются наиболее интересной темой для исследования. Построением прогнозных моделей занимались многие известные отечественные и зарубежные ученые: Д. Медоуз [1], Н. Моисеев [13] А. Герман [2], С. Капица [3] и др.

Исследованиями кризисных явлений и экономических циклов посвящены работы Н. Кондратьева [7] и С. Кузнецова [8]. Однако анализ современных кризисных явлений и моделирование динамики социально-экономического развития Украины является недостаточно изученной темой, несмотря на то, что существует значительный теоретико-методологический потенциал в этой области.

Цель данной статьи состоит в том, чтобы провести моделирование некоторых компонентов социально-экономического роста и выявить его пределы для Украины.

Изложение основного материала. В классических работах было показано, что социально-экономическое развитие не может быть монотонно-возрастающим [5,7,8,9]. Рано или поздно наступают кризисные периоды в развитии экономики и общества. В этой связи, вопрос о причинах их появления остается открытым и дискуссионным. Возможно, если будет понятен механизм, который запускает эти явления, то и придет понимание, как можно этого избежать. Авторов данного исследования интересует следующий вопрос: как долго может развиваться общество, пока не включатся естественные процессы его замедления, либо не произойдет остановка роста. Для его решения рассмотрим упрощенную динамическую модель развития, основанную на нелинейных уравнениях, выведенную в работе А. Германа [2]. Данный анализ направлен на моделирование массовых процессов обмена и перераспределения материальных ресурсов между элементами дискретных систем [2, 5]. Пусть функция $F_1(t)$ описывает суммарное население, а функция $F_2(t)$ – совокупное потребление. Эти функции эволюционируют со временем согласно дифференциальным уравнениям

$$\left. \begin{aligned} \frac{dF_1}{dt} &= a_1 F_1 F_2 \\ \frac{dF_2}{dt} &= a_2 F_1 F_2 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

с начальными условиями

$$\left. \begin{aligned} F_1 &= F_{10} \\ F_2 &= F_{20} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

при $t = t_0$,

где t_0 – начальный момент времени.

Разделив нижнее уравнение (1) на верхнее, получим дифференциальное уравнение без учета фактора времени:

$$\frac{dF_2}{dF_1} = \frac{a_2}{a_1} \quad (3)$$

Интегрирование (3) с начальным условием (2) имеет вид:

$$\frac{1}{1 - \frac{a_1 F_{20}}{a_1 F_{10}}} * \ln \frac{(a_1 F_{20} - a_2 F_{10} + a_2 F_1) F_{10}}{a_1 F_{20} F_1} = a_2 F_{10} (t - t_0) \quad (4)$$

Введем безразмерное время

$$\tau = a_2 F_{10} (t - t_0) \quad (5)$$

Выражение (4) преобразуем таким образом, чтобы получить F_1 в виде явной функции от времени:

$$F_1(\tau) = \frac{F_{10} \left(1 - \frac{a_2 F_{10}}{a_1 F_{20}} \right)}{\exp \left[\tau * \left(1 - \frac{a_1 F_{20}}{a_2 F_{10}} \right) \right] - \frac{a_2 F_{10}}{a_1 F_{20}}} \quad (6)$$

Аналогично

$$F_2(\tau) = \frac{F_{20} \left(1 + \frac{a_2 F_{10}}{a_1 F_{20}} \right) \left(1 - \exp \left[\tau * \left(1 - \frac{a_1 F_{20}}{a_2 F_{10}} \right) \right] \right)}{\exp \left[\tau * \left(1 - \frac{a_1 F_{20}}{a_2 F_{10}} \right) \right] - \frac{a_2 F_{10}}{a_1 F_{20}}} \quad (7)$$

при этом

$$a_1 F_{20} < a_2 F_{10} \quad (8)$$

Если условие (8) не выполняется, то в исходном уравнении (1) нужно поменять местами обозначения F_1 и F_2 . В этом случае F_1 окажется функцией, которая растет медленней, чем F_2 , и соотношение (8) будет оставаться выполнено.

Рассмотрим, как поведут себя функции $F_1(t)$ и $F_2(t)$ при более реалистичных условиях, показанных в уравнениях (1) и (2). Очевидно, что обе функции (6) и (7) обращаются в бесконечность, когда знаменатель обратится в ноль. Обозначим этот момент времени как

T_∞ . Тогда

$$\exp \left[T_\infty \left(1 - \frac{a_1 F_{20}}{a_2 F_{10}} \right) \right] = \frac{a_2 F_{10}}{a_1 F_{20}} \quad (9)$$

Прологарифмировав уравнение (9), получим

$$T_\infty \left(1 - \frac{a_1 F_{20}}{a_2 F_{10}} \right) = \ln \frac{a_2 F_{10}}{a_1 F_{20}} \quad (10)$$

Итак,

$$t_{\infty} = \frac{\ln \frac{a_2 F_{10}}{a_1 F_{20}}}{1 - \frac{a_1 F_{20}}{a_2 F_{10}}}, \quad (11)$$

которая при условии (8) всегда положительна и конечна. Именно в момент времени T_{∞} произойдет кризис, потому что обе функции $F_1(t)$ и $F_2(t)$ устремятся к бесконечности. Что это означает? При ограниченных запасах ресурсов численность населения $F_2(t)$ и совокупное потребление $F_1(t)$ не может быть бесконечным. Это показывает, что в момент времени T_{∞} наступает почти мгновенная остановка безграничного роста функций $F_1(t)$ и $F_2(t)$, которая является сама по себе кризисной точкой для Человечества, привыкшего к постоянному росту своей численности и своих потребностей. Проведем оценку времени, когда исследуемая система войдет в кризис T_{∞} . Исходя из безразмерного времени T , получим формулу для реального времени, когда наступит конечная точка бифуркации¹ дальнейшего развития функций $F_1(t)$ и $F_2(t)$ (12).

$$t_{\infty} = t_0 + \frac{t_{\infty}}{a_2 F_{10}} = t_0 + \frac{\ln \frac{a_2 F_{10}}{a_1 F_{20}}}{1 - \frac{a_1 F_{20}}{a_2 F_{10}}} * \frac{1}{a_2 F_{10}} = t_0 + \frac{\ln \frac{a_2 F_{10}}{a_1 F_{20}}}{a_2 F_{10} - a_1 F_{20}} \quad (12)$$

Рассмотрим, как будут протекать данные процессы в масштабах Украины. В представленную нами нестационарную динамическую модель подставим статистические данные. Введем в систему уравнений данные по народонаселению ($F_1(Ukr)$); ВВП ($F_3(Ukr)$); энергопроизводству ($F_2(Ukr)$). Рост численности населения Украины (Рис. 1.) наглядно показывает, как "срывается" воспроизводство при крупных исторических катаклизмах – Второй мировой войне, голоде, социально-экономическом кризисе 90-х годов.

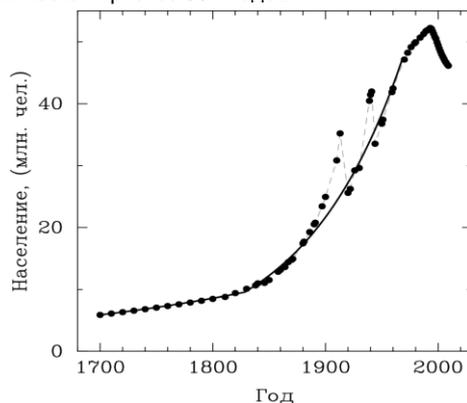


Рис. 1. Динамика численности населения Украины

Данные по численности населения приведены, начиная с первой ревизии (1718-1727 гг.), результаты которой обработаны в трудах И.К. Кирилова [10]. Материалы этой ревизии недостаточно были изучены как советскими, так и дореволюционными исследователями, в связи с высоким уровнем обобщенности этих цифр.

¹ Точка бифуркации – критическое состояние системы, при котором система становится неустойчивой относительно флуктуаций и возникает неопределенность: станет ли состояние системы хаотическим или она перейдет на новый, более дифференцированный и высокий уровень упорядоченности [5].

Однако для данного моделирования важен значительный временной промежуток, поэтому данные включены в анализ. Благодаря чему можно получить более репрезентативную картину для анализа. Исходя из данных, можно выделить два экспоненциальных периода роста. Первый продолжался ~ 179 лет (до 1897 г), а второй ~ 73 года (1897 – 1970 гг). Расчет скоростей удвоения численности в этих периодах приведен в Табл. 1. Рассчитаем усредненные изменения в скоростях роста согласно зависимости:

$$\Delta t_{F_1}^{Ukr} = \frac{\ln 2}{b}, \quad (13)$$

где b – константа аппроксимации.

Таблица 1. Результаты аппроксимации скорости роста численности населения Украины

Период времени (T), гг.	Результат аппроксимации (b), год ⁻¹	Скорость удвоения численности населения (Δt), лет
1718-1897	0,0038	182
1897-1970	0,0114	60
1970-1990	0,0057	121

После 1970 г. рост стал замедляться и это хорошо согласуется с тенденциями замедления в аналогичном периоде в развитых странах. Возможно, что данный период является началом второго демографического перехода [11]. Начиная с 1970 г. по 1991 г., скорость роста замедлилась приблизительно в два раза, поскольку включились механизмы торможения, а после 90-х начался период спада. Данный процесс имеет временный характер, поскольку подобные периоды в развитии Украины уже происходили несколько раз. Страна не раз переживала значительные спады численности в результате различных катаклизмов – войн, голода, экономических проблем, но после них численность населения все равно возвращалась на прежнюю траекторию экспоненциального роста (Рис. 1.) и в дальнейшем показывала вполне устойчивую тенденцию. Вторая из рассматриваемых функций – производство электроэнергии ($F_2(Ukr)$), построена нами с учетом соответствующего производства внутри Украины (Рис. 2).

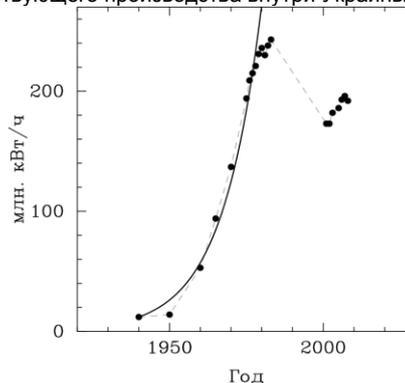


Рис. 2. Динамика производства электроэнергии в Украине

Рассчитаем усредненные изменения в скоростях роста согласно зависимости:

$$\Delta t_{F_2}^{Ukr} = \frac{\ln 2}{b}. \quad (14)$$

Таблица 2. Результаты аппроксимации динамики производства электроэнергии в Украине

Период времени (T), гг.	Результат аппроксимации (b), год ⁻¹	Скорость удвоения (Δt), лет
1940-1976	0,078	8,8
2000-2010	0,0076	91,2

Исследование динамики производства электроэнергии показывает, что в период с 1940 г по 1976 г оно описывается экспонентой со скоростью удвоения около девяти лет.

Экспоненциальный рост прекратился в 1976 г с наступлением глобального энергетического кризиса. В этот период в рассматриваемых системах: как глобальной, так и локальной, наступила точка бифуркации. В Украине в этот период рост стал замедляться вплоть до наступления социально-экономического кризиса 90-х годов. После чего имело место стремительное падение производства электроэнергии, и только начиная с 2000 г, ситуация стала стабилизироваться и рост продолжился. Он не был экспоненциальным, и расчет по существующей статистике показывает, что скорость его замедлилась в 10 раз.

Проведем моделирование сценария, определяющего наступление кризиса T_{∞} для функций $F_1^{(Ukr)}$

(население) и $F_2^{(Ukr)}$ (энергопроизводство).

Проведем экстраполяцию данных по первому сценарию (Сц1). Ситуация смоделирована, исходя из того, что были все объективные причины для ее реализации. Исходные условия зададим в виде вопроса: "если бы сохранились темпы экспоненциального роста функций $F_1^{(Ukr)}$ и $F_2^{(Ukr)}$ на уровне 80-х годов, как скоро наступил бы кризис?".

Итак, согласно нашим расчетам, население $F_1^{(Ukr)}$ в период с 1830 по 1970 г. удваивалось каждые 60 лет (Табл. 1), а суммарное энергопроизводство $F_2^{(Ukr)}$ вплоть до 1976 г удваивалось каждые девять лет (Табл. 2) и тогда уравнение (12) даст

$$(t_{\infty} - t_0)_{C_{41}} = \frac{\ln \frac{0,0114}{0,078}}{0,0114 - 0,078} = \frac{-1,9}{-0,06} = 31,6. \quad (15)$$

Если за точку отсчета в данном варианте моделирования (Сц1) принять 1976 г, то получается, что если бы не было энергетического и социально-экономического кризиса 90-х годов, то рассматриваемая система параметров достигла бы коллапса к 2007 г.

Рассмотрим альтернативный вариант развития (Сц2), исходя из современной ситуации и существующих объективных предпосылок. Рассчитаем время, когда наступит конечный этап в развитии. Согласно данным по динамике численности населения Украины $F_1^{(Ukr)}$, можно прогнозировать, что (Рис. 1) постепенно, численность населения будет постепенно стабилизироваться, несмотря на нынешний спад. На момент проведения данного анализа исследуемая система находится в хаотичном режиме, но переживает переходный период, поэтому для построения прогнозной модели будем исходить из скоростей роста, которые фиксировались в 90-е годы (Табл. 1). Так, численность населения Украины будет удваиваться за период времени, составляющий около 120 лет. Учитывая современную скорость производства электроэнергии (Табл. 2) в Украине, период его удвоения составляет 91 год. Произведем расчет времени коллапса этих функций:

$$(t_{\infty} - t_0)_{C_{42}} = \frac{\ln \frac{0,0057}{0,0076}}{0,0076 - 0,0057} = \frac{\ln 1,33}{0,0019} = 151 \quad (16)$$

Если за точку отсчета принять 2009 год, то получается, что к 2160 г при современных темпах развития наступит катастрофический кризис. Произведем проверку полученных результатов. Введем данные по валовому внутреннему продукту (ВВП) – $F_3^{(Ukr)}$ в нашу модель и проанализируем, модифицируется ли ситуация при изменении этой переменной роста. На Рис. 3 показана динамика роста ВВП Украины по отношению к базисному, 1960 г. Для упрощения анализа, скорость изменения ВВП Украины на протяжении последних 50 лет представлена в относительных единицах.

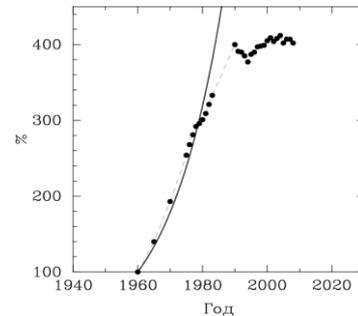


Рис. 3. Экспоненциальная аппроксимация роста ВВП Украины от базового года

Аппроксимируем данные по ВВП Украины согласно экспоненциальным зависимостям и определим интервал времени, за который значение ВВП вырастет в два раза.

$$\Delta t_{F_3^{Ukr}} = \frac{\ln 2}{b}. \quad (17)$$

Таблица 3. Результаты аппроксимации роста ВВП Украины

Период времени (Т), гг	Результат аппроксимации (b), год ⁻¹	Скорость удвоения (Δt), лет
1960-1982	0,058	12
1998-2008 ²	0,0064	108

Итак, в случае сохранения темпов роста ВВП и народонаселения, которые фиксировались в 80-е годы, как скоро исследуемая система достигла бы кризиса? Выше было показано, что население до 1976 г удваивалось каждые 60 лет (Табл. 1), а ВВП в этот период времени удваивался каждые 12 лет (Табл. 3). Таким образом, оба показателя возрастают со временем по экспоненциальному закону, который был нами показан в формуле (4). Исходя из уравнения (12), можно получить

$$(t_{\infty} - t_0)_{C_{41}} = \frac{\ln \frac{0,0114}{0,058}}{0,058 - 0,0114} = \frac{1,62}{0,0466} = 34,7. \quad (18)$$

Если в качестве точки отсчета в данном варианте моделирования (Сц1) выбрать 1976 г, то рассматриваемая система с существующими постоянными скоростями роста параметров достигла бы кризисного состояния к 2010 г.

Рассчитаем альтернативный вариант развития ситуации (Сц2) исходя из ситуации, которая сложилась в настоящее время. Согласно данным (Табл. 1) по динамике численности населения Украины, будем исходить из периода удвоения численности населения, составляющего 121 год. Введем в модель данные на 2009 г по функции $F_3^{(Ukr)}$ с учетом скорости удвоения ВВП равным 108 лет (Табл. 3). На основе этих данных произведем расчет времени коллапса этих функций:

$$(t_{\infty} - t_0)_{C_{42}} = \frac{\ln \frac{0,0057}{0,0064}}{0,0064 - 0,0057} = \frac{\ln 1,12}{0,0007} = \frac{0,11}{0,0007} = 161 \quad (19)$$

Прогноз (Сц2) показывает, что вероятное приближение Украины к конечному аттрактору исходя из современных темпов развития, возможно к 2170 г. В данном прогнозе в качестве точки отсчета принят 2009 г. Сравнительный анализ уравнений (16) и (19) показывает, что время кризиса наступит в среднем через 156 лет. Если не запустятся глобальные механизмы, которые затормозят развитие, как это произошло в 70-е и 90-е годы. Учитывая глобальную динамику исследуемых процессов, мы приходим парадоксальному выводу о роли кризисов в

² Результат аппроксимации на данный период не описывается экспонентой, поэтому его расчет сделан из экспериментальных данных, которые показывают, что скорость роста ВВП замедлилась в 10 раз.

социально-экономическом развитии нашей страны. Они выступают в виде процессов, которые замедляют развитие в пять раз.

$$\frac{e^{-t_0} e_{ц2}}{e^{-t_0} e_{ц1}} = 4,76. \quad (20)$$

Анализ характера социально-экономического роста в Украине показывает, что равновесные состояния отнюдь не являются доминирующими в реальной ситуации. Поэтому широко известен подход "устойчивого развития" как отдельных государств, так и всей мировой социально-экономической системы не может быть реализован в виде организации монотонно возрастающего роста экономики. В действительности, необходимо исходить из того, что в сложных системах всегда имеют место неустойчивости, вызванные неоднородностями роста и развития.

Выводы и перспективы дальнейших исследований. В результате проведенного исследования можно спрогнозировать, что по мере увеличения функции (народонаселение) и (ВВП) и приближения их к точке конечного аттрактора T_{∞} динамика неограниченного роста (4) потеряет устойчивость. В этом случае возможны два варианта развития ситуации.

Первый (пессимистический) сценарий. Система может впасть в стохастический, то есть неуправляемый и непрогнозируемый режим. Действительно, динамика развития общества содержит большую долю неопределенности и включает микропериоды хаотического поведения, но пока на малых временных промежутках. Исследуемая социально-экономическая система в этом близка по своим свойствам к биологическим, в ней наблюдаются [4]:

- динамические нелинейные соотношения между множеством компонент;
- сложные, итеративные характеры взаимодействий между их частями;
- динамичное развитие в сложных формах, включая хаотические режимы и самоорганизацию.

Вероятность реализации этого сценария достаточно высока, поскольку есть внутренние механизмы, которые его могут запустить и остановить эти процессы будет невозможно.

Второй (оптимистический) сценарий. В лучшем случае, при больших предкризисных значениях функций $F_1(t)$ и $F_2(t)$ включатся механизмы торможения, которые смогут остановить социально-экономический рост. Данные процессы способны замедлить процесс развития. Они основаны на исчерпании природных ресурсов и снижении ассимиляционного потенциала окружающей среды. Этот механизм начнет тормозить социально-экономический безудержный рост. Исчерпание природных ресурсов снизит экспоненциальный рост функции $F_2(t)$, а качественное ухудшение окружающей среды уменьшает функцию $F_1(t)$.

Все это случится через 3-4 периода удвоения функции $F_2(t)$, то есть на Украине через 156 ± 15 лет, что согласуется с математически выведенными величинами уравнений (16) и (19). Итак, основной силой, временно задерживающей процесс экспоненциального развития общества, являются кризисы, которые выступают в роли самоорганизующего, стабилизирующего фактора (на больших временных шкалах). Данные явления в жизни общества следует рассматривать как вполне закономерный эволюционный процесс, который проявляется с определенной цикличностью.

Список использованной литературы:

1. Пределы роста. Доклад по проекту Римского клуба "Сложное положение человечества". – М.: МГУ, 1996. – 208 с.
2. Герман А.С. Антиглобалистский манифест / А.С. Герман. – Спб.: СПбГУ, 2003. – 38 с.
3. Капица С.П. Синергетика и прогнозы будущего / Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 288 с.
4. Бородин Л.И. "Порядок из хаоса": концепции синергетики в методологии исторических исследований / Л.И. Бородин // Новая и новейшая история. – 2003. – №2. – С. 12-13.
5. Арнольд В.И. Теория катастроф / Арнольд В.И. – М.: Наука, 1990. – 128 с.
6. Чухно А. Сучасна фінансово-економічна криза: природа, шляхи і методи її подолання / Чухно А // Економіка України. – 2010. – №2. – С. 4-13.
7. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры / Кондратьев Н.Д. – М.: РАНИОН, 1928.-288 с.
8. Kuznets S. Secular Movements in Production and Prices. Their Nature and their Bearing upon Cyclical Fluctuations. Boston: Houghton Mifflin, 1930-P. 14-78.
9. Маркс К. Капитал / Карл Маркс. – т.1. – М.: Политиздат, 1983-3883 с.
10. Кирилов И.К. Цветущее состояние Всероссийского государства, кн. 1, ч. М., 1831. – С. 162-173.
11. Van de Kaa Europe's second demographic transition / Van de Kaa, Dirk J. // Population Bulletin. – Vol. 42, No. 1. – 1987.
12. Коротаев А.В. Законы истории. Математическое моделирование развития Мир – системы. Демография, экономика, культура / А.В. Коротаев, Д.А. Халтурина, А.С. Малков. – М.: КолКнига, 2007.-224 с.
13. Моисеев Н.Н. Человек и биосфера. Опыт системного анализа и эксперименты с моделями / Моисеев Н.Н., Александров В.В., Тарко А.М. – М.: Наука, 1985. – С. 60-63.

ЯРОШ ОЛЬГА БОРИСОВНА – кандидат экономических наук, доцент кафедры международной экономики Таврического Национального университета им. В.И. Вернадского (г. Симферополь, Украина).

Научные интересы:

- моделирование социально-экономического роста;
- исследования экономических кризисов и неравномерностей развития.

Статья поступила в редакцию: 15.10.2012 г.