

УДК 332.143, 519.677

## АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ ФАЗОВОЙ ТРАЕКТОРИИ ЭКОНОМИКИ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ В 2011–2015 ГОДАХ

Попов А.А.

ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», Москва,  
e-mail: a1710p@mail.ru

Основной отраслью экономики Ханты-Мансийского автономного округа является добыча топливно-энергетических полезных ископаемых. Инвестиции в отрасли, связанные с добычей топливно-энергетических полезных ископаемых, зачастую не приводят к желаемым результатам. Поэтому в статье рассмотрено применение положений качественной теории динамических систем для определения областей притяжения и точек равновесия фазовых траекторий динамической системы, описывающей экономику региона. Рассмотрена экономическая интерпретация результатов качественного исследования. Результатами качественного исследования динамических систем являются визуализированные материалы в виде проекций фазовых траекторий на фазовые плоскости. В статье приведены проекции фазовых траекторий на фазовые плоскости, определены области притяжения фазовых траекторий и точки экстремума в каждой фазовой плоскости. Подход, предложенный в статье, может быть использован для уменьшения времени на принятие решений руководителями региона по увеличению значения индекса добычи топливно-энергетических полезных ископаемых.

**Ключевые слова:** региональная экономика, добыча топливно-энергетических полезных ископаемых, динамическая система, фазовая траектория, качественное исследование, точки равновесия, области притяжения

## ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF THE PHASE TRAJECTORIES ECONOMY KHANTY – MANSIYSK AUTONOMOUS REGION – YUGRA IN 2011–2015

Popov A.A.

*Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, e-mail: a1710p@mail.ru*

The main branch of the economy of the Khanty-Mansiysk Autonomous Region is the extraction of fuel and energy minerals. Investments in the industry related to the production of fuel and energy minerals, often do not lead to the desired results. Therefore, this article deals with the application of the provisions of the qualitative theory of dynamical systems to identify areas of attraction and equilibrium points of phase trajectories of the dynamical system describing the region's economy. The article considers the economic interpretation of the results of qualitative research. The results of the qualitative study of dynamical systems are the visualized materials in the form of projections of phase trajectories on the phase plane. The paper presents the projections of the phase trajectories on the phase planes, are defined by the domain of attraction of the phase trajectories and extremum points in each phase plane. The approach proposed in this article can be used to reduce the time of decision making leaders of the region to increase the value of the index of production of fuel and energy minerals.

**Keywords:** regional economy, extraction of fuel and energy minerals, dynamic system, phase trajectory, qualitative research, the equilibrium point, the domain of attraction

Руководителям региона при принятии решения о развитии отраслей экономики обычно приходится иметь дело с большим количеством информации, характеризующей социально-экономическое развитие региона. Для уменьшения времени на формирование и принятие решений, руководителям необходимо предоставить визуализированные материалы («шаблоны для принятия решений»). Одним из направлений формирования таких «шаблонов» является использование результатов прогнозирования состояния экономики с помощью количественного или качественного исследования динамической системы, которая моделируется при помощи системы дифференциальных уравнений. Для количественного анализа могут использоваться стандартные методы численного интегрирования. Естественно, во многих случаях количественный анализ более удобен и оперативен. Но при принятии решений у руководителя может не быть возможности, желания и времени для интегрирования си-

стемы дифференциальных уравнений при ограниченном лимите времени, отведенного на принятие решения. Кроме этого, у руководителя должны быть навыки программирования и применения методов численного интегрирования. Поэтому для формирования визуализированных «шаблонов» рекомендации предлагается использовать результаты качественного исследования динамической системы [1, 5]. Таким образом, необходимо провести анализ поведения фазовой траектории экономики ХМАО-Югры в целом с помощью анализа проекций фазовой траектории экономики на фазовые плоскости.

### Анализ поведения проекций фазовой траектории на фазовые плоскости

Исследования, проводимые в рамках данной статьи, являются логическим продолжением исследований, приведенных в [7]. В соответствии с результатами факторного анализа экономики ХМАО-ЮГРЫ, проведенного в [6], рассматривалось влия-

ние на параметр ТЕРІ (индекс «Добыча топливно-энергетических полезных ископаемых») следующих параметров:

ТЕКС (индекс «Текстильное и швейное производство»);

MASH (индекс «Производство машин и оборудования»).

В данной статье рассматривается анализ проекций фазовых траекторий в «смежных» плоскостях, при этом общей для всех таких плоскостей будет являться ось ТЕРІ. Исходные данные для построения проекций фазовых траекторий приведены в таблице. Для составления таблицы использованы данные с сайтов [www.gks.ru](http://www.gks.ru) и [2]. На рис. 1–2 приведены проекции фазовых траекторий, построенные с использованием данных из таблицы. Точка № 1 на рис. 1–2 соответствует началу 2011 года, точка № 2 – началу 2012 года, точка № 3 – началу 2013 года, точка № 4 – началу 2014 года, точка № 5 – началу 2015 года и точка № 6 – концу марта 2015 года.

На рис. 1 приводится проекция фазовой траектории динамической системы на плоскость «ТЕРІ – добыча топливно-энергетических полезных ископаемых» – «ТЕКС-

текстильное и швейное производство». Из рис. 1 видно, что наблюдается наличие областей притяжения движения (выделены прямоугольниками). Первой, «негативной» области притяжения соответствуют диапазоны значений индексов 97–99 по параметру ТЕРІ и 80–93 по параметру ТЕКС. Следует отметить, что проекция фазовой траектории возвращается в данную область притяжения в течение 2011–2012 годов. Затем в течение 2013 года следует выход из области притяжения в «негативные» для индекса ТЕРІ точки «З» и «У». После этого проекция фазовой траектории попадает в «позитивную» область притяжения, характеризующуюся диапазонами значений индексов 102–105 по параметру ТЕРІ и 110–150 по параметру ТЕКС. В данной области проекция фазовой траектории находится в течение полугода. Точка «З» (точка, в которой достигается максимальное значение индекса ТЕКС) и точка «У» (точка, в которой достигается минимальное значение индекса ТЕРІ) представляют собой точки экстремума проекции фазовой траектории.

Исходные данные для построения проекций фазовых траекторий

Год	Месяц	ТЕРІ	ТЕКС	MASH	Год	Месяц	ТЕРІ	ТЕКС	MASH
2011	Январь	98,60	93,10	108,60	2013	Январь	91,70	230,00	123,40
	Февраль	98,20	57,60	109,60		Февраль	94,00	182,50	124,00
	Март	97,70	61,20	113,60		Март	88,80	167,50	137,30
	Апрель	97,50	47,70	112,40		Апрель	90,60	151,80	121,10
	Май	97,30	48,90	112,40		Май	94,00	150,80	114,80
	Июнь	97,30	51,80	112,20		Июнь	99,70	140,00	116,00
	Июль	97,20	57,00	109,90		Июль	102,20	132,00	115,90
	Август	97,20	61,10	108,60		Август	101,60	127,20	112,20
	Сентябрь	97,10	70,10	108,90		Сентябрь	102,70	132,50	113,70
	Октябрь	96,90	71,30	106,20		Октябрь	103,00	123,80	111,90
	Ноябрь	97,00	72,50	104,20		Ноябрь	103,90	121,20	110,10
	Декабрь	97,00	77,10	102,60		Декабрь	105,10	120,90	110,30
2012	Январь	97,80	99,50	69,20	2014	Январь	107,40	66,30	92,10
	Февраль	99,40	150,30	78,30		Февраль	110,90	84,30	83,20
	Март	98,70	120,70	66,50		Март	114,00	118,10	85,70
	Апрель	98,70	121,70	64,90		Апрель	116,60	112,00	90,50
	Май	98,40	109,20	60,80		Май	117,90	102,20	99,00
	Июнь	98,50	102,30	61,10		Июнь	116,70	109,80	101,00
	Июль	98,40	95,50	62,50		Июль	114,10	108,70	104,30
	Август	98,10	90,20	64,80		Август	109,40	115,80	104,90
	Сентябрь	97,90	80,40	63,80		Сентябрь	109,10	114,50	104,20
	Октябрь	97,50	79,90	64,10		Октябрь	108,40	107,70	104,40
	Ноябрь	97,60	86,60	66,00		Ноябрь	107,00	106,90	103,80
	Декабрь	97,70	84,60	71,30		Декабрь	104,10	107,40	101,80
2015	Январь	101,60	118,60	84,70					
	Февраль	101,80	146,20	94,40					
	Март	98,90	91,30	106,80					

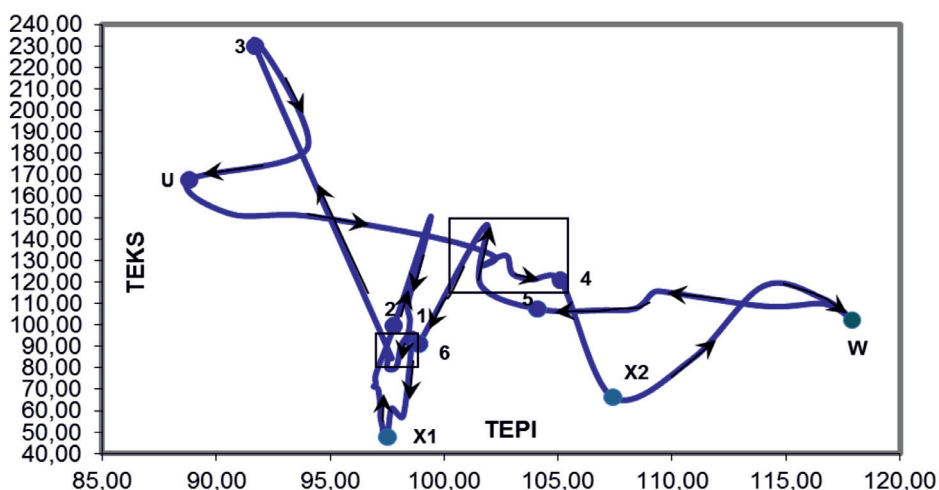


Рис. 1. Проекция фазовой траектории на плоскость «ТЕPI-ТЕKS»

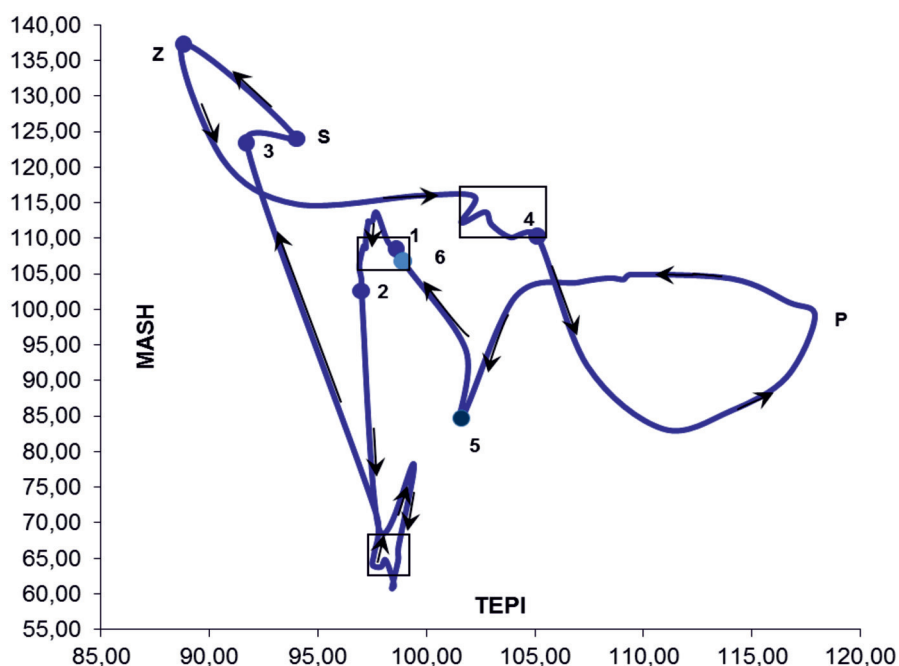


Рис. 2. Проекция фазовой траектории на плоскость «ТЕPI-MASH»

После прохождения проекции фазовой траектории через точку экстремума «U» направление движения проекции фазовой точки вдоль оси ТЕPI изменяется на противоположное. Аналогично, при прохождении проекции фазовой траектории через точку экстремума «3» направление движения проекции фазовой точки вдоль оси ТЕKS изменяется на противоположное. При этом на

рис. 1 имеются и точки экстремума, характеризующиеся минимальными значениями индекса ТЕKS (точки «X1» и «X2»). При этом в 2013–14 годах наблюдается попадание проекции фазовой траектории в область притяжения, которая является «позитивной», с точки зрения значения индекса ТЕPI. В 2014 году проекция фазовой траектории достигает «позитивной» для индекса ТЕPI

точки экстремума «W» (в которой достигается максимальное значение ТЕРІ), делает возле нее петлю, проходит через «позитивную» область притяжения и в марте 2015 года достигает «негативной» области притяжения, соответствующей 2011–2012 годам. На рис. 1 в первой области возможно наличие кратной точки равновесия с координатами приблизительно (97, 86). Проекция фазовой траектории несколько раз проходит в пределах малой окрестности данной точки в течение 2011 и 2012 года, но не задерживается в ней. Первая область притяжения является крайне неблагоприятной для экономики региона. Попадание фазовой траектории в данную область приведет к уменьшению значения индекса добычи топливно-энергетических полезных ископаемых, а также к уменьшению индекса текстильного и швейного производства. Во второй области возможно наличие точки равновесия с координатами приблизительно (102, 120). Для экономики региона является очень хорошим вариантом наличие такой кратной точки равновесия, так как значения индексов ТЕРІ и ТЕКС больше 100%. По внешним признакам поведения проекции фазовой траектории в окрестности данных точек их можно классифицировать как сложные состояния равновесия в виде седловых либо седлоузловых точек [1, 4, 5]. Точки равновесия данного типа характеризуются тем, что проекция фазовой траектории не задерживается в их малой окрестности. Точки типа «фокус» и «узел» (в малую окрестность которых проекция фазовой траектории стремятся и при этом остаются далее в малой окрестности) отсутствуют в данной фазовой плоскости.

Вторая проекция фазовой траектории строится на фазовой плоскости «ТЕРІ – добыча топливно-энергетических полезных ископаемых» – «MASH – производство машин и оборудования» (рис. 2).

В 2011 году наблюдается область притяжения, в пределах которой проекция фазовой траектории находится в течение 6 месяцев. Первой области притяжения соответствуют диапазоны значений индексов 97–99 по индексу ТЕРІ и 105–110 по индексу MASH. Данная область ограничено приемлема для экономики региона. При этом если проекция фазовой траектории будет входить в данную область «сверху», то происходит уменьшение значения параметра MASH, хотя оно всё равно остается благоприятным для региона. При этом попадание проекции фазовой траектории в эту область приводит к уменьшению добычи топливно-энергетических полезных ископаемых вследствие того, что значение параметра

меньше 100%. Внутри данной области может находиться сложная точка равновесия с приблизительными координатами (98, 107). В соответствии с [1, 3, 4, 5] эту точку можно классифицировать как седлоузел. В 2012 году фазовая траектория также имеет область притяжения со значениями 97–99 по индексу ТЕРІ и 61–66 по индексу MASH. В такой области проекция фазовой траектории находилась в течение 7–8 месяцев. Данная область «негативна» и неприемлема для развития экономики региона (значения индексов ТЕРІ и MASH в данной области меньше 100%). Очевидно, что попадание в такую область происходит при входе проекции фазовой траектории «сверху» (как это и происходит на рис. 2). Внутри данной области может находиться сложная кратная точка равновесия с приблизительными координатами (98, 63). В соответствии с [1, 3, 4, 5] эту точку можно классифицировать как седлоузел. В конце 2012 года происходит резкий «выброс» из «депрессивной» для экономики области притяжения. При этом в 2013 году проекция фазовой траектории достигает сначала точки «Z» (в которой одновременно достигается минимальное значение ТЕРІ и максимальное значение MASH, рис. 2). После прохождения через точку экстремума проекция фазовой точки меняет направление движения вдоль осей ТЕРІ и MASH на противоположное. Аналогичный резкий «выброс» характерен и для рассмотренной ранее фазовой плоскости «ТЕРІ-ТЕКС» (точки «3» и «U», рис. 1). Далее динамика поведения проекции фазовой траектории характеризуется наличием позитивной для экономики региона области притяжения со значениями 102–106 по индексу ТЕРІ и 110–116 по индексу MASH. Вход в данную область обеспечивает значения индексов ТЕРІ и MASH более 100%. Попадание в такую область позитивно для экономики региона. Внутри данной области проекция фазовой траектории находится 6 месяцев. Данная область притяжения может содержать сложную точку равновесия с приблизительными координатами (103, 111). В соответствии с [1, 3, 4, 5] эту точку также можно классифицировать как седлоузел. О кратности данной точки равновесия пока что судить трудно. В 2014–2015 годах также, по аналогии с фазовой плоскостью «ТЕРІ-ТЕКС» также происходит «выброс» в точку экстремума «P» (в которой значение индекса ТЕРІ достигает максимального значения) и формирование «петли» для перемены направления движения проекции фазовой точки в противоположную сторону вдоль оси ТЕРІ. После этого в марте 2015 года происходит вход проекции фа-

зовой траектории в область притяжения, соответствующую 2011 году (так же, как и в фазовой плоскости «ТЕРИ-ТЕКС»). Поэтому по аналогии с 2011 годом в 2015 году вероятен выход в крайне неблагоприятную для экономики региона область притяжения, соответствующую 2012 году.

По результатам анализа фазовых траекторий можно составить следующие «шаблоны для принятия решений»:

1. Для того чтобы значение индекса ТЕРИ находилось в диапазоне от 102% до 105%, должно быть следующее сочетание значений индексов отраслей, позитивно влияющих на значение индекса ТЕРИ:

– Текстильное и швейное производство – 122–140%.

– Производство машин и оборудования – 110–116%.

2. Если значение индекса ТЕРИ находится в диапазоне 88–94%, и при этом значения индексов отраслей, позитивно влияющих на значение индекса ТЕРИ, принимают значения:

– Текстильное и швейное производство – 167–230%,

– Производство машин и оборудования – 125–137%,

то ожидается рост значения индекса ТЕРИ с последующим превышением значения 100%.

### Заключение

В результате анализа фазовой траектории экономики региона обнаружены области притяжения фазовой траектории, попадание в которые приводит к различным вариантам развития экономики региона с точки зрения значения индекса добычи топливно-энергетических полезных ископаемых. Установлены области притяжения, обеспечивающие как благоприятные, так и неблагоприятные условия для экономики региона. Установлено, что в рассмотренных фазовых плоскостях проекции фазовой траектории в 2015 году возвращаются в области притяжения, не являющиеся благоприятными для экономики региона. В фазовых плоскостях обнаружены экстремальные точки, при прохождении через которые проекция фазовой точки меняет направление движения вдоль соответствующих осей координат на противоположное. При этом экстремальные точки первого типа характеризуются минимальным значением индекса ТЕРИ, а экстремальные точки второго типа характеризуются максимальным значением индекса ТЕРИ. Сформированы «шаблоны для принятия решений», которые предназначены для сокращения времени, затрачиваемого руководителями региона, на принятие решений по развитию экономики региона.

### Список литературы

1. Андронов А.А., Леонтович Е.А., Гордон И.И., Майер А.Г. Качественная теория динамических систем второго порядка. – М.: Наука, 1966. – 568 с.
2. Департамент экономического развития Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Социально-экономическое развитие Сайт. – URL: [http://www.depeconom.admhmao.ru/wps/portal/ecr/home/ser\\_hmao](http://www.depeconom.admhmao.ru/wps/portal/ecr/home/ser_hmao) (дата обращения 07.06.15).
3. Неймарк Ю.И. Метод точечных отображений в теории нелинейных колебаний. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 472 с.
4. Немыцкий В.В., Степанов В.В. Качественная теория дифференциальных уравнений. – М: ОГИЗ, Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1947. – 448 с.
5. Петров Л.Ф. Методы динамического анализа экономики. – М.: Издательство: Инфра-М, 2010. – 240 с.
6. Попов А.А., Калмыкова Т.Н. Исследование факторов, влияющих на добычу нефти в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3; URL: [www.science-education.ru/117-13740](http://www.science-education.ru/117-13740) (дата обращения: 07.06.2015).
7. Попов А.А. Исследование закономерностей поведения фазовых траекторий региональной экономической системы для формирования рекомендаций по развитию отраслей экономики региона // В мире научных открытий. – 2013. – № 4(40). – С. 162–184.

### References

1. Andronov A.A., Leontovich E.A., Gordon I.I., Majer A.G. Kachestvennaja teorija dinamičeskikh sistem vtorogo porjadka [Qualitative theory of dynamic systems of the second order]. Moscow, Nauka, 1966. 568 p.
2. Departament jekonomičeskogo razvitija Hanty-Mansijskogo avtonomnogo okruga – Jugry. Socialno-jekonomičeskoe razvitie Available at: [http://www.depeconom.admhmao.ru/wps/portal/ecr/home/ser\\_hmao](http://www.depeconom.admhmao.ru/wps/portal/ecr/home/ser_hmao) (accessed 07.06.15).
3. Nejmark Ju.I. Metod točechnyh otobrazhenij v teorii nelinejnyh kolebanij [The method of point transformations in the theory of nonlinear oscillations]. Moscow, «LIBROKOM», 2010. 472 p.
4. Nemyckij V.V., Stepanov V.V. Kachestvennaja teorija differencialnyh uravnenij [Qualitative theory of differential equations]. Moscow, OGIZ, 1947. 448 p.
5. Petrov L.F. Metody dinamičeskogo analiza jekonomiki [Methods for dynamic analysis of the economy]. Moscow, Infra-M, 2010. 240 p.
6. Popov A.A., Kalmykova T.N. Sovremennye problemy nauki i obrazovanija – Modern problems of science and education, 2014, no. 3, available at <http://www.science-education.ru/117-13740>. (data obrashhenija: 07.06.2015).
7. Popov A.A. V mire nauchnyh otkrytij – The world of scientific discoveries. 2013. no. 4(40). pp.162–184.

### Рецензенты:

Титов В.А., д.э.н., профессор, профессор кафедры информационных технологий, ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», г. Москва;

Курченков В.В., д.э.н., профессор, ведущий кафедрой государственного и муниципального управления, ФГАОУ ВПО «Волгоградский государственный университет», г. Волгоград.