

УДК 314.04

МОДЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ РОСТА ТЕМПОВ ПРОИЗВОДСТВА И ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2009 г.

А.Я. Моничев, Е.С. Дубровина

Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского

esd22@mail.ru

Поступила в редакцию 10.12.2008

Выявлены особенности взаимовлияния динамики производства и численности населения в Нижегородской области. Предложена математическая модель, описывающая изменение валового регионального продукта. На ее основе дан прогноз различных сценариев развития производства, а также определен характер воздействия производства на демографические процессы.

Ключевые слова: математическое моделирование, валовой региональный продукт, модернизация средств производства.

Как показывают исследования [1, 2], рост производства и связанного с ним уровня жизни в развитых странах оказывает влияние на динамику населения и приводит к снижению как рождаемости, так и смертности.

Феномен снижения рождаемости и смертности в мире на протяжении последнего столетия был проиллюстрирован нами в работах [3, 4] с помощью математической модели, описывающей динамику роста народонаселения планеты:

$$\begin{aligned} \frac{dN}{dt} &= (B - D)N, \\ B &= \frac{B_m}{1 + aN^\gamma}, \\ D &= \frac{D_m}{1 + bN^\delta}. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь N – численность населения, B и D – рождаемость и смертность, исчисляемые обычно как число рождений и смертей, приходящихся на каждую тысячу человек в год, B_m и D_m – максимально возможные значения этих характеристик.

Согласно модели, определяющее влияние на динамику рождаемости и смертности оказывает численность населения. Степень этого влияния определяется модельными параметрами a , b , γ и δ .

Исследования модели показали [5–7], что параметры a и b являются территориально опосредованными и зависят в основном от экологического состояния среды, уклада жизни и других особенностей конкретной местности. Согласно данным исследованиям, эти параметры определяют стабильную во времени составляющую регуляции. Параметры γ и δ социально опосредованы и определяются уровнем и каче-

ством жизни, социальной защищенностью населения. Данные характеристики во многом определяются уровнем промышленного производства, ростом валового регионального продукта (ВРП). Это лабильная составляющая регуляции, активно меняющаяся во времени.

Таким образом, темпы регионального производства и связанный с ними уровень жизни в регионе оказывают влияние на численность населения через внутривнутрипопуляционную регуляцию рождаемости и смертности. Подобная регуляция осуществляется внутри социальной группы определенного размера. Согласно модели, именно параметры γ и δ определяют средний размер группы людей, участвующих в регуляции рождаемости и смертности. Конкретные значения этих параметров, вычисленные на основании данных о среднемировой динамике рождаемости и смертности, составляют: $\gamma = 6$, $\delta = 2$, что соответствует размерам семьи или ее части. Однако эти параметры могут возрастать или уменьшаться в зависимости от участия или неучастия в демографических процессах других членов общества (социальная помощь многодетным и пожилым). В итоге величина этих параметров зависит от степени экономического и социального благополучия в данное время.

В этом плане целесообразно оценить степень влияния роста ВРП на модельные демографические характеристики γ и δ .

Наличие связи между данными демографическими характеристиками и уровнем ВРП можно выявить, оценив их корреляцию. Для этого были использованы данные об объеме валового регионального продукта в период с 1990 по 2004 г. в Нижегородской области

(рис. 1), а также значения характеристик γ и δ на тот же период, рассчитанные по следующим формулам:

$$\gamma = \log_N \frac{B_m - B}{aB}, \quad \delta = \log_N \frac{D_m - D}{bD}.$$

Динамика изменения параметров γ и δ представлена на рис. 2, 3.

Результаты анализа данных показывают наличие положительной корреляции между уровнем производства и параметром γ ($r = 0.81$) на уровне значимости $p = 0.014$ и отрицательной корреляции между уровнем производства и параметром δ ($r = -0.97$) на уровне значимости $p < 0.0001$.

Выявленная взаимосвязь параметров γ и δ с валовым региональным продуктом позволяет

получить уравнения регрессии, наилучшим образом приближающие зависимости этих характеристик друг от друга. Регрессионный анализ показал их степенную взаимозависимость, которая выражается уравнениями с коэффициентами детерминации, равными, соответственно, 0.81 и 0.96:

$$\begin{aligned} \gamma &= 5.58 \cdot P^{0.015}, \\ \delta &= 2.97 \cdot P^{-0.072}, \end{aligned} \quad (2)$$

где P – уровень валового регионального продукта.

Полученные регрессионные кривые, описывающие взаимосвязь демографических характеристик γ , δ и уровня валового регионального продукта, представлены на рис. 4, 5.

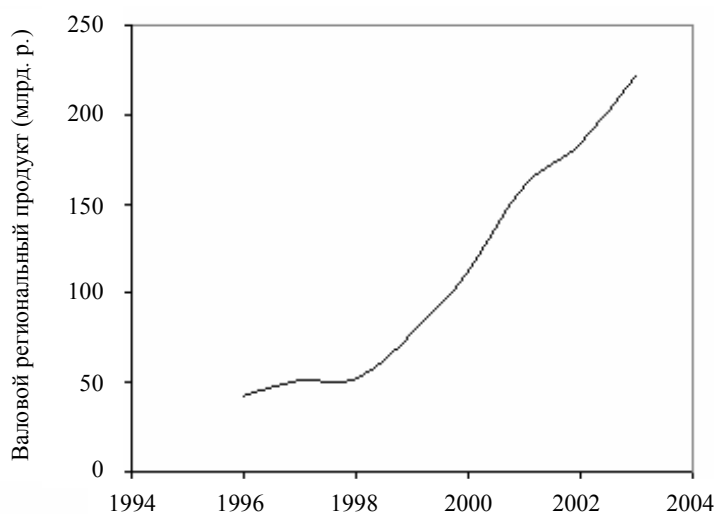


Рис. 1. Динамика роста ВРП в Нижегородской области в период 1996–2003 гг.

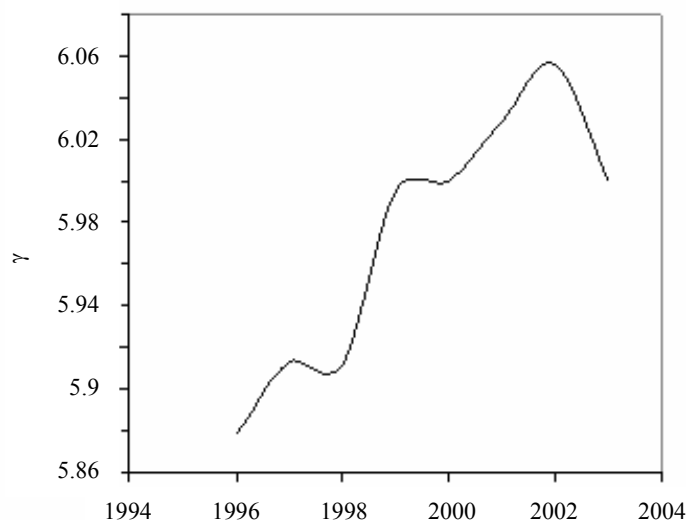


Рис. 2. Динамика изменения модельного параметра γ , вычисленная по данным для Нижегородской области в период 1996–2003 гг.

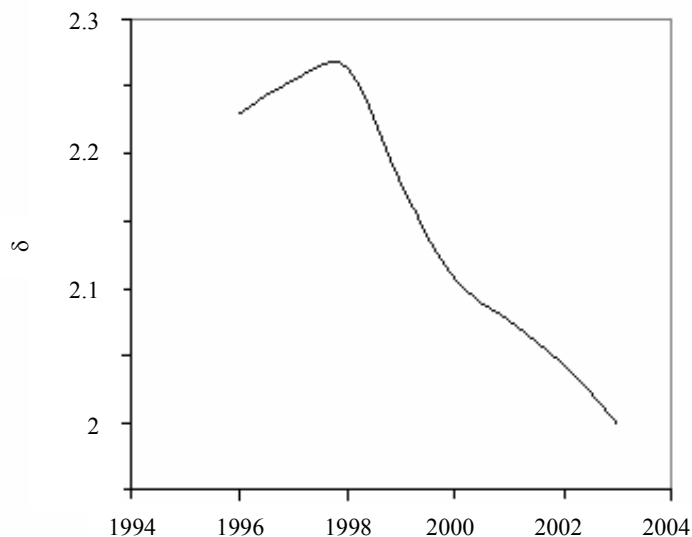


Рис. 3. Динамика изменения модельного параметра δ , вычисленная по данным для Нижегородской области в период 1996–2003 гг.

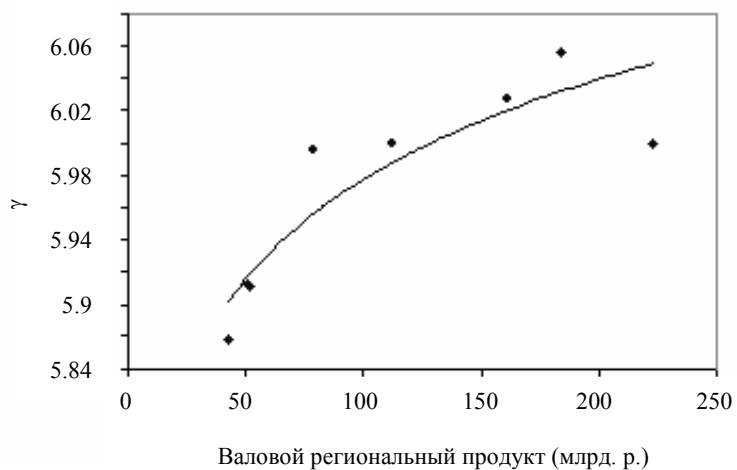


Рис. 4. Зависимость параметра γ от валового регионального продукта

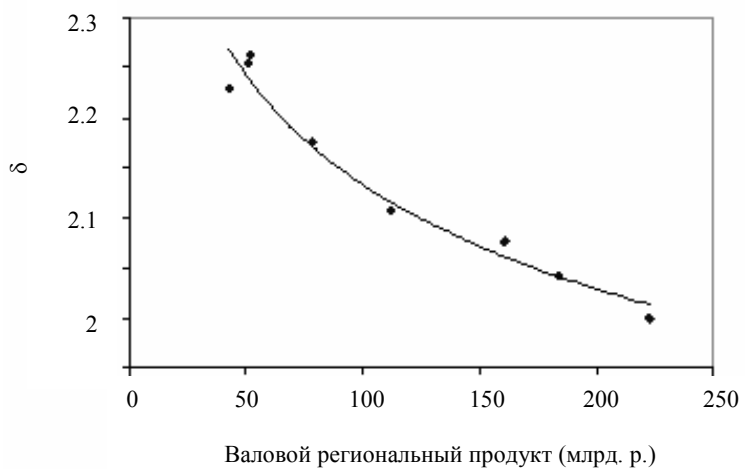


Рис. 5. Зависимости параметра δ от валового регионального продукта

Простейшая модель, связывающая производство валового регионального продукта с динамикой народонаселения региона, имеет вид:

$$\frac{dP}{dt} = \alpha N - \beta P(t - \tau), \quad (3)$$

где α – удельная (на душу населения) скорость наращивания производства ВРП; β – удельная (на единицу ВРП) скорость модернизации (замены) средств производства; τ – средний срок морального старения средств производства.

Здесь полагается, что рост производства определяется потребностями населения (коэффициент α определяет степень удовлетворения этих потребностей). Второй член уравнения описывает процесс модернизации (замены) основных производственных фондов, который определяется, с одной стороны, износоустойчивостью, с другой – средним сроком морального старения оборудования. Ясно, что вторая составляющая в уравнении (3) также является регулятором темпов роста производства. При этом она отражает только вывод устаревшего оборудования из использования, а ввод нового модернизированного оборудования, увеличивающий производство в соответствии с потребностями населения, учитывается первым членом данного уравнения.

Для определения значений параметров уравнения (3) и последующего прогнозирования изменения уровня производства необходимо учитывать коэффициент (k), отражающий отношение средних за конкретный период темпов роста производства (αN_{cp}) к средним темпам износа и морального старения основных производственных фондов в течение того же периода (βP_{cp}):

$$k = \frac{\alpha N_{cp}}{\beta P_{cp}}.$$

По смыслу его следует назвать коэффициентом опережающего развития производства. Эта характеристика отличается достаточно большой неопределенностью и изменчивостью в различных отраслях народного хозяйства. Поэтому при анализе сценариев развития производства с помощью модели (3) были использованы различные значения данного коэффициента.

Вычисление модельных параметров α и β производилось с учетом различных значений

коэффициента опережающего развития производства на основе данных о средней численности населения (N_{cp}) и среднем уровне производства (P_{cp}) в период Δt (1996–2003 гг.):

$$\alpha = \frac{\beta P_{cp} k}{N_{cp}}; \quad \beta = \frac{P_{2003} - P_{1996}}{\Delta t P_{cp}} \frac{1}{(k - 1)}.$$

Полученные значения параметров приведены в таблице, в которой также отражены особенности сценариев развития производства при данных значениях характеристик.

На рис. 6, 7 приведены результаты прогноза изменения уровня производства для различных значений коэффициента опережающего развития (k) и среднего срока морального старения основных производственных фондов (τ) согласно сценариям таблицы.

Результаты моделирования показывают, что снижение коэффициента опережающего развития приводит к ограничению темпов производства, а в случае его особо низких значений – даже к снижению величины ВРП. В случае увеличения запаздывания в обновлении морально устаревших производственных фондов динамика ВРП характеризуется потерей устойчивости и сопровождается колебаниями производства. При этом период и амплитуда этих колебаний повышаются с увеличением величины запаздывания τ .

Если учесть выявленное нами ранее влияние уровня производства на рождаемость и смертность, то уравнение динамики численности населения (1) с учетом регрессионных зависимостей (2) принимает вид:

$$\frac{dN}{dt} = \left(\frac{B_m}{1 + aN^{\gamma_0 P^\mu}} - \frac{D_m}{1 + bN^{\delta_0 P^\eta}} \right) N, \quad (4)$$

где параметры γ_0 , μ , δ_0 и η определяются из соотношений (2) и соответственно равны 5.58, $1.5 \cdot 10^{-2}$, 2.97 и $-7.2 \cdot 10^{-2}$.

Результаты совместного интегрирования уравнений (3) и (4) показывают (рис. 8), что современные демографические тенденции в Нижегородской области связаны со снижением численности населения. При этом уровень, на котором она может стабилизироваться, тем ниже, чем выше коэффициент опережающего развития производства. Следует заметить, что замедление обновления основных про-

Таблица

Сценарии развития производства в Нижегородской области при различных значениях коэффициента опережающего развития

Коэффициент опережающего развития производства, k	α	β	Сценарии развития производства
100	7.90	$1.5 \cdot 10^{-3}$	Без ограничения темпов
5	9.80	0.04	С ограничением темпов
2	19.50	0.22	Со снижением темпов

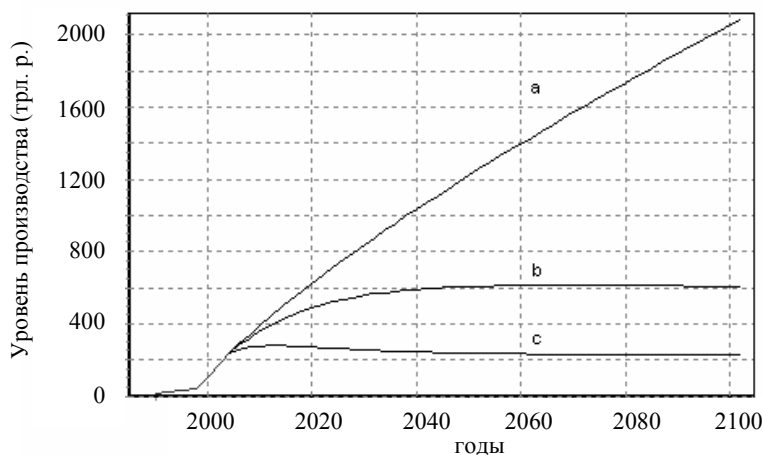


Рис. 6. Прогноз развития производства в случае своевременного обновления средств производства ($\tau = 1$): а – без ограничения темпов; б – с ограничением темпов; с – со снижением темпов

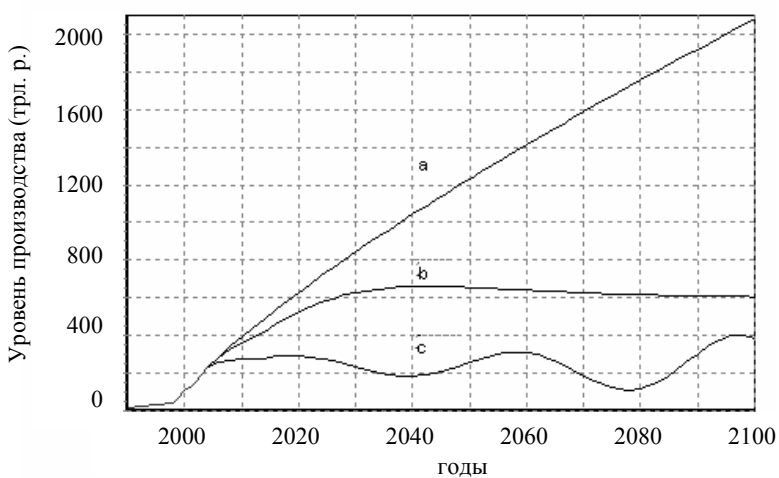


Рис. 7. Прогноз развития производства в случае запаздывающего обновления средств производства ($\tau = 10$): а – без ограничения темпов; б – с ограничением темпов; с – со снижением темпов

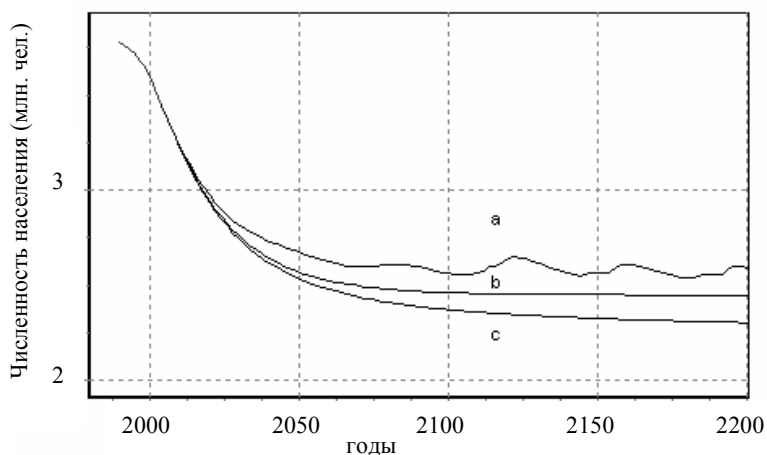


Рис. 8. Прогноз динамики численности населения Нижегородской области при различных сценариях развития производства: а – со снижением темпов; б – с ограничением темпов; с – без ограничения темпов

изводственных фондов может привести к кризисным явлениям, когда численность населения также может быть подвержена колебаниям, отражающим колебательный характер производства.

По-видимому, полученные результаты свидетельствуют о том, что в настоящий момент развитие производства в Нижегородской области в значительной мере происходит за счет интенсивного использования человеческого фак-

тора. На это указывают более низкие значения прогнозируемого уровня стабилизации численности населения для сценариев с более интенсивными темпами развития производства.

Список литературы

1. Кваша А.Я., Ионцев В.А. Современная демография. М.: Изд-во МГУ, 1995. 272 с.
2. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс И. За пределами роста. М.: Прогресс, Пангея, 1994. 303 с.
3. Моничев А.Я., Афонин В.М. Особенности глобального демографического прогнозирования с учетом зависимости рождаемости и смертности от численности населения планеты // Вестник Нижегородского университета им. Лобачевского. Серия Биология. 2004. Вып. 3(5). С. 92–96.
4. Моничев А.Я., Афонин В.М., Розенберг Г.С., Гелашвили Д.Б. Прогнозирование численности насе-

ления на основе модельного представления динамики рождаемости и смертности // Поволжский экологический журн. 2003. № 3. С. 232–238.

5. Моничев А.Я., Барышников С.В. Модельный анализ роли экологических факторов в формировании региональных особенностей динамики численности населения // Вестник Нижегородского университета им. Лобачевского. 2007. № 6. С. 108–111.

6. Моничев А.Я., Барышников С.В., Басуров В.А. Модельный анализ особенностей регуляции демографических процессов в регионах Российской Федерации // Приволжский научный журн. 2008. № 1. С. 122–127.

7. Барышников С.В., Моничев А.Я., Басуров В.А. Исследование взаимозависимости экономических, социальных, демографических и экологических характеристик регионов Российской Федерации методами факторного анализа // Вестник Нижегородского университета им. Лобачевского. 2008. № 3. С. 110–115.

MODEL ANALYSIS OF RECIPROCAL INFLUENCE OF INDUSTRIAL PRODUCTION AND POPULATION GROWTH RATES IN THE NIZHNI NOVGOROD REGION

A.Ya. Monichev, E.S. Dubrovina

Some peculiarities have been revealed of reciprocal influence of industrial production and population growth rate dynamics in the Nizhni Novgorod region. A mathematical model describing the gross regional product change has been proposed. On the basis of the model, a forecast of different production development scenarios has been made and the nature of the impact of the industrial production on demographic processes has been determined.

Keywords: mathematical modeling, gross regional product, modernization of production facilities.