

7. Romashov A. V., Baranov V. V. Strategies for the development of research and production enterprises of the aerospace complex: An innovative way. Moscow, Al'pina Publishers, 2009. 215 p. (In Russ.)
8. Innovation management in personnel work. A. Ya. Kibanov (ed.). Moscow, Prospekt, 2011. 64 p. (In Russ.)
9. Kibanov A. Ya. Personnel management of the organization. Moscow, Infra-M, 2005, 638 p. (In Russ.)
10. Kibanov A. Ya., Ivanovskaya L. V. Personnel policy and personnel management strategy. Moscow, Prospekt, 2011. 64 p. (In Russ.)
11. Melikhov Yu. E. Personnel management: a portfolio of reliable technologies. Moscow, Dashkov i K°, 2011. 344 p. (In Russ.)
12. Pugachev V. P. Personnel planning of the organization. Moscow, Moscow University publ., 2011. 236 p. (In Russ.)
13. Buttseva G. S., Gorshkov V. A. The influence of personnel decisions on the efficiency of enterprise management. *Upravlenie personalom = Personnel management*. 2008;10:29—34. (In Russ.)
14. Proskurnin S. D. Model of sustainable development of cities of science and high technologies taking into account the life cycle of the territory. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika = Regional Economy: Theory and Practice*. 2023;21(7):1308—1336. (In Russ.) DOI: 10.24891/re.21.7.1308.
15. Proskurnin S. D., Belyakova G. Ya. Mechanisms of formation of the system of attraction and consolidation of talented youth in the cities of science and high technologies. *Regional'naya ekonomika i upravlenie = Regional Economics and Management*. 2023;2(74):7418. (In Russ.) DOI: 10.24412/1999-2645-2023-274-18.

Статья поступила в редакцию 15.07.2023; одобрена после рецензирования 19.07.2023; принята к публикации 23.07.2023.
The article was submitted 15.07.2023; approved after reviewing 19.07.2023; accepted for publication 23.07.2023.

Научная статья

УДК 332.1

DOI: 10.25683/VOLBI.2023.64.739

Guo Lingjing

Postgraduate of the Institute of Management and Spatial Development, specialty of training 38.06.01 — Economics, Immanuel Kant Baltic Federal University Kaliningrad, Russian Federation
guolj638@gmail.com

Guo Линджинг

аспирант Института управления и территориального развития, направление подготовки 38.06.01 — Экономика, Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта Калининград, Российская Федерация
guolj638@gmail.com

Nikita Andreyevich Zonin

Candidate of Economics, Associate Professor of the Institute of Management and Spatial Development, Immanuel Kant Baltic Federal University Kaliningrad, Russian Federation
nzonin@mail.ru

Никита Андреевич Зонин

канд. экон. наук, доцент Института управления и территориального развития, Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта Калининград, Российская Федерация
nzonin@mail.ru

Natalia Yurievna Borodavkina

Candidate of Economics, Associate Professor of the Institute of Management and Spatial Development, Immanuel Kant Baltic Federal University Kaliningrad, Russian Federation
nborodavkina@kantiana.ru

Наталья Юрьевна Бородавкина

канд. экон. наук, доцент Института управления и территориального развития, Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта Калининград, Российская Федерация
nborodavkina@kantiana.ru

Dmitry Alexandrovich Savkin

Associate Professor of the Institute of High Technologies, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russian Federation
savkind@list.ru

Дмитрий Александрович Савкин

доцент Института высоких технологий, Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта Калининград, Российская Федерация
savkind@list.ru

СТАРЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ И ОБЪЕМ НЕОБХОДИМЫХ ИНВЕСТИЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ РОССИИ)

5.2.3 — Региональная и отраслевая экономика

Аннотация. Старение населения — долгосрочный тренд развития народонаселения многих стран и регионов мира, включая Россию. Изучение старения населения в связи с экономическими процессами началось в начале XX в., когда в странах Западной Европы ускорились процессы индустриализации и урбанизации. Современные исследования в области старения населения сосредоточены на рабочей силе, потреблении,

сбережениях, фискальной политике и системах социального обеспечения. Ряд исследований выявляет неоднозначные эффекты старения на экономический рост. В настоящее время актуальна разработка методологического инструментария, позволяющего измерять влияние старения населения на экономическое развитие стран и регионов. Наличие такого инструментария позволило бы более адекватно оценивать

эффективность и корректировать при необходимости проводимую демографическую и социально-экономическую политику государства. В рамках проведенного исследования ранее предложенная авторами модифицированная неоклассическая модель экономического роста Р. Солоу, позволяющая давать количественную оценку влияния старения населения на функцию необходимых инвестиций и, как следствие, на экономический рост, была апробирована на основе российских статистических данных за период с 2001 по 2021 г. Анализ динамики демографической структуры населения в Российской Федерации выявил тренд увеличения доли пожилого населения и подтвердил ранее выдвинутые предположения авторов относи-

тельно влияния демографических процессов на угол наклона прямой необходимых инвестиций в модифицированной модели Р. Солоу. С точки зрения влияния этого фактора на экономический рост, на протяжении исследуемого периода ситуация развивалась по двум сценариям: с 2001 по 2011 г. наблюдались минимальные положительные эффекты, а с 2011 по 2021 г. — отрицательные.

Ключевые слова: старение населения, неоклассическая модель, производственная функция, капиталовооруженность, Российская Федерация, модель Солоу, необходимые инвестиции, фактические инвестиции, демографический переход, экономический рост

Благодарности: авторы выражают благодарность Наталье Валерьевне Данилкиной (Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Калининград, Россия) за ряд ценных замечаний, а также Давиду Расико-Деложу (Университет Шербрука, Канада) за помощь в построении графиков функций.

Для цитирования: Гуо Л., Зонин Н. А., Бородавкина Н. Ю., Савкин Д. А. Старение населения и объем необходимых инвестиций (на примере России) // Бизнес. Образование. Право. 2023. № 3(64). С. 135—142. DOI: 10.25683/VOLBI.2023.64.739.

Original article

AGING POPULATION AND THE VOLUME OF NECESSARY INVESTMENTS (ON THE EXAMPLE OF RUSSIA)

5.2.3 — Regional and sectoral economy

Abstract. Aging population is a long-term trend of population development in many countries and regions of the world, including Russia. The study of aging population in connection with economic processes started at the beginning of the 20th century, when the processes of industrialization and urbanization accelerated in Western European countries. Modern research in the field of aging population is focused on the labor force, consumption, savings, fiscal policy and social security systems. A number of studies reveal ambiguous effects of aging on economic growth. Currently, the elaboration of methodological tools is relevant to measure the impact of aging population on the economic development of countries and regions. The availability of such tools would make it possible to more adequately assess the effectiveness and adjust, if necessary, the demographic and socio-economic policy of the state. Within the framework of the study, the modified neoclassical model of economic growth by R. Solow, previously proposed by the authors, and allowing to quantify the

impact of aging population on the function of necessary investments and, as a consequence, on economic growth, was tested on the basis of Russian statistical data for the period from 2001 to 2021. The analysis of the dynamics of the demographic structure of the population in the Russian Federation showed an upward trend in the proportion of the elderly population and confirmed the previously made assumptions of the authors regarding the influence of demographic processes on the angle of inclination of the required investments in the modified Solow model. From the point of view of the influence of this factor on economic growth, during the period under study, the situation developed according to two scenarios: from 2001 to 2011, minimal positive effects were observed, and from 2011 to 2021 negative ones.

Keywords: aging population, neoclassical model, production function, capital ratio, Russian Federation, Solow model, necessary investments, actual investments, demographic transition, economic growth

Acknowledgements: the authors express their gratitude to Natalia Valerievna Danilkina (Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia) for a number of valuable comments, as well as to David Rasico-Deloge (University of Sherbrooke, Canada) for his help in constructing graphs of functions.

For citation: Guo L., Zonin N. A., Borodavkina N. Yu., Savkin D. A. Aging population and the volume of necessary investments (on the example of Russia). *Biznes. Obrazovanie. Pravo = Business. Education. Law*. 2023;3(64):135—142. DOI: 10.25683/VOLBI.2023.64.739.

Введение

Актуальность. Относительно влияния старения населения на экономику существуют различные точки зрения, что обуславливает актуальность разработки методологического инструментария, позволяющего измерять влияние старения населения на экономическое развитие стран и регионов.

Изученность проблемы. Изучение связи демографических процессов и экономического развития началось в начале XX в., когда в ряде европейских стран начался демографический переход [1]. Наибольший вклад в исследование старения населения и его влияния на экономическое развитие внесли А. Ландри (Landry), Ф. Модильяни (Modigliani), А. Андо (Ando) и Р. Брумберг (Brumberg), Э. Коул (Coale) и Э. Гувер (Hoover), В. Лейбфритц (Leibfritz)

и В. Переп (Roeger), Б. Босворт (Bosworth) и Г. Ходоров-Райх (Chodorow-Reich), Н. Адамс (Adams) и др. [1—14].

В фокусе внимания авторов было влияние старения населения на объем потребления, сбережений и рабочей силы, волатильность бизнес-циклов, эффективность денежно-кредитной политики.

Целесообразность разработки темы. Несмотря на обилие литературы по теме, авторы не смогли найти методики, позволяющей измерить влияние старения населения на экономический рост. Наличие инструментария, позволяющего давать количественную оценку влияния демографических процессов в контексте старения населения, позволило бы более адекватно оценивать эффективность и корректировать при необходимости проводимую демографическую,

социально-экономическую политику, прогнозировать экономическое развитие.

Научная новизна. Модифицированная модель Р. Солоу, учитывающая фактор старения населения, впервые апробирована на примере экономики конкретной страны, а именно Российской Федерации.

Целью данного исследования является апробация ранее полученной модифицированной модели Р. Солоу, используя данные демографии по России с начала XXI в., чтобы выяснить, соответствуют ли полученные результаты предположениям о характере воздействия старения населения на объем необходимых инвестиций, и определить, какое влияние оказывали демографические процессы на экономический рост в стране.

Для достижения поставленной цели, необходимо решить ряд задач:

- 1) рассчитать значения фактических инвестиций с 2001 по 2021 г. в соответствии с неоклассической моделью Р. Солоу;
- 2) на основе полученных значений провести аппроксимацию функции фактических инвестиций и построить ее график;
- 3) рассчитать коэффициенты функций необходимых инвестиций для каждого года в период с 2001 по 2021 г. в соответствии с неоклассической моделью Р. Солоу;
- 4) рассчитать Динамический коэффициент старения (далее — ДКС) для модифицированной модели Р. Солоу для каждого года в период с 2001 по 2021 г. по методике, описанной в публикации;
- 5) построить графики функций фактических и необходимых инвестиций с учетом и без учета ДКС для ряда лет, которые могли бы охарактеризовать определенные периоды с 2001 по 2021 г. по величине ДКС;
- 6) сравнить значения равновесной капиталовооруженности, полученные с учетом ДКС и без его учета.

Теоретическая значимость работы выражается в подтверждении предположений о характере влияния старения населения на функцию необходимых инвестиций в модифицированной модели Р. Солоу, предложенной авторами ранее в публикации «Модель экономического роста с учетом фактора старения населения» [15]. **Практическая значимость** определяется тем, что полученные результаты позволяют дать количественную оценку влияния старения населения на значение равновесной капиталовооруженности и, как следствие, на рост национальной экономики.

Основная часть

Материалы и методы. В нашем исследовании используются общедоступные данные Федеральной службы государственной статистики с 1991 по 2021 г.¹ Особое внимание уделяется младшей и старшей возрастным группам: 0—14 и 65+ — как группам неработающего населения. Выделение верхней границы младшего возраста и нижней границы старшего может не совпадать с подходами, принятыми в отдельно взятых странах. Тем не менее авторы придерживаются именно такой градации, поскольку она практикуется международными институтами (например, Организацией Объединенных Наций)², и широко используется в международных исследованиях, что позволит

в дальнейшем сравнивать тенденции, наблюдаемые в разных странах и регионах мира.

В предыдущей публикации авторами была предложена модифицированная неоклассическая модель Солоу, полученная путем введения ДКС — переменной, отражающей динамику изменения возрастной структуры населения и описываемой выражением $\frac{\alpha_2 + \alpha_3}{1 - \alpha_2 - \alpha_3}$ [15]. На рис. 1 вышеуказанная модель представлена графически.

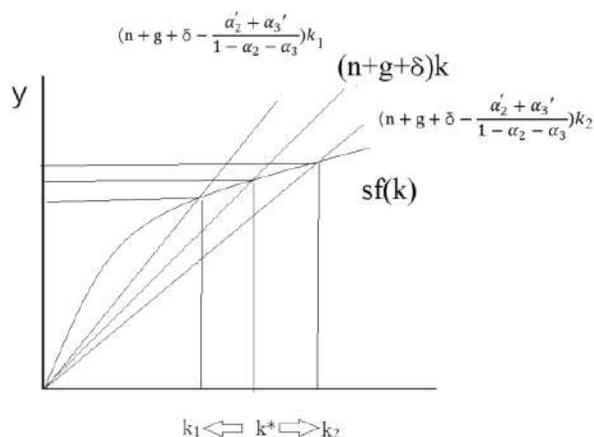


Рис. 1. График равновесия с учетом влияния старения населения на инвестиции:

y — объем фактических инвестиций на душу населения;
 k — капитал на душу населения; k^* — размер капитала на душу населения в устойчивом состоянии; δ — коэффициент обновления (норма амортизации); n — темпы роста населения; g — скорость роста технологий; α_2 — доля населения в возрасте 0—14 лет от общей численности населения; α_2' — изменение доли населения в возрасте 0—14 лет в общей численности населения за определенный период (положительное число означает, что доля α_2 увеличивается, отрицательное — что доля α_2 уменьшается); абсолютное значение α_2' — скорость увеличения/уменьшения); α_3 — доля населения старше 65 лет от общей численности населения; α_3' — изменение доли населения в возрасте старше 65 лет в общей численности населения за определенный период (положительное число означает, что доля α_3 увеличивается, отрицательное — что доля α_3 уменьшается); абсолютное значение α_3' — скорость увеличения/уменьшения) [15]

Результаты исследования. Применим модифицированную модель к показателям Российской Федерации, чтобы выявить взаимосвязь между динамическими характеристиками старения населения и уровнем капиталовооруженности, необходимым для обеспечения устойчивого экономического роста. Сначала необходимо получить кривую фактических инвестиций. Для этого возьмем данные с 2001 по 2021 г. (табл. 1).

Далее произведем аппроксимацию функции методом логарифмической регрессии с помощью онлайн-калькулятора Planetcalc³. Получаем выражение $y = -367.5632987529 + 67.8378724795 \times \ln x$, где x — капиталовооруженность на душу населения (k). Построим график этой функции, отобразив на нем также и фактические данные из табл. 1 (рис. 2).

¹ Социально-экономические показатели Российской Федерации в 1991—2020 гг. // Федеральная служба государственной статистики : офиц. сайт. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13396> (дата обращения: 12.02.2022); Численность населения Российской Федерации по полу и возрасту на 1 января 2022 года : стат. бюл. / Фед. служба гос. статистики (Росстат). М., 2022. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Bul_chislen_nasel-pv_01-01-2022.pdf (дата обращения: 12.02.2022).

² World Population Prospects. The United Nations, 2019. URL: https://population.un.org/wpp/publications/files/wpp2019_highlights.pdf (дата обращения: 10.06.2022).

³ Planetcalc. Онлайн-калькуляторы. Аппроксимация функции одной переменной. URL: <https://planetcalc.ru/5992/> (дата обращения: 15.03.2023).

Приведем данные для построения прямых функций необходимых инвестиций (см. табл. 2). Они были рассчитаны по методике, предложенной в публикации Л. Д. Самошковой «Применение модели Р. Солоу для экономики России» [16].

Рассчитаем ДКС по имеющимся демографическим данным (табл. 3).

Таблица 2

Норма амортизации (коэффициент выбытия) (δ), скорость развития технологий (темп трудосберегающего технологического прогресса) (g) и темпы роста населения (n)

Год	Норма амортизации, δ	Темп трудосберегающего технологического прогресса, g	Темп роста населения, n
2001	0,013	—	—
2002	0,013	—	0,0154
2003	0,012	0,070	-0,0032
2004	0,011	0,070	0,0098
2005	0,011	0,060	0,0102
2006	0,010	0,080	0,0083
2007	0,010	0,080	0,0160
2008	0,010	0,050	0,0023
2009	0,010	-0,040	-0,0159
2010	0,008	0,030	0,0052
2011	0,008	0,040	0,0093
2012	0,007	0,030	0,0069
2013	0,007	0,020	-0,0016
2014	0,008	0,008	0,0015
2015	0,010	-0,013	0,0078
2016	0,008	0,001	0,0007
2017	0,007	0,021	-0,0025
2018	0,007	0,031	0,0021
2019	0,007	0,024	-0,0105
2020	0,004	-0,004	0,0390
2021	0,005	0,037	0,0015

Таблица 1

Капиталовооруженность (k) и фактические инвестиции на одного человека (y) с 2001 по 2021 г., тыс. руб.

Год	Капиталовооруженность, k	Фактические инвестиции на человека, y
2001	330	21
2002	395	28
2003	485	37
2004	518	41
2005	607	50
2006	687	61
2007	853	89
2008	1 048	116
2009	1 186	126
2010	1 333	134
2011	1 524	140
2012	1 695	153
2013	1 870	165
2014	2 061	168
2015	2 222	167
2016	2 534	185
2017	2 698	193
2018	2 916	196
2019	4 905	179
2020	4 816	193
2021	5 312	153

Примечание: сост. по: Валовой внутренний продукт // Федеральная служба государственной статистики : офиц. сайт. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/VVP_god_s_1995.xls (дата обращения: 12.02.2022).

Примечание: рассчитано авторами по: Коэффициенты обновления и выбытия основных фондов // Федеральная служба государственной статистики (Росстат) : офиц. сайт. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Koef_of.xlsx (дата обращения: 12.02.2022); Эффективность экономики России // Федеральная служба государственной статистики (Росстат) : офиц. сайт. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11186> (дата обращения: 12.02.2022); Численность населения Российской Федерации по полу и возрасту на 1 января 2022 года.

y vs. k

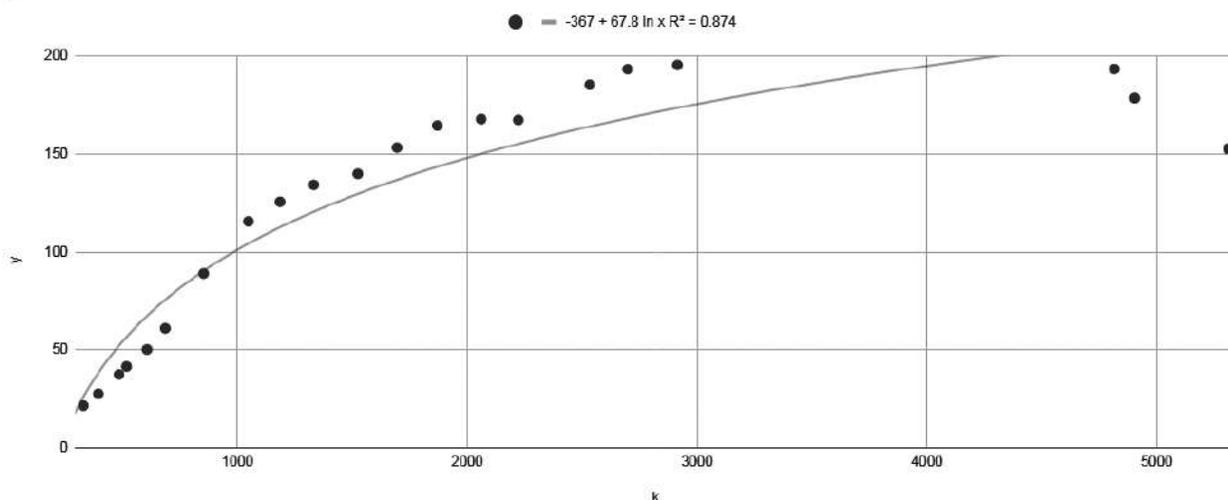


Рис. 2. Фактические инвестиции на человека в России и кривая функции фактических, полученная путем аппроксимации

Население России: демографические данные в период с 2001 по 2021 г.

Год	0-14	65+	всего	α_2	α_3	α'_2	α'_3	$\frac{\alpha'_2 + \alpha'_3}{1 - \alpha_2 - \alpha_3}$
2001	24 642,77	17 117,28	146 303	0,168 437	0,116 999	-0,034 410	0,007 903	-0,037 090
2002	23 746	18 834	145 167	0,163 577	0,129 740	-0,004 860	0,012 741	0,011 153
2003	27 392,73	17 070,38	144 964	0,188 962	0,117 756	0,025 385	-0,011 980	0,019 330
2004	22 736	19 346	144 134	0,157 742	0,134 222	-0,031 220	0,016 466	-0,020 840
2005	22 103	19 809	143 801	0,153 705	0,137 753	-0,004 040	0,003 531	-0,000 710
2006	21 517	20 057	143 236	0,150 221	0,140 028	-0,003 480	0,002 275	-0,001 700
2007	21 195	20 177	142 863	0,148 359	0,141 233	-0,001 860	0,001 206	-0,000 920
2008	21 127	19 798	142 748	0,148 002	0,138 692	-0,000 360	-0,002 540	-0,004 060
2009	21 345	19 119	142 737	0,149 541	0,133 946	0,001 539	-0,004 750	-0,004 480
2010	21 669	18 212	142 857	0,151 683	0,127 484	0,002 142	-0,006 460	-0,005 990
2011	21 769	18 132	142 865	0,152 375	0,126 917	0,000 691	-0,000 570	0,000 173
2012	22 208	18 276	143 056	0,155 240	0,127 754	0,002 865	0,000 837	0,005 164
2013	22 817	18 552	143 347	0,159 173	0,129 420	0,003 933	0,001 666	0,007 871
2014	23 384	18 856	143 667	0,162 765	0,131 248	0,003 592	0,001 828	0,007 677
2015	24392	19 805	146 267	0,166 764	0,135 403	0,003 998	0,004 155	0,011 684
2016	24 984	20 329	146 545	0,170 487	0,138 722	0,003723	0,003 319	0,010 194
2017	25 548	20 867	146 804	0,174 028	0,142 142	0,003 541	0,003 420	0,010 180
2018	25 818	21 443	146 880	0,175 776	0,145 990	0,001 748	0,003 848	0,008 251
2019	25 942	21 976	146 781	0,176 739	0,149 720	0,000 963	0,003 730	0,006 968
2020	25 937	22 700	146 749	0,176 744	0,154 686	0,000 005	0,004 966	0,007 435
2021	25 888	23 155	146 171	0,177 108	0,158 410	0,000 364	0,003 724	0,006 152

Примечание: рассчитано по: Социально-экономические показатели Российской Федерации в 1991—2020 гг.; Численность населения Российской Федерации по полу и возрасту на 1 января 2022 года.

Исходя из данных табл. 3, можно условно выделить 4 группы значений ДКС:

- 1) ниже 0 — отрицательный;
- 2) от 0 до 0,001 — низкий;
- 3) от 0,001 до 0,01 — умеренный;
- 4) более 0,01 — высокий.

Чтобы проиллюстрировать влияние динамического коэффициента старения на равновесное значение капиталовоору-

женности на душу населения, построим графики для некоторых отдельно взятых лет, которые представляют все вышеуказанные группы значений ДКС. При этом отобразим прямые функций необходимых инвестиций как без учета ДКС, так и с его учетом (модифицированная функция необходимых инвестиций). Для этого воспользуемся онлайн-сервисом *Wolfram Alpha*⁴.

1. Данные за 2006 г. с отрицательным значением ДКС-представлены на рис. 3.

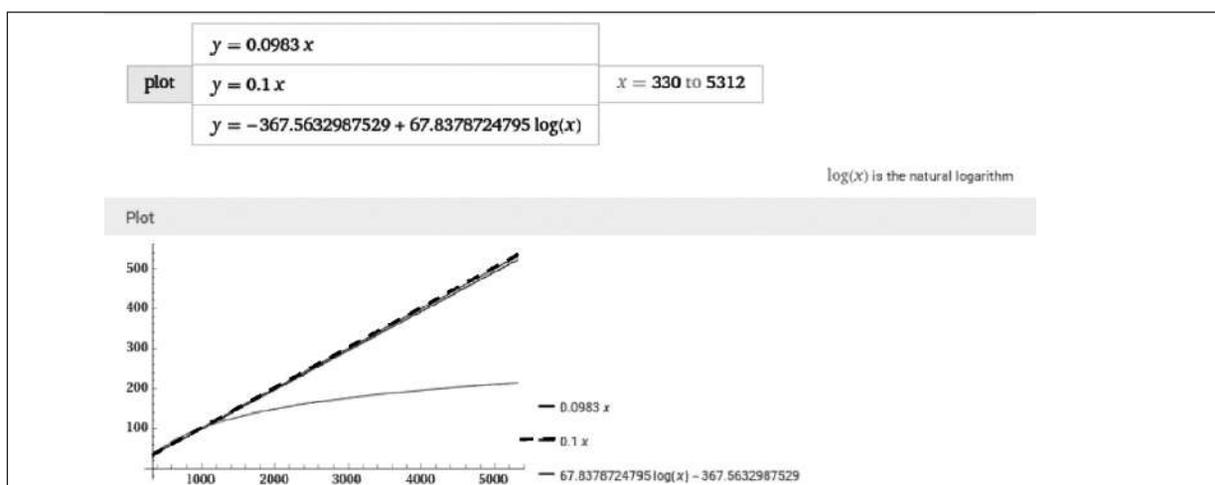


Рис. 3. График функции фактических инвестиций и функций необходимых инвестиций с учетом ДКС и без его учета за 2006 г.: кривая линия — функция фактических инвестиций на человека; непрерывная прямая — функция необходимых инвестиций без учета ДКС; прямая, подчеркнутая пунктирной линией, — функция необходимых инвестиций с учетом ДКС

⁴ Wolfram Alpha. URL: <https://www.wolframalpha.com/> (дата обращения: 01.03.2023).

Как мы видим на графике, в рассматриваемом диапазоне прямые необходимых инвестиций пересекают кривую фактических инвестиций дважды. В первый раз, когда значения фактических инвестиций начинают превышать значения необходимых инвестиций, а во второй раз — когда имеет место обратная ситуация. Поскольку на графиках модели Р. Солоу рассматривается именно второй случай, мы проигнорируем полученные значения капиталовооруженности в первых точках пересечения графиков функций. Итак, получаем следующие точки пересечения прямых с кривой функции, найденной путем аппроксимации:

- без учета ДКС: 1 082,84 тыс. руб.;
- с учетом ДКС: 1 031,44 тыс. руб.

Как и было указано ранее, прямая функции с учетом ДКС при его отрицательном значении приобретает больший угол наклона, следовательно, точка равновесия смещается влево. Это значит, что для роста экономики в этом случае достаточно меньшей капиталовооруженности на душу населения.

2. Данные за 2011 г. с низким значением ДКС представлены на рис. 4.

Значения капиталовооруженности на душу населения в точке равновесия:

- без учета ДКС: 3 104,69 тыс. руб.;
- с учетом ДКС: 3 122,27 тыс. руб.

В рассматриваемом диапазоне прямые практически сливаются, поскольку разница в значениях равновесной капиталовооруженности совсем невелика. Тем не менее при положительном значении ДКС для обеспечения экономического роста будет необходима несколько бóльшая капиталовооруженность на душу населения.

3. Данные за 2012 г. с умеренным значением ДКС представлены на рис. 5.

Значения капиталовооруженности на душу населения в точке равновесия:

- без учета ДКС: 4 689,73 тыс. руб.;
- с учетом ДКС: 5 644,79 тыс. руб.

Таким образом, мы видим, что при положительном значении ДКС угол наклона прямой уменьшается, и, следовательно, равновесное значение увеличивается. Иными словами, при увеличении значений ДКС населения для обеспечения экономического роста требуется бóльшая капиталовооруженность на душу населения.

4. Данные за 2017 г. с высоким значением ДКС представлены на рис. 6.

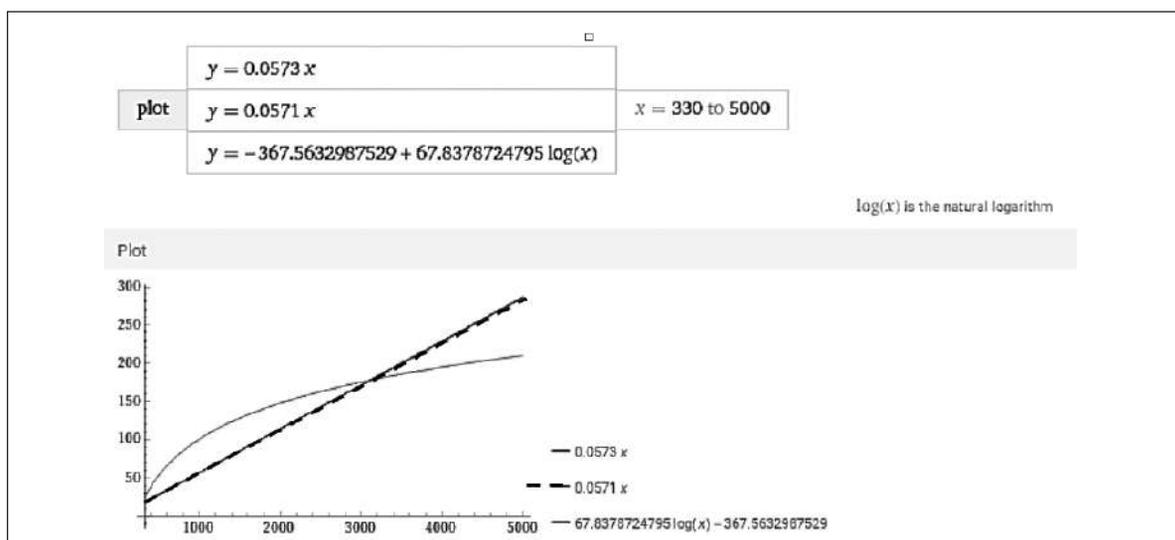


Рис. 4. График функции фактических инвестиций и функций необходимых инвестиций с учетом ДКС и без его учета за 2011 г. (подписи аналогичны рис. 3)

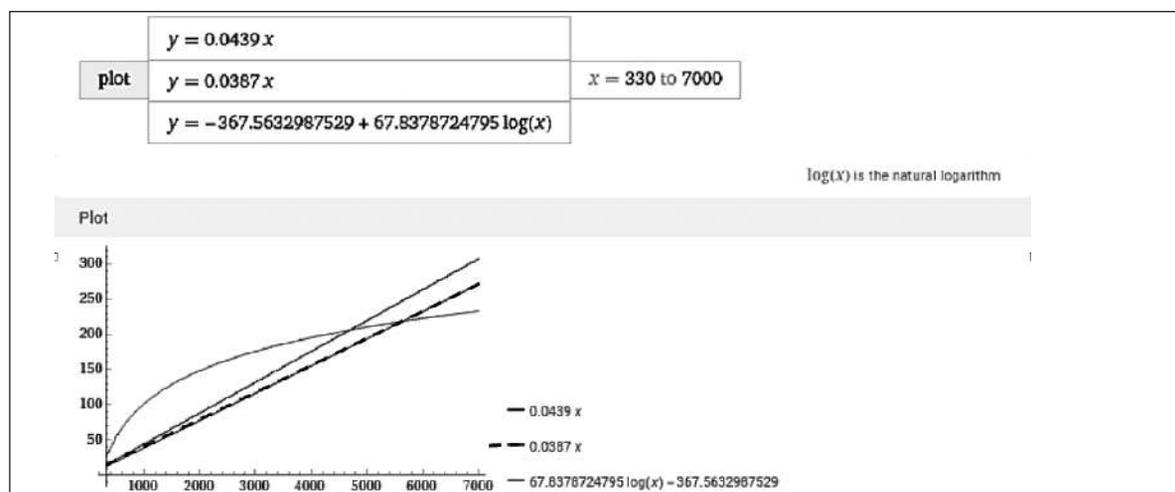


Рис. 5. График функции фактических инвестиций и функций необходимых инвестиций с учетом ДКС и без его учета за 2012 г. (подписи аналогичны рис. 3)

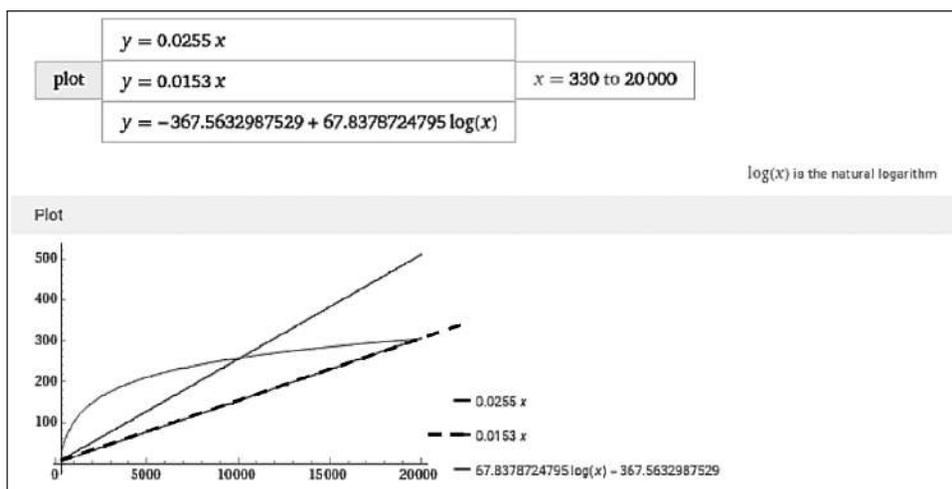


Рис. 6. График функции фактических инвестиций и функций необходимых инвестиций с учетом ДКС и без его учета за 2017 г. (подписи аналогичны рис. 3)

Значения капиталовооруженности на душу населения в точке равновесия:

- без учета ДКС: 10 119,8 тыс. руб.;
- с учетом ДКС: 19 854,4 тыс. руб.

В данном случае, значение, полученное с помощью модифицированной функции необходимых инвестиций, значительно превосходит полученную ранее величину. Это подтверждает, что при высоких значениях ДКС для обеспечения экономического роста потребуется значительно более высокая капиталовооруженность на душу населения.

Подводя итоги, можно отметить, что в целом наше предположение о влиянии фактора старения населения на обеспечение экономического роста подтверждается на рассмотренных примерах. При положительных значениях динамического коэффициента старения точка равновесия смещается вправо, а при отрицательных — влево. Иными словами, при увеличении темпов старения населения уровень необходимых инвестиций возрастает, и наоборот.

Ограничения исследования. Необходимо признать, что в некоторые периоды прямые как модифицированной, так и немодифицированной функции могут иметь отрицательный наклон, и поиск точки равновесия по модели Солоу в этом случае, с нашей точки зрения, теряет смысл. Кроме того, в рассмотренных случаях значения точки равновесия превышают реальную капиталовооруженность на душу населения в России. Это может свидетельствовать как о проблемах экономического развития, так и о недостатках используемой модели.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Вишневский А. Г. Нерешенные вопросы теории демографической революции // *Население и экономика*. 2017. Т. 1. № 1. С. 3—21.
2. Ландри А. Демографическая революция // *Демоскоп Weekly*. 2014. № 611—612. URL: <http://demoscope.ru/weekly/2014/0611/nauka02.php> (дата обращения: 02.06.2022).
3. Капица С. П. Очерк теории роста человечества: демографическая революция и информационное общество. М. : Ленанд, 2014. 128 с.
4. Акаев А. А., Соколов В. Н., Акаева Б. А., Сарыгулов А. И. Асимптотические модели для прогнозирования долгосрочной демографической и экономической динамики // *Экономика и математические методы*. 2011. Т. 47. № 3. С. 56—67.
5. Ando A., Modigliani F. The “Life Cycle” Hypothesis of Saving: Aggregate Implications and Tests // *American Economic Review*. 1963. Vol. 53. Iss. 1. Pp. 55—84.
6. Modigliani F., Brumberg R. Utility Analysis and the Consumption Function: An Interpretation of Cross-Section Data // *Post Keynesian Economics* / ed. K. Kurihara. New Brunswick : Rutgers University Press, 1954. Pp. 388—436.

7. Coale A. J., Hoover E. M. Population Growth and Economic Development in Low-Income Countries. Princeton University Press, 1958. 389 p.
9. Tan Y., Liu X., Sun H., Zen C. Population ageing, labour market rigidity and corporate innovation: Evidence from China // *Research Policy*. 2022. Vol. 51. Iss. 2. Art. 104428. DOI: 10.1016/j.respol.2021.104428.
8. Leibfritz W., Roeger W. The Effects of Aging on Labor Markets and Economic Growth // *Demographic change in Germany. The economic and fiscal consequences* / eds. I. Hamm, H. Seitz, M. Werding. New York : Springer, 2008. Pp. 35—63.
9. Park D., Shin K. Impact of Population Aging on Asia's Future Growth // *Aging, Economic Growth, and Old-Age Security in Asia* / eds. P. Donghyun, L. Sang-Hyop, A. Mason. Cheltenham : Edward Elgar, 2012. Pp. 83—110.
11. Horioka Ch., Niimi Y. An Empirical Analysis of the Saving Behavior of Elderly Households in Japan // *Economic Analysis*. 2017. Vol. 196. Pp. 31—46.
12. Bosworth B., Chodorow-Reich G. Saving and Demographic Change: The Global Dimension. February 2007. 42 p. DOI: 10.2139/ssrn.1299702.
13. Guimarães S. D., Tiryaki G. F. The impact of population aging on business cycles volatility: International evidence // *The Journal of the Economics of Ageing*. 2020. Vol. 17. Art. 100285. DOI: 10.1016/j.jeoa.2020.100285.
14. Adams N. A. Dependency Rates and Savings Rates: Comment // *American Economic Association*. 1971. Vol. 61. No. 3. Pt. 1. Pp. 472—475.
15. Модель экономического роста с учетом фактора старения населения / Л. Гуо, Н. А. Зонин, Н. В. Данилкина и др. // *Конкурентоспособность в глобальном мире*. 2023. № 6. С. 156—160.
16. Самошкова Л. Д. Применение Модели Р. Солоу для экономики России // *Проблемы региональной экономики*. 2015. № 31. С. 29—52.

REFERENCES

1. Vishnevskii A. G. Unresolved issues of the theory of demographic revolution. *Naselenie i ekonomika = Population and Economy*. 2017;1(1):3—21. (In Russ.)
2. Landry A. Demographic Revolution. *Demoskop Weekly = Demoscope Weekly*. 2014;611—612. (In Russ.) URL: <http://demoscope.ru/weekly/2014/0611/nauka02.php> (accessed: 02.06.2022).
3. Kapitsa S. P. An essay on the theory of human growth: Demographic revolution and Information society. Moscow, Lenand, 2014, 128 p. (In Russ.)
4. Akaev A. A., Sokolov V. N., Akaeva B. A., Sarygulov A. I. Asymptotic models for forecasting long-term demographic and economic dynamics. *Ekonomika i matematicheskie metody = Economics and Mathematical Methods*. 2011;47(3):56—67. (In Russ.)
5. Ando A., Modigliani F. The “Life Cycle” Hypothesis of Saving: Aggregate Implications and Tests. *American Economic Review*. 1963;53(1):55—84.
6. Modigliani F., Brumberg R. Utility Analysis and the Consumption Function: An Interpretation of Cross-Section Data. *Post Keynesian Economics*. K. Kurihara (ed.). New Brunswick, Rutgers University Press, 1954. Pp. 388—436.
7. Coale A. J., Hoover E. M. Population Growth and Economic Development in Low-Income Countries. Princeton University Press, 1958. 389 p.
9. Tan Y., Liu X., Sun H., Zen C. Population ageing, labour market rigidity and corporate innovation: Evidence from China. *Research Policy*. 2022;51(2):104428. DOI: 10.1016/j.respol.2021.104428.
8. Leibfritz W., Roeger W. The Effects of Aging on Labor Markets and Economic Growth. *Demographic change in Germany. The economic and fiscal consequences*. I. Hamm, H. Seitz, M. Werding (eds.). New York, Springer, 2008. Pp. 35—63.
9. Park D., Shin K. Impact of Population Aging on Asia's Future Growth. *Aging, Economic Growth, and Old-Age Security in Asia*. P. Donghyun, L. Sang-Hyop, A. Mason (eds.). Cheltenham, Edward Elgar, 2012. Pp. 83—110.
11. Horioka Ch., Niimi Y. An Empirical Analysis of the Saving Behavior of Elderly Households in Japan. *Economic Analysis*. 2017;196:31—46.
12. Bosworth B., Chodorow-Reich G. Saving and Demographic Change: The Global Dimension. February 2007. 42 p. DOI: 10.2139/ssrn.1299702.
13. Guimarães S. D., Tiryaki G. F. The impact of population aging on business cycles volatility: International evidence. *The Journal of the Economics of Ageing*. 2020;17:100285. DOI: 10.1016/j.jeoa.2020.100285.
14. Adams N. A. Dependency Rates and Savings Rates: Comment. *American Economic Association*. 1971;61(3-1):472—475.
15. Guo L., Zonin N. A., Danilkina N. V. et al. Model of economic growth taking into account the factor of population aging. *Konkurentosposobnost' v global'nom mire = Competitiveness in the global world*. 2023;6:156—160. (In Russ.)
16. Samoshkova L. D. Application of the Solow Model for the Russian economy. *Problemy regional'noi ekonomiki = Problems of regional economy*. 2015;31:29—52. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 13.07.2023; одобрена после рецензирования 16.07.2023; принята к публикации 18.07.2023.
The article was submitted 13.07.2023; approved after reviewing 16.07.2023; accepted for publication 18.07.2023.