

УДК 51-77

© 2012 г. **М.Ю. Хавинсон,**

М.П. Кулаков,

С.Н. Мищук, канд. экон. наук

(Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, Биробиджан)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКИ АКТИВНОГО НАСЕЛЕНИЯ И ИНОСТРАННОЙ РАБОЧЕЙ СИЛЫ В РЕГИОНЕ (НА ПРИМЕРЕ ЕВРЕЙСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ)¹

Рассматривается математическая модель взаимодействия экономически активного населения и иностранной рабочей силы на региональном рынке труда. Приведены результаты численно-аналитического исследования модели. Получены и исследованы сценарии динамики численности экономически активного населения и трудовых мигрантов в ЕАО.

Ключевые слова: математическая модель, экономически активное население, иностранная рабочая сила.

Введение

Реализация стратегии социально-экономического развития дальневосточных субъектов Российской Федерации [1] тесно связана с задачей прогнозирования численности экономически активного населения и трудовых мигрантов. В настоящее время научный инструментарий для определения перспектив регионального рынка труда довольно обширен [2 – 7], но, тем не менее, некоторые важные аспекты занятости в регионе остаются вне поля зрения исследователей. Одним из таких аспектов является изучение влияния иностранной рабочей силы на динамику занятого населения, что особо значимо для приграничной территории с дефицитом трудовых ресурсов [8].

Ярким примером дальневосточного региона, где влияние миграционных связей, и в первую очередь трудовых, крайне велико, является Еврейская автономная область [9, 10]. Для области пока рано говорить о существенном изменении облика рынка труда под воздействием иностранной рабочей силы, однако анализ сложившейся ситуации и возможных тенденций привлечения трудовых мигрантов в ЕАО может быть полезен как опыт изучения и прогнозирования влияния иностранной рабочей силы на динамику численности экономически активного населения через призму математического моделирования.

¹ Работа поддержана грантом РГНФ (проект № 11-12-79003а/Т) и ДВО РАН (проект № 12-III-B-10-202).

Построение модели. Содержательный смысл коэффициентов уравнений

Реализуемые подходы моделирования динамики численности экономически активного населения и иностранной рабочей силы в регионе базируются на принципе парных взаимодействий, который впервые был применен в химической кинетике и популяционной биологии [11 – 14], а в современной науке успешно используется в социальных и экономических науках [2, 3, 15 – 17].

Построение уравнений модели базируется на следующих допущениях:

численность занятых линейно пополняется в зависимости от самой численности занятых и от численности безработных (ежегодно некоторые безработные становятся трудоустроенными);

взаимодействие местной и иностранной рабочей силы оказывает влияние на динамику занятости местного и иностранного населения на территории региона;

численность местных и иностранных рабочих без взаимного влияния растет логистически;

для местных и иностранных занятых характерен эффект «мальтузианской ловушки» (рост населения опережает рост производства);

ежегодно некоторая постоянная доля занятых переходит в категорию безработных.

Уравнения динамической системы имеют следующий вид:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = b_1x - a_1xy + c_1z - k_1x^2, \\ \frac{dy}{dt} = b_2y - a_2xy - k_2y^2, \\ \frac{dz}{dt} = b_3z - c_2z, \end{cases} \quad (1)$$

где x – численность местных занятых; y – численность иностранной рабочей силы; z – численность безработных; t – переменная времени; a_1, a_2 – коэффициенты социальных взаимодействий; b_1, b_2 – коэффициенты роста численности местных и иностранных занятых; c_1 – коэффициент трудоустройства безработных; k_1, k_2 – коэффициенты, описывающие эффект «мальтузианской ловушки»; b_3 – коэффициент безработицы; c_2 – коэффициент сокращения безработицы.

Степень взаимодействия между занятым населением и иностранной рабочей силой в модели описывают коэффициенты a_1 и a_2 . Если $a_1 > 0$ и $a_2 > 0$, то имеет место конкуренция: рабочие места, созданные для иностранных рабочих, тормозя создание новых рабочих мест для местного населения, и наоборот. При $a_1 < 0$ и $a_2 < 0$ происходит формирование партнерских отношений: создание рабочих мест для иностранцев способствует увеличению занятости. Различные знаки коэффициентов a_1 и a_2 , т.е. при условии $a_1a_2 < 0$, позволяют говорить о заведомом преимуществе одной из рассматриваемых групп в конкурентной борьбе. Например, если $a_1 < 0$ и $a_2 > 0$, то привлечение иностранной рабочей силы стимулирует рост числа занятых, которые по мере своего роста начинают сдерживать создание рабочих мест для иностранцев. Аналогично, если $a_1 > 0$ и $a_2 < 0$, то рост местных

занятых стимулирует рост иностранной рабочей силы, в то время как последние по мере своего роста начинают угнетать и вытеснять местную рабочую силу. Важно также рассмотреть соотношение a_1/a_2 , которое показывает относительную степень влияния взаимодействий занятого населения и трудовых мигрантов или, другими словами, предпочтение работодателя местных либо иностранных рабочих. Следует иметь в виду, что речь идет не об абсолютных значениях численности занятых, а об их приросте. Отношение a_1/a_2 определяет относительную степень вытеснения местных занятых иностранными рабочими с учетом знаков a_1 и a_2 .

Немаловажным индикатором конкуренции является социальная напряженность занятого населения (внутренняя конкуренция), оказывающая существенное влияние на динамику занятости и привлечения иностранной рабочей силы. Эффект внутренней конкуренции можно объяснить механизмами так называемой мальтузианской ловушки, когда демографический рост опережает рост производства и улучшение качества жизни населения, что приводит к невозможности удовлетворения всех потребностей общества и, как следствие, к естественному ограничению рождаемости. Аналогично на рынке труда стремительный рост занятости при неизменной «емкости» возможной занятости приведет к значительному снижению оплаты труда, ухудшению условий труда и значительному замедлению темпов роста занятости. По отношению к иностранной рабочей силе коэффициент «самолимитирования» означает в том числе и степень жесткости квотирования (чем больше иностранцев, желающих приехать на работу в регион, не смогли этого сделать из-за квот, тем больше степень жесткости квотирования). «Внутренняя» конкуренция в модели описывается коэффициентами k_1 и k_2 . Следует отметить, что k_1 и k_2 могут быть отрицательными. В этом случае можно говорить о преобладании в квадратичных членах (k_1x^2 и k_2y^2) прироста численности за счет так называемых парных взаимодействий (действия «социальных» сетей по привлечению дополнительных занятых) над естественным лимитированием и сокращением численности (вытеснение части занятых вследствие конкурентной борьбы). Помимо привлечения занятых посредством социальных сетей, данные коэффициенты k_1 и k_2 могут также выражать степень привлекательности региона.

Чтобы сравнить коэффициенты внутренней конкуренции, достаточно рассмотреть отношение k_1/k_2 . Чем ближе это отношение к нулю (при условии положительных k_1 и k_2), тем больше усилия власти и бизнеса к ограничению компонентов рынка труда, т.е. жестче квотирование. Если $k_1/k_2 = 1$, то занятое население и иностранцы имеют равный спрос у работодателей при условии близости значений потенциальных скоростей роста b_1 и b_2 .

Важным показателем развития рынка труда является емкость экономической ниши, выражающая способность экономики региона потенциально обеспечить определенное количество рабочих мест. Емкость экономической ниши N для занятого населения можно вычислить как отношение коэффициентов $N = b_1/k_1$, емкость ниши для иностранной рабочей силы M вычисляется по формуле $M = b_2/k_2$. Чем больше эти значения, тем больше рабочих мест может быть создано в регионе. Эти коэффициенты не всегда легко интерпретировать, поэтому бу-

дем рассматривать отношение N/M , показывающее приоритетность экономических ниш для местного населения и иностранных рабочих. Если $N/M > 1$, то на региональном рынке труда возможный объем рабочих мест для занятого населения больше, чем для иностранцев, в противном случае $N/M < 1$. Максимально допустимым, по нашему мнению, является значение $N/M = 10$ (в этом случае экономика региона «готова» дать работу иностранцам, численность которых составит 10 % от занятого населения). Если $N/M > 10$, справедливо говорить о недостатке трудовых ресурсов, при $N/M < 10$ региональный рынок труда стремится к значительному насыщению иностранными рабочими.

Следует полагать, что условия для конкурентной борьбы между занятым населением и иностранными рабочими создаются в случае дефицита трудовых ресурсов, поэтому важно иметь в виду отношение скоростей роста численности рассматриваемых агентов рынка труда b_1/b_2 . Скорость обновления трудовых ресурсов больше скорости привлечения иностранных рабочих, если $b_1/b_2 > 1$, в противном случае – $b_1/b_2 < 1$. Если $b_1 < 0$, то молодые специалисты не восполняют убывших вследствие ухода на пенсию, смерти или миграции. Значение $b_2 < 0$ означает постепенную потерю интереса иностранцев к данной территории (естественная скорость роста численности постепенно будет стремиться к нулю). В сущности, данная модель описывает динамику социально-экономической ситуации в связи с демографическими тенденциями в регионе через коэффициенты взаимодействия трудовых мигрантов и занятого населения, социальной напряженности, действия социальных сетей при трудоустройстве, уровня безработицы и скорости обновления трудовых ресурсов.

Численное исследование модели

В системе (1) существуют четыре особые точки:

$$A(0; 0; 0), B\left(0; \frac{b_2}{k_2}; 0\right), C\left(\frac{b_1 \cdot c_2 + b_3 \cdot c_1}{c_2 \cdot k_1}, 0, \frac{c_1 \cdot b_3^2 + b_1 \cdot c_2 \cdot b_3}{c_2^2 \cdot k_1}\right),$$

$$D\left(\frac{b_1 \cdot c_2 \cdot k_2 - a_1 \cdot b_2 \cdot c_2 + b_3 \cdot c_1 \cdot k_2}{a_1 \cdot a_2 \cdot c_2 - c_2 \cdot k_1 \cdot k_2}, \frac{a_2 \cdot b_1 \cdot c_2 + a_2 \cdot b_3 \cdot c_1 - b_2 \cdot c_2 \cdot k_1}{a_1 \cdot a_2 \cdot c_2 - c_2 \cdot k_1 \cdot k_2}, \frac{b_3^2 \cdot c_1 \cdot k_2 - a_1 \cdot b_2 \cdot b_3 \cdot c_2 + b_1 \cdot b_3 \cdot c_2 \cdot k_2}{a_1 \cdot a_2 \cdot c_2^2 - c_2^2 \cdot k_1 \cdot k_2}\right),$$

каждая из которых соответствует определенному состоянию развития региона.

Устойчивости точки А соответствует состояние бесперспективности для освоения территории (это могут быть северные территории, отдаленные от государственных границ, или территории с использованными ресурсами и, вероятно, с высоким уровнем загрязнения). Устойчивость точки В означает полное превращение региона в сырьевой придаток. Для добычи ресурсов привлекаются только трудовые мигранты. Развитию региона, при котором не используется иностранная рабочая сила, соответствует устойчивость точки С. Устойчивость точки D означает развитие региона с использованием ресурсов трудовой миграции. Таким образом, система (1) описывает состояния рынка труда, при котором возможно полное

вытеснение местных занятых (экономическая экспансия), отсутствие иностранных рабочих либо равновесное присутствие всех обозначенных агентов рынка труда.

Параметрическое исследование построенной системы (1) проведено с помощью двумерных срезов параметрического пространства, полученных в среде MathCad. Для этого, производилось сканирование параметрической плоскости выбранной пары бифуркационных параметров при условии, что остальные зафиксированы. В каждой точке этой плоскости определялся тип состояния равновесия каждой особой точки исследуемой системы, которым соответствуют различные области на рис.1, 3, 4. Бифуркационные параметры и их границы выбирались сопоставимыми по смыслу модели. В некоторых случаях для полноты содержательной интерпретации областей бифуркационной диаграммы предпочтительно найти простые аналитические выражения границ областей. Как правило, методы, позволяющие находить точные аналитические выражения границ, соответствующих изменению типа устойчивости особых точек подобных нелинейных систем (например, метод Гурвица, метод D -разбиений или годограф Михайлова), не дают легко интерпретируемых выражений. В большинстве случаев для нахождения простых аналитических выражений этих границ нами использовалась их аппроксимация взвешенным методом наименьших квадратов.

Начальные значения коэффициентов («точка отсчета» для исследования многомерного параметрического пространства) оценены по соответствующим статистическим данным ЕАО.

Наиболее содержательной информацией для нас является выделение только устойчивых особых точек в исследуемых областях параметрического пространства. Области бифуркационных диаграмм с одним типом устойчивости особых точек обозначаются большими буквами А, В, С, D, соответствующими определенному стационарному состоянию системы (1), с верхним индексом f или n (f означает, что тип устойчивости особой точки – устойчивый фокус, n – устойчивый узел).

Метка на рисунках – положение на бифуркационной диаграмме оцененных по реальным данным коэффициентов модели. В анализе бифуркационных диаграмм особое внимание уделялось появлению и возможности управления колебаниями фазовых переменных.

Выше отмечено, что коэффициенты b_1 , b_2 описывают скорости роста занятого населения и иностранных рабочих. Соотношения данных коэффициентов, отличающиеся только знаками, дают грубое разделение параметрической плоскости (b_1 , b_2) на четыре части (рис.1 а):

а) $b_1 > 0$, $b_2 > 0$ (I четверть бифуркационной диаграммы на рис.1 а) соответствуют ситуации, когда регион является привлекательным и для населения, и для трудовых мигрантов;

б) $b_1 > 0$, $b_2 < 0$ (II четверть бифуркационной диаграммы на рис.1 а) описывают развитие региона, при котором развиваются отрасли экономики, привлекательные только для местного населения;

в) $b_1 < 0$, $b_2 < 0$ (III четверть бифуркационной диаграммы на рис.1 а) – случай

непривлекательности региона как для местного населения, так и для иностранных рабочих;

г) $b_1 < 0$, $b_2 > 0$ (IV четверть бифуркационной диаграммы на рис. 1а) при развитии отраслей региональной экономики, привлекательных только для трудовых мигрантов. Более детальное исследование параметрической плоскости может показать условия, при которых конкретная «степень» непривлекательности региона для населения и трудовых мигрантов меняет режим динамики системы (1).

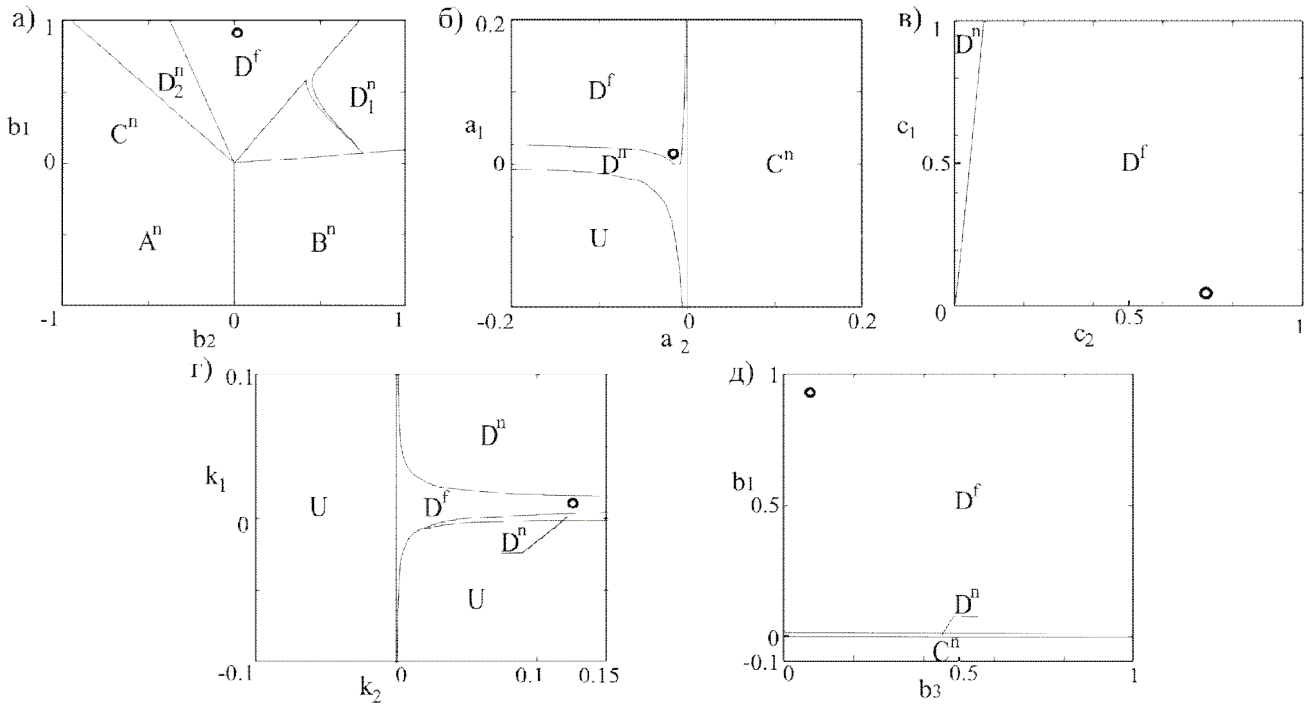


Рис. 1. Бифуркационные диаграммы модели (сценарий 1).

I четверть параметрической плоскости (b_1, b_2) состоит из трех областей. Большая часть I четверти (рис.1 а) заполнена областями D_1^n , D^f , D_2^n , соответствующими устойчивому развитию региона при использовании иностранной рабочей силы. Затухающие колебания (смена типа устойчивости особой точки с устойчивого узла на устойчивый фокус) возникают, когда $b_1 > \bar{b}b_2$, $\bar{b} < 1$ (точное значение \bar{b} определяется из конкретных значений параметров, в нашем случае $\bar{b} = 0,728$). Эти колебания, по нашему мнению, могут указывать на зарождающуюся конкуренцию и напряженность на региональном рынке труда. Узкая часть границы между областями D_1^n и D^f разделяет область D_1^n на две части. Это означает, что в некоторых случаях затухающие колебания численности занятого населения и иностранной рабочей силы легко устранимы, – например, с помощью небольшого изменения сальдо миграции трудоспособного населения (влияния на b_1).

При уменьшении параметра b_2 до отрицательных значений тип устойчивости точки D изменяется от устойчивого фокуса к устойчивому узлу (переход области D^f в область D_2^n), затем устойчивым узлом (область C^n) становится точка С. Таким образом, при потере интереса иностранных граждан к работе в регионе колебания численности занятых сглаживаются и, перейдя некоторое пороговое

значение (в нашем случае, при $b_1 < -0,948b_2$, $b_1 > 0$, т.е. когда убыль трудовых мигрантов больше притока трудовых ресурсов), численность иностранных мигрантов становится нулевой.

При $b_1 < 0$ и $b_2 < 0$ устойчивым узлом становится точка А (регион становится бесперспективным). Во IV четверти бифуркационной диаграммы на рис.1а устойчива только точка В. Таким образом, если будет наблюдаться сколь угодно малая постоянная убыль трудоспособного населения (отсутствие восполнения трудовых ресурсов), то регион окажется «брошенным» или занятым только трудовыми мигрантами, т.е. превратится в сырьевой придаток. То же наблюдается при положительных значениях b_2 и малых положительных значениях b_1 (узкая часть I четверти бифуркационной диаграммы рис.1 а).

Срез параметрического пространства (a_1, a_2) , иллюстрирующий смену типов конкурентных отношений в системе (1), состоит из четырех областей (рис. 1б). При $a_1 < 0$, $a_2 < 0$ устойчивой точкой (узлом) является только точка С. Если мигранты будут занимать рабочие места, привлекательные для местного населения, это приведет к полному вытеснению иностранных рабочих. Относительно большому значению коэффициента a_1 (область D^f рис. 1б) соответствует устойчивый фокус в точке D. Таким образом, активное привлечение трудовых мигрантов может привести к затухающим колебаниям численности занятого и безработного населения. Устойчивый узел в точке D возможен при небольших по модулю значениях a_1 . Динамика занятости, безработицы и трудовой миграции будет более определенной и относительно легко прогнозируемой, если привлечение иностранцев будет умеренным. При больших по модулю отрицательных значениях a_1, a_2 траектории системы уходят в бесконечность (область U рис. 1б). На коротком промежутке времени в несколько лет возможно интенсивное развитие экономики региона с активными «симбиотическими» отношениями между занятым населением и трудовыми мигрантами (активное привлечение инвесторов и иностранных рабочих с предоставлением рабочих мест местному населению). Перейдя этап бурного роста, региональная экономика стабилизируется через затухающие колебания развития (область D^f рис. 1б) или насыщение (область D^n рис. 1б).

Бифуркационная диаграмма (c_1, c_2) при $c_1 > 0$, $c_2 > 0$ достаточно однородна: точка D – устойчивый фокус (область D^f рис. 1в), переходящая в устойчивый узел (область D^n рис. 1в). Параметры c_1 и c_2 качественно почти не влияют на поведение системы.

Система (1) находится в устойчивом состоянии при положительных коэффициентах k_1 и k_2 , а также при небольших отрицательных значениях k_1 (рис. 1з). При малых отрицательных значениях k_1 и малых положительных значениях k_2 точка D является устойчивым узлом (узкая часть области D^n рис. 1з), который при увеличении k_2 переходит в устойчивый фокус (область D^f рис. 1з). При «умеренных» значениях k_1 и k_2 (приблизительно $k_1k_2 = 0,0001$) точка D – устойчивый узел (основная часть области D^n рис. 1з). Увеличение числа занятых посредством социальных сетей при слабом квотировании (больших квотах для трудовых

мигрантов) приводит к существенным колебаниям численности работающих и безработных на региональном рынке труда. Эти колебания можно погасить уже-сточением (уменьшением) квот. При умеренных квотах и «естественной» конкуренции между занятым населением колебаний численности не возникает.

Срез параметрического пространства $(b_1; b_3)$ состоит из четких однородных областей (рис. 1*д*). При $b_1 > 0,012$ точка D – устойчивый фокус, в интервале $0 < b_1 < 0,012$ в противном случае, C – устойчивый узел. Параметр b_3 на качественное изменение поведения системы (1) не влияет.

Таким образом, в исследуемой системе существуют варианты управления динамикой численности занятого населения и иностранной рабочей силы. Изменение социально-экономической ситуации может качественно повлиять на привлечение трудовых мигрантов в регион, вплоть до полного их вытеснения. В модели мы допустили отсутствие влияния трудовых мигрантов на безработицу в регионе, тем не менее важным показателем является «отток» безработных c_2 (рис.1 *в*): высокая интенсивность оттока может вызвать колебания численности занятого населения и иностранных рабочих.

Сценарии динамики численности экономически активного населения и иностранной рабочей силы в ЕАО

Коэффициенты модели оценены взвешенным методом наименьших квадратов: в среде MathCad минимизировался квадрат отклонений фактических данных от соответствующих точек интегральных кривых системы (1). При варьировании начальных приближений параметров решения оказались достаточно неоднозначными: по имеющемуся ряду данных нельзя получить единственную оценку параметров. Всевозможный перебор начальных приближений параметров системы позволил выделить три принципиально разные группы сценариев динамики численности занятых, иностранной рабочей силы и безработных в ЕАО (таблица).

Коэффициенты	Значения коэффициентов модели		
	Сценарий 1 (монотонный)	Сценарий 2 (колебательный)	Сценарий 3 (периодический)
b_1	0,953	0,782	0,0237
a_1	0,0115	0,0178	0,006907
c_1	0,00344	-0,00156	0,00115
k_1	0,01095	0,00863	0,00000105
b_2	0,00984	-13,7016	-7,919
a_2	-0,01038	-0,1628	-0,0976
k_2	0,123	-0,0853	-0,0000209
b_3	0,07052	0,1074	0,0763
c_2	0,754	1,1047	0,813
N	87,023	90,640	22550
M	0,08	160,553	378200
N/M	1087,8	0,565	0,0596
a_1/a_2	-1,1069	-0,1094	-0,07077
k_1/k_2	0,0889	-0,1011	-0,05014
b_1/b_2	96,832	-0,05709	-0,00299

С помощью экспертного анализа отброшены повторяющиеся и маловероятные сценарии, выделены наиболее «типичные» представители указанных групп. Подробные пояснения в численном исследовании приведены для первого сценария, поскольку для остальных они во многом аналогичны. Условно сценарии 1, 2 и 3 названы монотонным, колебательным и периодическим соответственно, хотя тип их динамики соответствует устойчивым фокусам с разной скоростью стремления к особой точке.

Стационарный сценарий (рис. 2а) предполагает переход к постоянной численности местных и иностранных занятых. Трудовые ресурсы восполняются гораздо быстрее, чем растет численность иностранных рабочих ($b_1/b_2 = 96,8 > 1$). Экономика области «нацелена» на использование занятого населения, трудовых ресурсов достаточно для поддержания удовлетворительного функционирования основных секторов экономики региона ($N/M = 1087,8 > 10$), в том числе привлекательных для трудовых мигрантов. Квотирование устанавливается достаточно жестко ($k_1/k_2 = 0,0889 < 1$).

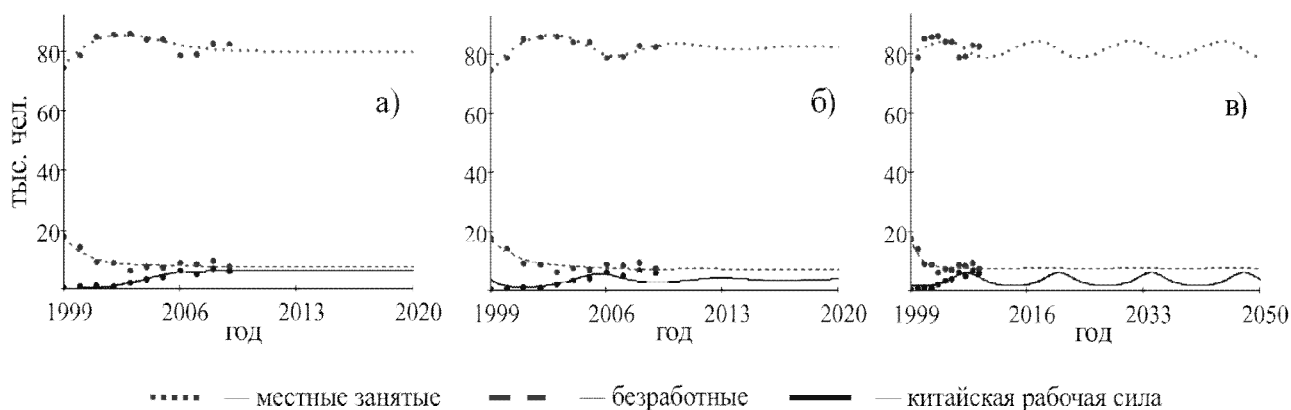


Рис. 2. Стационарный (а), колебательный (б) и периодический (в) сценарии динамики численности местных занятых, китайской рабочей силы и безработных в ЕАО.

Ввиду ограниченности трудовых ресурсов любой прирост рабочих будет сопровождаться привлечением преимущественно низкоквалифицированных иностранных трудовых мигрантов ($a_1 > 0$, $a_2 < 0$), а это означает, что привлечение иностранных рабочих не способствует развитию экономики области и созданию новых рабочих мест для местного населения, и даже в какой-то мере снижает значение стационарного уровня численности местных занятых.

Для данного сценария характерен высокий уровень конкуренции местных занятых и иностранцев ($a_1/a_2 = -1,069$, т.е. в приросте численности рабочих работодатель отдаст одинаковое предпочтение китайскому рабочему и трудящемуся области, или прирост численности рабочих в автономии наполовину будет обеспечен иностранными рабочими). Бифуркационные диаграммы монотонного сценария проанализированы выше.

Колебательный режим (рис. 2б) устанавливается в ситуации более ограниченного воспроизводства трудовых ресурсов (для первого сценария $b_1 = 0,953$, для второго – $b_2 = 0,782$). Экономика области во многом становится зависимой от иностранных рабочих ($N/M = 0,565 < 10$). Колебательный сценарий формируется

при постепенной потере интереса китайских граждан к работе в области ($b_2 < 0$). В ЕАО это может быть обусловлено как истощением лесных ресурсов и убыточностью лесоперерабатывающей промышленности, так и падением спроса на жилье вследствие значительного спада жилищного строительства, т.е. сокращением производства в отраслях, в которых превалирует иностранная рабочая сила. Снижение скорости роста новых рабочих мест для занятых незначительно больше, чем в монотонном сценарии (для первого сценария $a_1 = 0,011$, для второго – $a_1 = 0,018$), но конкуренция между местным населением и трудовыми мигрантами на рынке труда меньше ($a_1/a_2 = -0,1094$, т. е. в большинстве случаев предпочтение отдадут местным занятым). Анализ бифуркационных диаграмм для сценария 2 (рис. 3) показывает «относительную близость» параметров системы (1) к области, в которой точка С устойчива, т.е. отсутствию трудовых мигрантов на рынке труда ЕАО.

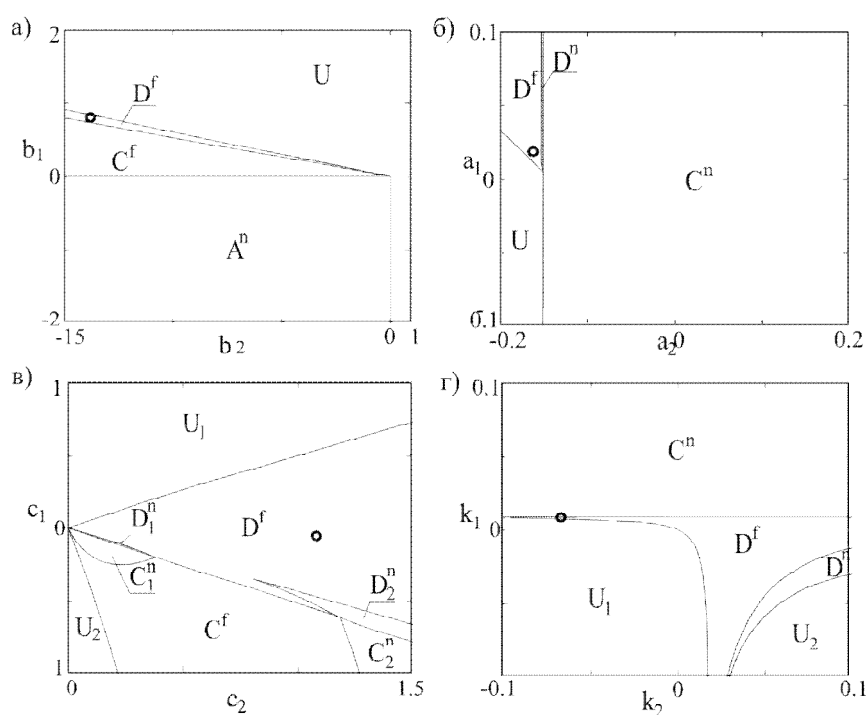


Рис. 3. Бифуркационные диаграммы модели (сценарий 2).

Чтобы «удержать» иностранную рабочую силу в области, необходимо поддерживать определенный уровень восполнения трудовых ресурсов (рис. 3а) и стабильную социально-экономическую ситуацию (рис. 3б, 3г).

В случае крайне ограниченного воспроизводства трудовых ресурсов ($b_1 = 0,024$) и неэффективности управленческих решений (ограничения на рост численности занятых накладываются не властью и бизнесом, а взаимодействием агентов рынка труда ($k_1 = 0,000001$, $k_2 = -0,00002$)) конкуренция между местным населением и иностранными занятыми на рынке труда относительно незначительна ($a_1/a_2 = -0,07$, $a_1 = 0,007$). Нормальное функционирование экономики области достаточно сильно зависит от китайской рабочей силы ($N/M = 0,0565 < 10$). Периодические колебания объясняются демографическими волнами, которые не гасятся должным восполнением трудовых ресурсов.

Ситуация с управлением численностью иностранных рабочих во многом

схожа со сценарием 2 (рис. 4), но несколько более устойчива по коэффициентам конкуренции (рис. 4а): чтобы перейти в точку С, необходима перемена знака коэффициента a_2 , т.е. качественное изменение ситуации на рынке труда.

Исходя из экономической ситуации в области, наиболее вероятным следует признать стационарный сценарий. В то же время следует отметить, что предложенные варианты прогноза основаны на тех тенденциях, которые наблюдались в течение последних 10 лет.

Не исключено и формирование новой динамики численности иностранной рабочей силы в области. Например, строительство и эксплуатация в автономии крупного горно-обогатительного комбината (Кимкано-Сутарский ГОК) может существенно изменить динамику занятости и привлечения трудовых мигрантов в ЕАО.

В этом случае, как можно полагать, произойдет смещение стационарного значения численности занятых без качественного изменения сценария, тем не менее говорить о переломе текущих тенденций на рынке труда области пока рано.

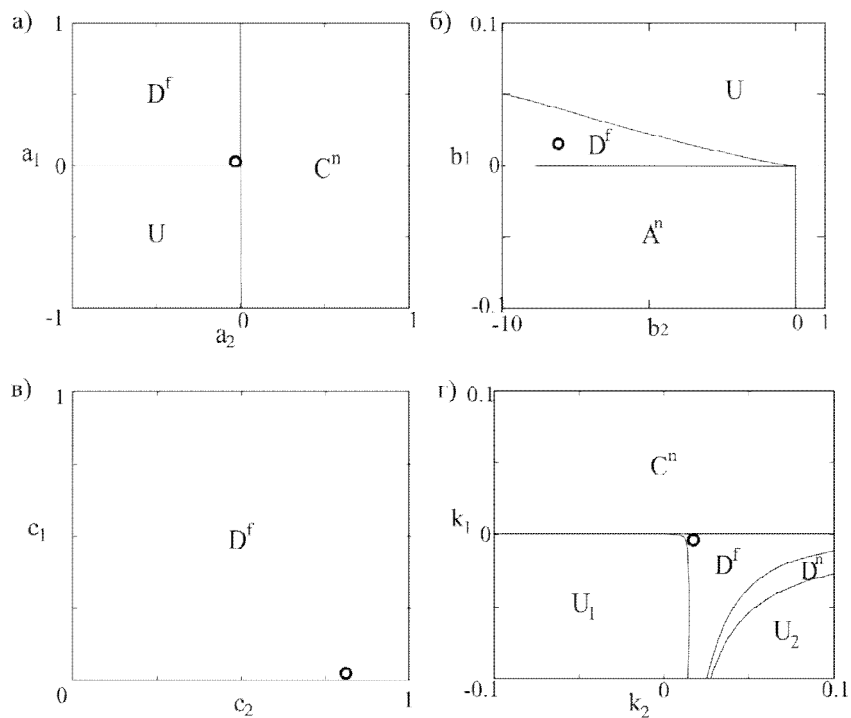


Рис. 4. Бифуркационные диаграммы модели (сценарий 3).

Заключение

Описанная в настоящей статье модель позволяет более тонко подойти к прогнозированию и возможностям управления численностью трудовых мигрантов на региональном рынке труда.

Исследование предложенной системы дифференциальных уравнений показывает, что границы изменения типов устойчивости особых точек часто нетривиальны, а, следовательно, прогноз и управление численностью иностранных граждан в регионе не сводится лишь к простому определению квот.

Кроме того, без использования методов математического моделирования крайне затруднительно количественно оценить взаимодействие занятого населе-

ния и иностранной рабочей силы, – например, степень конкуренции.

Предложенный инструментарий может детализировать и существенно дополнить экспертный экономический анализ ситуации на рынке труда приграничного региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Стратегия* социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года. – http://www.eao.ru/state/goverment/strategy/strategy_0402.rar
2. *Вайдлих В.* Социодинамика: Системный подход к математическому моделированию в социальных науках. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010.
3. *Милованов В.П.* Неравновесные социально-экономические системы: синергетика и самоорганизация. – М.: Эдиториал УРСС, 2001.
4. *Проекты и риски будущего: Концепции, модели, инструменты, прогнозы* / отв. ред. А.А. Акаев, А.В. Коротаев, Г.Г. Малинецкий, С.Ю. Малков. – М.: КРАСАНД, 2011.
5. *Моделирование и управление процессами регионального развития* / под ред. С.Н. Васильева – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001.
6. *Системный мониторинг: Глобальное и региональное развитие* / отв. ред. Д.А. Халтурина, А.В. Коротаев. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010.
7. *Топилин А.В., Парфенцева О.А.* Перспективы трудовой миграции в России: от количественных к качественным параметрам. – М.: МАКС Пресс, 2008.
8. *Мотрич Е.Л., Найден С.Н.* Влияние социально-демографической ситуации на трудовую миграцию // Проблемы прогнозирования. – 2009. – №5. – С.134-146.
9. *Мищук С.Н.* Международная трудовая миграция в регионе: проблемы трансграничного взаимодействия // Региональная экономика: теория и практика. – 2010. – № 36(171) сентябрь. – С.37-43
10. *Мищук С.Н., Данченко Е.В.* Миграционное обеспечение рынка труда южных регионов Дальневосточного федерального округа // Региональная экономика: теория и практика. – 2011. – №11(194) март. – С.28-34.
11. *Вольтерра В.* Математическая теория борьбы за существование. – М.: Наука, 1976.
12. *Chang-Hyeon Choi.* Generalizations of the Lotka-Volterra Population Ecology Model: Theory, Simulation, and Applications // Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences. – 1997. – Vol.1, N. 4. – P. 263-273.
13. *Korobeinikov A., Wake G.C.* Global properties of the three-dimensional predator-prey Lotka-Volterra systems // Journal of Applied Mathematics & Decision Sciences. – 1999. – N 3(2). – P. 55-162.
14. *Sunita Gakkhar, Ra'id Kamel Naji.* Existence of chaos in two-prey, one-predator system. // Chaos, Solitons and Fractals. – 2003. – N. 17. – P. 639–649.
15. *Белотелов Н.В., Бродский Ю.И., Павловский Ю.Н.* Сложность. Математическое моделирование. Гуманитарный анализ: Исследование исторических, военных, социально-экономических и политических процессов – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009.
16. *Короновский А.А, Трубецков Д.И.* Нелинейная динамика в действии: Как идеи нелинейной динамики проникают в экологию, экономику и социальные науки. – Саратов: Изд-во Гос-УНЦ «Колледж», 2002.
17. *Моделирование нелинейной динамики глобальных процессов* / под ред. И.В. Ильина, Д.И. Трубецкова. – М.: Изд-во МГУ, 2010.

Статья представлена к публикации членом редколлегии А.Е. Зубаревым.

E-mail:

Хавинсон Михаил Юрьевич – havinson@list.ru;

Кулаков Матвей Павлович – k_matvey@mail.ru;

Мищук Светлана Николаевна – svetamic@rambler.ru.