

Влияние параметра эффективности обучения на экономический рост государства

Influence of educational efficiency parameter on state's economic growth of state

Жукович Сергей Яковлевич, ассистент кафедры информационных технологий

Белорусского государственного экономического университета

Zhukovich Siarhey, assistant of the Department of information technologies of Belarusian State Economic University

e-mail: s.zhuk@tut.by

Аннотация

В статье предложена модифицированная модель экономического роста на основе модели Ромера. В данной модели учтено изменение параметра эффективности обучения, который рассчитывается с помощью математической модели обучения на основе теории оптимального управления. Рассчитан параметр эффективности обучения Республики Беларусь за 2014 год, определено влияние параметра эффективности обучения на экономический рост государства.

Ключевые слова: модель экономического роста, эффективность обучения, математическая модель обучения, оптимальное управление с обратной связью.

Abstract

The article proposes a modified model of economic growth based on the Romer model. This model takes into account the change in the learning efficiency parameter, which is calculated using a mathematical model of learning based on the theory of optimal control. The parameter of the training effectiveness of the Republic of Belarus for 2014 is calculated, the influence of the educational efficiency parameter on the economic growth of the state is determined.

Keywords: model of economic growth, the efficiency of learning, mathematical model of learning, the optimal feedback control.

Поступила в редакцию / Received: 03.05.2017

Web: <http://library.miu.by/journals/item.eui/issue.1/article.21.html>

Введение

В основе современной неоклассической теории экономического роста лежат работы П.М. Ромера (P.M. Romer), Р. Лукаса (R.E. Lucas, Jr.), С. Ребело (S. Rebelo), которые опираются на результаты исследований, Х. Узавы (H. Uzawa), Е. Шешински (F. Sheshinski) [1; 2; 3]. Отличительная черта этих моделей – выделение отдельного сектора научных исследований НИОКР (научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки) и (или) сектора образования. Таким образом, рассматриваются два сектора: производственный сектор и сектор НИОКР. Увеличение запаса знаний в экономике может происходить в результате работы сектора НИОКР (например, через увеличение числа научно-технологических разработок) или сектора образования (посредством увеличения человеческого капитала). При этом сектор образования является базовым источником получения знаний и предоставления человеческого капитала в иные сферы экономической деятельности государства, в том числе и в НИОКР. Влияние образования, НИОКР, научного потенциала государства на экономику в целом оценивается с точки зрения построения экономико-математических моделей, отражающих данное влияние в разных направлениях.

1. Модифицированная модель экономического роста с учетом изменения параметра эффективности обучения

Одной из моделей экономического роста государства является модель Ромера, которая демонстрирует возможность существования устойчивого роста с постоянным темпом на основе технического прогресса, который является следствием обучения работников в процессе деятельности. Результат этого процесса присваивается фирмами как внешний эффект [3]:

$$Y_t = K_t^\alpha (A_t L_t)^\beta, 0 < \alpha, \beta < 1, \quad (1)$$

где K_t – объем используемого капитала;

L_t – объем используемого фактора труда;

A_t – функция обучения работника;

Y_t – объемы выпуска продукции (объем производства);

α – коэффициент эластичности выпуска продукции по капиталу;

β – коэффициент эластичности выпуска продукции по фактору труда.

Функция обучения работника зависит от общего объема капитала в экономике [3]:

$$A = \left(\frac{K_t}{B} \right)^\Phi,$$

где Φ – параметр эффективности обучения, эластичности запаса знаний по капиталу, $0 < \Phi \leq 1$;

B – нормировочный коэффициент, имеющий размерность капитала K_t и равный единице $B = 1$.

Таким образом, производственная функция экономики примет вид:

$$Y_t = K_t^\alpha \left(\frac{K_t}{B} \right)^{\Phi\beta} L_t^\beta, 0 < \alpha, \beta < 1. \quad (2)$$

Таким образом, получена аналитическая модель экономического роста страны с учетом изменения человеческого капитала и эффективности обучения. Это особенно важно в условиях демографического кризиса и нехватки капитала. Экономика Республики Беларусь может опереться на мощную систему образования, усовершенствовав систему подготовки и переподготовки работников с целью увеличения параметра эффективности обучения Φ за счет оптимального управления подготовкой и переподготовкой кадров.

Простейшим способом расчета параметра эффективности обучения является арифметическое среднее по всем работникам страны:

$$\Phi = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \varphi_i, \quad (3)$$

где φ_i – индивидуальный параметр эффективности обучения работника;

M – общее число работников в стране.

Оценим влияние параметра эффективности обучения на выпуск продукции. Из формулы (1) выпишем выражения для производственной функции для 2014 и 2015 годов:

$$Y_{14} = K_{14}^\alpha \left(\frac{K_{14}}{B} \right)^{\Phi\beta} L_{14}^\beta, \quad (4)$$

$$Y_{15} = K_{15}^\alpha \left(\frac{K_{15}}{B} \right)^{\Phi\beta} L_{15}^\beta. \quad (5)$$

Для расчета будем использовать данные Белорусского статистического комитета за 2014, 2015 годы [4]:

$$Y_{14} = 76160 \text{ млн долл.}$$

$$K_{14} = 161,4 \text{ млрд долл.}$$

$$L_{14} = 4,57 \text{ млн чел.}$$

$$Y_{15} = 54820 \text{ млн долл.}$$

$$K_{15} = 118,2 \text{ млрд долл.}$$

$$L_{15} = 4,54 \text{ млн чел.}$$

Коэффициент эластичности выпуска продукции по капиталу примем равным $\alpha = 0,81$ [5]. Анализ структуры основных доходов, образующих ВВП Республики Беларусь, показал, что в 2000-2014 гг. на оплату труда приходилось в среднем 55,8 %. В этой связи параметр β , характеризующий эластичность выпуска по труду, был установлен на уровне 0,55 [6].

Разделим (5) на (4):

$$\frac{Y_{15}}{Y_{14}} = \frac{K_{15}^{\alpha+\Phi\beta} L_{15}^\beta}{K_{14}^{\alpha+\Phi\beta} L_{14}^\beta}. \quad (6)$$

Применяя для формулы (6) функцию root программного пакета Mathcad, получим значение параметра эффективности обучения Республики Беларусь: $\Phi = 0,423$.

Предположим, что за счет эффективного обучения удалось достичь увеличения параметра эффективности обучения Φ на величину $\Delta\Phi$. Оценим влияние параметра эффективности обучения РБ на ВВП страны. Для этого в формуле (5) изменим значение параметра эффективности обучения Φ на величину $\Delta\Phi$ и полученное выражение разделим на (5):

$$\frac{Y_{15+\Delta t}(\Phi + \Delta\Phi)}{Y_{15}(\Phi)} = \left(\frac{K_{15}}{B} \right)^{\Delta\Phi\beta}, \quad (7)$$

где Δt – время, за которое обучение работников даст эффект в виде прироста ВВП.

На рисунке 1 по вертикали отложено значение ВВП РБ (в долларах США), а по горизонтали – значение параметра эффективности обучения. При увеличении параметра эффективности обучения на 0,001 ВВП РБ через время Δt вырастет на 14 %, при увеличении на 0,01 ВВП РБ через время Δt вырастет на 15,1 %.

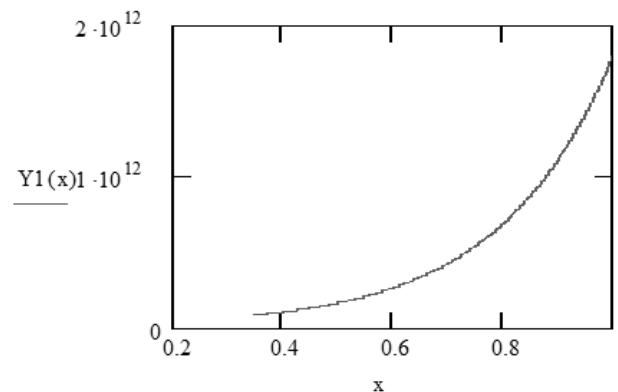


Рисунок 1 – Зависимость ВВП РБ (Y_1) от параметра эффективности обучения (x)

Таким образом, установлено, что параметр эффективности обучения оказывает заметное влияние на экономический рост и может быть учтен при прогнозировании социально-экономического развития РБ. Разработанная модель позволяет своевременно переобучать кадры для перехода на новый технологический уклад. Задача экономического роста по формулам (1), (3) сводится к тому, чтобы максимизировать индивидуальные параметры эффективности обучения всех работ-

ников с помощью экономико-математического моделирования процесса обучения. Для этого рассмотрим процесс обучения в рамках модели теории управления.

2. Математическая модель процесса обучения на основе теории управления

Процесс обучения можно описать линейным дифференциальным уравнением [7]:

$$\frac{dZ}{dt} = -kZ + \sum_{i=0}^5 k_i u_i(t), \quad (8)$$

где u_0 – программное управление, задаваемое в виде заранее запланированной нагрузки, осуществляемой преподавателем (в академических часах);

u_2 – программное управление в виде нагрузки для самостоятельного обучения;

u_4 – программное управление в виде просмотра обучаемым видеолекций, апробированных во время традиционного процесса обучения;

k_0 – коэффициент усвоения учебного материала при обучении с помощью преподавателя;

u_1 – управление процессом повторения посредством контрольных и самостоятельных работ после обучения преподавателем (u_1 является управлением с обратной связью);

k_1 – коэффициент усвоения для управления u_1 ;

k_2 – коэффициент усвоения для управления u_2 ;

u_3 – управление с обратной связью при повторении материала, изученного обучаемым самостоятельно;

k_3 – коэффициент усвоения для управления u_3 ;

k_4 – коэффициент усвоения для управления u_4 ;

u_5 – управление с обратной связью при повторении материала, изученного обучаемым в виде видеолекций;

k_5 – коэффициент усвоения для управления u_5 .

Все коэффициенты являются безразмерными и изменяются в пределах от нуля до единицы ($0 \leq k, k_i \leq 1, i = 0, 1, 2, 3, 4, 5$).

Коэффициент забывания k рассчитывается из формулы (8) и равен

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{Z_0}{Z^I}, \quad (9)$$

где Z_0 определяется как усвоенный объем сразу после обучения, верхний индекс I обозначает значение Z , измеренное с помощью тестирования.

Z^I измеряется как остаточный объем знаний по прошествии времени t (в сутках).

Для устойчивого обучения необходимо обеспечить переход знаний у обучаемых из кратковременной памяти в долговременную. Это обеспечивается путем применения управления с обратной связью с постепенным уменьшением коэффициента забывания k по некоторому закону

$$k_{(n)} = f(n), \quad (10)$$

где $k_{(n)}$ – коэффициент забывания для определенного объема материала, повторенного n раз.

В первом приближении можно считать справедливой зависимость [8]:

$$k_{(n)} = ke^{-n}. \quad (11)$$

Также при повторении увеличиваются по некоторому закону все коэффициенты усвоения, стремясь к единице при достаточно большом числе повторений.

Решение уравнения (1) представляется функцией

$$Z(t) = Z_0 e^{-\int_0^t k(v)dv} + e^{-\int_0^t k(v)dv} \int_0^t \sum_{i=0}^5 k_i u_i(\tau) e^{\int_0^\tau k(v)dv} d\tau, \quad (12)$$

где Z_0 – начальный объем знаний при $t = t_0$.

Также при повторении увеличиваются по некоторому закону все коэффициенты усвоения, стремясь к единице при достаточно большом числе повторений.

Теперь рассмотрим, каким образом рассчитываются коэффициенты усвоения математической модели обучения [7].

Коэффициент усвоения нового учебного материала при обучении с помощью преподавателя k_0 определяется как отношение учебного материала $Z'_{y\pi}$, усвоенного обучаемым, к объему учебного материала Z'_π , который был дан преподавателем:

$$k_0 = \frac{Z'_{y\pi}}{Z'_\pi}. \quad (13)$$

На практике сразу после лекции (семинара) обучаемый должен пройти специально разработанный тест, по результатам которого определяется усвоенный объем для каждого обучаемого.

Коэффициент усвоения при повторении n раз объема, данного ранее преподавателем, определяется с помощью формулы

$$k_{1n} = k_0 + \Delta k_{1n}, \quad (14)$$

где Δk_{1n} определяется с помощью компьютерного моделирования.

Коэффициент усвоения нового учебного материала при самостоятельном обучении k_2 рассчитывается как отношение объема учебного материала Z'_{yc} , усвоенного обучаемым, к объему учебного материала Z'_c , который был изучен самостоятельно

$$k_2 = \frac{Z'_{yc}}{Z'_c}. \quad (15)$$

Z'_{yc} определяется с помощью тех же тестов сразу после самостоятельного изучения обучаемым объема Z'_c . При этом целесообразно полагать, что

$$k_{3n} = k_2 + \Delta k_{3n}, \quad (16)$$

где Δk_{3n} определяется с помощью компьютерного моделирования.

Аналогично рассчитывается коэффициент усвоения нового учебного материала при обучении с помощью видеолекций:

$$k_4 = \frac{Z_{yB}^1}{Z_B^1},$$

где Z_B^1 – объем материала, поданный в виде видеолекций;

Z_{yB}^1 – объем учебного материала, усвоенный обучаемым на видеолекциях.

При этом целесообразно полагать, что

$$k_{5n} = k_4 + \Delta k_{5n},$$

где Δk_{5n} определяется с помощью компьютерного моделирования.

С помощью линейной комбинации коэффициентов усвоения и забывания, рассчитанных по формулам (14) – (16), можно определить индивидуальный параметр эффективности обучения работника i :

$$\varphi_i = \frac{1}{P} \sum_{j=1}^P (k_{jn}^{(i)} - k^{(i)}), \quad (17)$$

где P – количество управлений, используемых для обучения работника i .

Параметр эффективности обучения Φ можно рассчитать как среднее арифметическое по всем работникам M страны, повышающим свою квалификацию:

$$\Phi = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \varphi_i. \quad (18)$$

3. Оптимальное управление с обратной связью процессом обучения

При реальном учебном процессе программные управления u_0, u_2, u_4 заранее заданы и являются дискретными. Поэтому задача оптимального управления сводится к нахождению оптимальных управлений с обратной связью $u_1^* = u_1^*(t, Z(t)), u_3^* = u_3^*(t, Z(t)), u_5^* = u_5^*(t, Z(t))$ (синтез оптимального регулятора).

Для оптимального управления с обратной связью при обучении с помощью преподавателя имеем исходное дифференциальное уравнение и изучаемого процесса:

$$\frac{dZ}{dt} = -kZ + k_0 u_0(t) + k_1 u_1(t). \quad (19)$$

Требуется минимизировать функционал качества управления обучением:

$$J = \int_0^T (u_1(t) - Z(t)) dt - Z(T). \quad (20)$$

Достаточным условием минимума функционала (20) является уравнение Беллмана для непрерывных

детерминированных систем [9]. Если существует функция $\varphi(t, Z)$, удовлетворяющая уравнению Беллмана

$$\max_{u_1 \leq u_{1\max}} \left\{ \frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{\partial \varphi}{\partial Z} (-kZ + u_0 + u_1) - u_1 + Z \right\} = 0 \quad (21)$$

с граничным условием

$$\varphi(T, Z) = Z(T) \quad (22)$$

и управление u_1 , удовлетворяющее условию

$$u_1^* = \arg \max_{u_1 \leq u_{1\max}} \left\{ \frac{\partial \varphi}{\partial Z} (-kZ + u_0 + u_1) - u_1 + Z \right\} \quad (23)$$

с ограничением

$$0 \leq u_1 \leq u_{1\max}, \quad (24)$$

то $u_1^*(t, Z)$ является оптимальным управлением с полной обратной связью, где $u_{1\max}$ – максимально допустимая нагрузка для повторения.

Уравнение Беллмана (21) линейно по u_1 , поэтому оптимальное управление u_1^* с ограничением (24) будет релейным [9] и описывается уравнением

$$\left(\frac{\partial \varphi}{\partial Z} - 1 \right) u_1^* = 0,$$

которое удовлетворяет условию (23).

Тогда оптимальное управление с обратной связью [10–13]:

$$u_1^* = \begin{cases} 0 & , \frac{\partial \varphi}{\partial Z} \neq 1 \\ u_{1\max}^* & , \frac{\partial \varphi}{\partial Z} = 1 \end{cases}. \quad (25)$$

Из системы (25) при граничном условии (22) определяется условие включения управления с обратной связью:

$$Z(t) = \varphi(t, Z).$$

Пусть нужно оптимальным образом попасть из точки $(Z_0, 0)$ в точку (Z_1, T) , где $Z_1 \in [Z_{\min}, Z_{\max}]$. В качестве функции φ удобно взять опорную траекторию (27), соединяющую начальную и конечную точки. Тогда оптимальное управление с обратной связью будет

$$u_1^*(t_j) = \begin{cases} 0 & , Z(t_{j-1}) > Z^0(t_{j-1}) \\ Y_{\Pi i}(t_i) & , Z(t_{j-1}) \leq Z^0(t_{j-1}) \end{cases}, \quad (26) \\ j = 1, 2, \dots, T,$$

где $Y_{in}(t)$ – объем знаний, повторяемый в момент времени t_j , из материала, данного преподавателем.

Общий объем повторенного материала, данного преподавателем:

$$Y_{II} = \sum_{i=1}^{M_{II}} Y_i, \quad Y_{II} \in X,$$

где M_{II} – число контрольных и самостоятельных работ на повторение пройденного материала;

X – полный объем учебного курса.

Оптимальная траектория рассчитывается по формуле

$$Z^*(u_1^*) = Z_0 e^{-k\tau} + e^{-k\tau} \int_0^{\tau} (k_0 u_0^*(\tau) + k_1 u_1^*(\tau)) e^{k\tau} d\tau. \quad (27)$$

Рассмотрим теперь идеальный случай. Пусть обучаемый усваивает всю информацию ($k_0 = 1$) и полностью ее сохраняет с помощью повторения и применения ($k = 0$). Такой идеальный процесс обучения описывается формулой

$$Z = Z_0 + \int_0^{\tau} u(\tau) d\tau$$

и показан на рисунке 2.

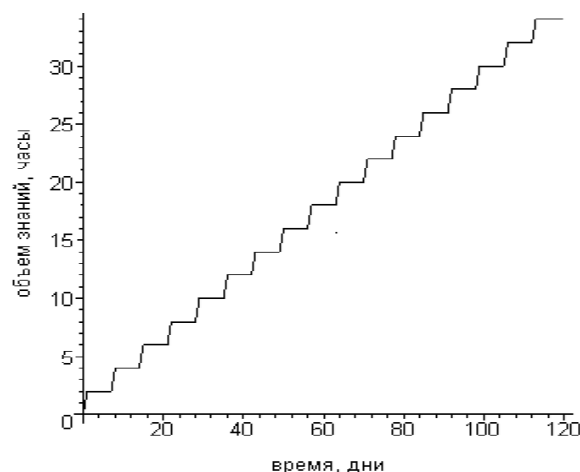


Рисунок 2 – Кривая идеального обучения

В этом случае индивидуальный параметр эффективности обучения работника равен единице.

Из проведенного исследования следует, что обучение и переобучение кадров может дать следующий эффект в рамках национальной экономики [14]:

$$Y = K^{\alpha + \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \frac{1}{P} \sum_{j=1}^P (k_{jn} - k)\beta} L^{\beta} \quad (28)$$

Заключение

В статье предложена модифицированная модель экономического роста на основе модели Ромера. В дан-

ной модели учтено влияние параметра эффективности обучения, который рассчитывается с помощью математической модели обучения на основе теории оптимального управления.

Математическая модель процесса обучения в виде линейного неоднородного дифференциального уравнения первого порядка (8) имеет шесть видов управлений: программное управление, задаваемое в виде заранее запланированной нагрузки, осуществляемой преподавателем; программное управление в виде нагрузки для самостоятельного обучения; программное управление в виде просмотра обучаемым видеолекций, апробированных во время традиционного процесса обучения; управление с обратной связью после обучения преподавателем (управление процессом повторения посредством контрольных и самостоятельных работ); управление с обратной связью при повторении материала, изученного обучаемым самостоятельно; управление с обратной связью при повторении материала, изученного обучаемым в виде видеолекций. На входе модель имеет такие показатели: начальный объем знаний (в академических часах), начальный коэффициент забывания, шесть начальных коэффициентов усвоения для соответствующих управлений. На выходе модель имеет такие показатели: текущий (конечный) объем знаний (в академических часах), уменьшенный текущий (конечный) коэффициент забывания в зависимости от числа повторений учебного материала, увеличенные коэффициенты усвоения для шести управлений. Индивидуальный параметр эффективности обучения работника строится с помощью линейной комбинации коэффициентов усвоения и забывания.

Приведены решения для управления с обратной связью. Использование этих решений на практике позволит повысить качество обучения и сохранять знания и навыки работников в долгосрочном плане [7], а также может применяться для эффективного экспорта образовательных услуг как при традиционном, так и при дистанционном обучении [11–13]. Обучение и переобучение кадров может дать экономический эффект в рамках национальной экономики, который рассчитывается по формуле (28), к которому добавится эффект от экспорта образовательных услуг.

Литература / References

[1] Lucas, R.E. On the mechanics of economic development / R.E. Lucas // Journal of Monetary Economics. – 1988. – Vol. 22, iss. 1. – P. 3–42.

[2] Rebelo, S. Long-run policy analysis and long-run growth / S. Rebelo // Journal of Political Economy. – 1991. – Vol. 99, iss. 3. – P. 500–521.

[3] Шараев, Ю.В. Теория экономического роста / Ю.В. Шараев. – М.: Издательский дом ГУ ВШЭ, 2006. – 254 с.

Sharayev, Yu.V. Teoriya ekonomicheskogo rosta / Yu.V. Sharayev. – M.: Izdatel'skiy dom GU VShE, 2006. – 254 p.

- [4] Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 17.05.2016.
- Natsional'nyy statisticheskiy komitet Respubliki Belarus' [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.belstat.gov.by/>. – Date of access: 17.05.2016.
- [5] Приходченко, О.И. Экономика Беларуси. Курс лекций. Часть I / О.И. Приходченко. – Минск: Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь. Система открытого образования, 2005. – 263 с.
- Prikhodchenko, O.I. Ekonomika Belarusi. Kurs lektсий. Chast' I / O.I. Prikhodchenko. – Minsk: Akad. upr. pri Prezidente Resp. Belarus'. Sistema otkrytogo obrazovaniya, 2005. – 263 p.
- [6] Мирончик, Н.Л. Анализ факторов экономического роста в Республике Беларусь на основе производственной функции / Н.Л. Мирончик, С.В. Судник, Е.Е. Качерская // Банковский вестник. – 2016. – Исследования банка №9. – С. 19.
- Mironchik, N.L. Analiz faktorov ekonomicheskogo rosta v Respublike Belarus' na osnove proizvodstvennoy funktsii / N.L. Mironchik, S.V. Sudnik, Ye.Ye. Kacherskaya // Bankovskiy vestnik. – 2016. – Issledovaniya banka No. 9. – P. 19.
- [7] Жукович, С.Я. Математический метод повышения качества обучения в вузе / С.Я. Жукович // Вестник Бел. гос. экон. ун-та. – 2012. – № 5. – С. 36–42.
- Zhukovich, S.Ya. Matematicheskiy metod povysheniya kachestva obucheniya v vuze / S.Ya. Zhukovich // Vestnik Bel. gos. ekon. un-ta. – 2012. – No. 5. – P. 36–42.
- [8] Жукович, С.Я. Концептуальное и математическое моделирование оптимального управления обучением на экспортном сетевом курсе / С.Я. Жукович // Инновационные образовательные технологии. – 2015. – № 3. – С. 50–57.
- Zhukovich, S.Ya. Kontseptual'noye i matematicheskoye modelirovaniye optimal'nogo upravleniya obucheniym na eksportnom setevom kurse / S.Ya. Zhukovich // Innovatsionnyye obrazovatel'nyye tekhnologii. – 2015. – No. 3. – P. 50–57.
- [9] Пантелеев, А.В. Теория управления в примерах и задачах / А.В. Пантелеев. – М.: Высшая школа, 2003. – 382 с.
- Panteleyev, A.V. Teoriya upravleniya v primerakh i zadachakh /
- A.V. Panteleyev. – M.: Vysshaya shkola, 2003. – 382 p.
- [10] Жукович, С.Я. Математические методы оптимального управления обучением / С.Я. Жукович, А.М. Седун // Научные труды Бел. гос. экон. ун-та. – 2010. – С. 369–376.
- Zhukovich, S.Ya., Matematicheskiye metody optimal'nogo upravleniya obucheniym / S.Ya. Zhukovich, A.M. Sedun // Nauchnyye trudy Bel. gos. ekon. un-ta. – 2010. – P. 369–376.
- [11] Жукович, С.Я. Математический метод оптимального управления экспортом образовательных услуг / С.Я. Жукович, В.Я. Асанович // Инновационные образовательные технологии. – 2014. – № 2. – С. 45–51.
- Zhukovich, S.Ya. Matematicheskiy metod optimal'nogo upravleniya eksportom obrazovatel'nykh uslug / S.Ya. Zhukovich, V.Ya. Asanovich // Innovatsionnyye obrazovatel'nyye tekhnologii. – 2014. – No. 2. – P. 45–51.
- [12] Жукович, С.Я. Бизнес-процесс экспорта сетевых образовательных услуг в вузах / С.Я. Жукович, В.Я. Асанович // Вестник Бел. гос. экон. ун-та. – 2015. – № 1. – С. 46–52.
- Zhukovich, S.Ya. Biznes-protsess eksporta setevykh obrazovatel'nykh uslug v vuzakh / S.Ya. Zhukovich, V.Ya. Asanovich // Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta. – 2015. – No. 1. – P. 46–52.
- [13] Жукович, С.Я. Оптимальное управление бизнес-процессом экспорта образовательных услуг в УВО Республики Беларусь / С.Я. Жукович // Инновационные образовательные технологии. – 2015. – № 2. – С. 52–58.
- Zhukovich, S.Ya. Optimal'noye upravleniye biznes-protsessom eksporta obrazovatel'nykh uslug v UVO Respubliki Belarus' / S.Ya. Zhukovich // Innovatsionnyye obrazovatel'nyye tekhnologii. – 2015. – No. 2. – P. 52–58.
- [14] Жукович, С.Я. Модифицированная модель экономического роста с учетом изменения человеческого капитала и эффективности обучения / С.Я. Жукович, В.Я. Асанович // Экономика и управление. – 2016. – № 2. – С. 20–26.
- Zhukovich, S.Ya. Modifitsirovannaya model' ekonomicheskogo rosta s uchetom izmeneniya chelovecheskogo kapitala i effektivnosti obucheniya / S.Ya. Zhukovich, V.Ya. Asanovich // Ekonomika i upravleniye. – 2016. – No. 2. – P. 20–26.