



**НАУЧНАЯ СТАТЬЯ**

УДК 332.142.6

Дата поступления: 15.07.2023  
рецензирования: 25.09.2023  
принятия: 30.11.2023

**Цифровая дискретная имитационная модель формирования прибыли  
с учетом динамики денежных потоков, уровня качества трудовых ресурсов**

**Д.А. Щёлоков**

АО «РКЦ «Прогресс», Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация  
E-mail: dima-shhelokov@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1657-2625>

**Аннотация:** Разработана аналитическая и цифровая модель задачи определения оптимальной величины инвестиций в обучение персонала с учетом ограничений на динамику денежных потоков. Предложенная модель отличается от существующих тем, что предприятие, управляя величиной инвестиций в обучение персонала, изменяет удельную себестоимость, величину расходов на заработную плату персонала и таким образом обеспечивает максимальную величину прибыли. Для определения эффективности инвестиций в обучение персонала рассчитана величина эффекта, получаемого предприятием от снижения себестоимости и определена величина изменения заработной платы сотрудников. Таким образом, для оценки эффективности инвестиций в обучение персонала определена величина совокупного изменения эффекта с учетом повышения прибыли за счет снижения себестоимости ракеты-носителя, снижения прибыли за счет повышения заработной платы сотрудникам и величины инвестиций в повышение доли обученных сотрудников. Сформирована задача оптимизации, для решения которой разработана компьютерная имитационная модель и определены аналитические условия существования оптимального значения. С учетом динамики потоков формирования прибыли определена эффективность инвестиций в обучение персонала и показано, что на денежную единицу инвестиций повышение доли обученных сотрудников эффект составил более 10 д. ед. С использованием статистических данных определены параметры функциональных уравнений, характеризующих зависимость между величиной изменения удельной себестоимости и расходов на заработную плату персонала от доли обученного персонала. В результате решения компьютерной имитационной модели формирования темпа прибыли предприятия с учетом инвестиций в обучение персонала представлен график траектории изменения величины темпа прибыли при изменении доли обученных сотрудников до оптимальной величины.

**Ключевые слова:** компьютерная имитационная модель; инвестиции в обучение; трудовые ресурсы; обучение сотрудников; эффект; расходы на заработную плату.

**Цитирование.** Щёлоков Д.А. Цифровая дискретная имитационная модель формирования прибыли с учетом динамики денежных потоков, уровня качества трудовых ресурсов // Вестник Самарского университета. Экономика и управление Vestnik of Samara University. Economics and Management. 2023. Т. 14, № 4. С. 141–151. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2023-14-4-141-151>.

**Информация о конфликте интересов:** автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

© Щёлоков Д.А., 2023

*Дмитрий Александрович Щелоков* – кандидат экономических наук, советник заместителя генерального директора по персоналу АО «РКЦ «Прогресс», 443086, Российская Федерация, г. Самара, ул. Гая, 45; доцент кафедры экономики, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

**SCIENTIFIC ARTICLE**

Submitted: 15.07.2023  
Revised: 25.09.2023  
Accepted: 30.11.2023

**Digital discrete simulation model of profit formation taking into account  
the dynamics of cash flows, the level of quality of labor resources**

**D.A. Shchelokov**

JSC «RCC «Progress», Samara National Research University, Samara, Russian Federation  
E-mail: dima-shhelokov@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1657-2625>

**Abstract:** An analytical and digital model of the problem of determining the optimal amount of investments in personnel training, taking into account restrictions on the dynamics of cash flows, has been developed. The proposed model differs from the existing ones in that the enterprise, managing the amount of investment in personnel training, changes the unit cost, the amount of staff salary costs and thus ensures the maximum amount of profit. To determine the effectiveness of investments in personnel training, the magnitude of the effect obtained by the enterprise from cost reduction is calculated and the amount of change in employee salaries is determined. Thus, to assess the effectiveness of investments in personnel training, the magnitude of the cumulative effect change is determined, taking into account the increase in profits by reducing the cost of the launch vehicle, reducing profits by increasing salaries to employees and the amount of investments in increasing the proportion of trained employees. An optimization problem has been formed, for which a computer simulation model has been developed and analytical conditions for the existence of an optimal value have been determined. Taking into account the dynamics of profit formation flows, the effectiveness of investments in personnel training was determined and it was shown that an increase in the share of trained employees per monetary unit of investment had an effect of more than 10 billion units. Using statistical data, the parameters of functional equations characterizing the dependence between the amount of change in unit cost and staff salary costs on the proportion of trained personnel are determined. As a result of solving a computer simulation model of the formation of the profit rate of an enterprise, taking into account investments in personnel training, a graph of the trajectory of changes in the profit rate when the proportion of trained employees changes to the optimal value is presented.

**Key words:** computer simulation model; investments in training; human resources; employee training; effect; salary costs.

**Citation.** Shchelokov D.A. Digital discrete simulation model of profit formation taking into account the dynamics of cash flows, the level of quality of labor resources. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2023, vol. 14, no. 4, pp. 141–151. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2023-14-4-141-151>. (In Russ.)

**Information on the conflict of interest:** author declares no conflict of interest.

© Shchelokov D.A., 2023

*Dmitry A. Shchelokov* – Candidate of Economic Sciences, Advisor to the Deputy General Director for Personnel of JSC «RCC «Progress», 45, Gaya Street, Samara, 443086, Russian Federation; associate professor of the Department of Economics, Samara National Research University, 34, Moskovskoe shosse, Samara, 443086, Russian Federation,

## Введение

Конкурентоспособность, эффективность деятельности предприятия по производству ракет-носителей во многом обеспечивается использованием более совершенных инструментов управления, в основе которых лежат имитационные методы моделирования. Метод имитационного моделирования позволяет решать задачи большой сложности, с большим количеством взаимосвязанных элементов, образующих в совокупности громоздкие математические и компьютерные модели. В этой связи имитация поведения сложных систем является эффективным инструментом формирования цифровых динамических моделей механизмов исследования динамики организационно-экономических систем со сложной структурой. Наиболее широкое применение методология имитационного моделирования находит при исследовании динамических систем как непрерывного, так и дискретного характера в условиях неопределенности.

Математическое и компьютерное моделирование включает в настоящее время следующие направления: моделирование динамических систем, системная динамика, дискретно-событийное моделирование, агентное моделирование. Каждое из направлений располагает программным инструментом, позволяющим осуществить имитационное моделирование на компьютере. Одним из наиболее удобных программных инструментов дискретно-событийного имитационного моделирования, которое было использовано при моделировании производственной системы предприятия по выпуску ракет-носителей, является Matlab Simulink.

На предприятии по производству ракет-носителей проводится огромная работа по обучению персонала по различным программам, но в настоящее время отсутствуют методы оценки эффективности, влияния и управления различными параметрами производственной системы на конечные результаты деятельности. Так, например, изменение уровня квалификации, доли работников прошедших обучение оказывает существенное влияние на производительность, надежность, себестоимость продукции и эффективность производства. В этой связи является актуальным развитие методов имитационного моделирования на процессы управления персоналом и надежность изделий, выпускаемых предприятием.

В работе основное внимание уделяется обоснованному выбору параметров и дискретных имитационных моделей экономического механизма формирования и управления материальными и информационными потоками, характеризующих результаты деятельности предприятия и обеспечивающих производственную систему трудовыми ресурсами.

Методическую основу работы составляет подход, ориентированный на имитационное моделирование организационно-экономической системы по производству ракет-носителей с учетом уровня качества трудовых ресурсов и надежности изделий.

### Состояние изученности проблемы

Общей теории имитационного моделирования экономических механизмов выбора параметров материальных и информационных потоков в производственной системе предприятия посвящено большое количество работ как зарубежных, так и отечественных авторов: О.В. Багриновский, В.Д. Богатырев, С.А. Боркалов, В.Н. Бурков, А.А. Васин, В.Н. Воробьев, Ю.Б. Гермеир, Г.М. Гришанов, Н.Н. Данилов, М. Интрилигатор, В.А. Ириков, С.А. Кирилина, В.В. Кондратьев, В.Л. Макаров, В.В. Морозов, Дж. Нейман, Д.А.Новиков, В.И. Новосельцев, Г. Оуен, Е.С. Тюлевина, Дж. Форрестер, В.И. Ширяев.

Для решения экономических задач получило применение дискретно-событийное моделирование, разработанное Дж. Форрестером, В.И. Ширяевым, В.Н. Бурковым, Н.В. Баркаловым, Д.А. Новиковым, А.В. Шепкиным для описания экономико-математических моделей фирм и организаций, используемое в настоящей работе как основа для формирования дискретных цифровых имитационных моделей механизмов сбалансированности денежных потоков с учетом квалификации персонала и надежности ракет-носителей.

Проблемам выбора внутрифирменных стратегий предприятия по выпуску ракетно-космической техники посвящены работы Г.М. Гришанова, С.А.Кирилиной, Е.С. Тюлевиной, В.А. Барвинок, В.И. Багданович, С.О. Осипов. Однако в них не рассматриваются вопросы имитационного динамического моделирования денежных потоков и выбора на этой основе механизмов формирования параметров производственной системы с учетом квалификации персонала как основного фактора конкурентоспособности и эффективности предприятия по производству РКТ [1–15]. Поэтому является актуальным дальнейшее развитие цифровых методов имитационного моделирования механизмов управления развитием персонала, обеспечивающих устойчивое, сбалансированное и эффективное функционирование предприятия.

### Ход исследования

Для повышения конкурентоспособности предприятие осуществляет инвестиции в качество трудовых ресурсов путем их обучения [10; 11; 13]. Будем определять уровень качества трудовых ресурсов долей сотрудников, прошедших обучение  $\gamma_{LT}$ . Так, на предприятии АО «РКЦ «Прогресс» доля сотрудников, прошедших обучение, составляет  $\gamma_{LT} = 0,358$  от общей численности персонала. Предположим, что критерием оценки деятельности предприятия является величина прибыли, характеризующая экономический потенциал, которая определяется величиной удельной себестоимости  $k_{SIC}^P(t)$ , темпом потока расходов по заработной плате персоналу на предприятии  $v_{LCE}^P(t)$ , зависящих от доли сотрудников, прошедших обучение  $\gamma_{LT}$  [1; 2; 4]. С учетом сделанных предположений дискретную модель задачи формирования прибыли до налогообложения представим в следующем виде [14; 15]:

$$\begin{aligned}
 v_{PBTR}^P(t) &= \left( v_{SI}^P(t) + v_{SMO}^P(t) \right) \left( k_{CFGP}^P - k_{SIC}^P(t, \gamma_{LT}) \right) - \\
 &\quad - \left[ v_{LCE}^P(t, \gamma_{LT}) - \left( v_{MI}^P(t) + v_{SMO}^P(t) \right) \frac{k_{CWR}^P}{k_{CPL}^P} \right] - \\
 &\quad - v_{CCE}^P(t) - u_{LT}(\gamma_{LT}) \xrightarrow{\gamma_{LT}} \max, \\
 v_{SI}^P(t) &= \frac{x_{SO}^P(t+1) = x_{SO}^P(t) + \alpha_{SO}^P x_{SO}^P(t) \Delta t \left( v_{RFI}^P(t) - v_{SI}^P(t) \right)}{h_{DS}^P}, \\
 k_{SIC}^P(t) &= k_{CRMP}^P + \frac{\sum_j k_{CWR_j}^P(\gamma_{LT})}{k_{CPL}^P}, \\
 v_{LCE}^P(t) &= s_{MENT_j}^P(t) k_{CWR_j}^P(\gamma_{LT}), \\
 v_{SMO}^P(t) &= v_{PCO}^P(t), h_{DP}^P,
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$v_{MI}^P(t) = v_{PI}^P(t), h_{DP}^P, \\ x_{SO}^P(0) = v_{RFI}^P(0)h_{DS}^P, x_{SI}^P(0) = v_{RFI}^P(0), v_{LCE}^P(0) = s_{MENP}^P(t)k_{CWR}^P,$$

где  $v_{PBTR}^P(t)$  – темп потока прибыли до налогообложения, получаемой предприятием;  $v_{SI}^P(t)$  – скорость потока отгрузки готовой продукции, произведенной за счет запасов ракетоккомплектов на космодром;  $v_{SMO}^P(t)$  – скорость потока отгрузки ракет-носителей, произведенных по заказам заказчика;  $k_{CFGP}^P$  – цена за единицу ракеты-носителя;  $k_{SIC}^P(t)$  – нормативная себестоимость ракеты-носителя в запасах;  $v_{LCE}^P(t)$  – расходы по заработной плате основному производственному персоналу на предприятии;  $v_{MI}^P(t)$  – скорость потока производства для возмещения запасов ракетоккомплектов на предприятии;  $v_{CCE}^P(t)$  – скорость потока постоянных расходов;  $k_{CWR}^P$  – средняя месячная заработная плата основного производственного персонала на предприятии;  $k_{CRMP}^P$  – цена за единицу материалов и комплектующие;  $k_{CPL}^P$  – производительность труда на предприятии;  $x_{SO}^P(t)$  – величина задолженности по заказам со стороны предприятия;  $u_{LT}(\gamma_{LT})$  – инвестиции в обучение персонала;  $v_{RFI}^P(t)$  – скорость потока заказов, выполняемых за счет запасов ракетоккомплектов на предприятии;  $\alpha_{SO}^P$  – коэффициент, характеризующий производственно-экономический потенциал предприятия;  $h_{DS}^P$  – запаздывание отгрузки изделий на космодром;  $x_{SO}^P(0)$  – начальные условия интегрального уравнения;  $v_{PCO}^P(t)$  – темп денежного потока производства ракетоккомплектов по заказам со стороны заказчика;  $s_{MENT}^P(t)$  – общая численность персонала на предприятии;  $s_{MENP}^P(t)$  – количество основных производственных рабочих на предприятии;  $v_{PI}^P(t)$  – темп денежного потока запуска в производство ракетоккомплектов для возмещения запаса ракетоккомплектов на предприятии;  $h_{DP}^P$  – время запаздывания в стве;  $v_{PCO}^P(t)$  – темп денежного потока производства ракетоккомплектов по заказам со стороны заказчика.

Для решения дискретной модели формирования прибыли предприятия с учетом инвестиций в обучение персонала разработана компьютерная имитационная модель, представленная на рис.1.

Таким образом, задача предприятия состоит в определении такого значения доли персонала, прошедших обучение на предприятии  $\gamma_{LT}$ , которое оптимизирует величину прибыли  $v_{PBTR}^P(t)$  с учетом ограничений на динамику денежных потоков. В модели (1) управляющими параметрами являются инвестиции  $u_{LT}(\gamma_{LT})$  в повышение доли персонала, прошедшего обучение на предприятии  $\gamma_{LT}$  [18; 23; 41; 49–51; 79; 80; 120–121].

Предприятие, управляя величиной инвестиций  $u_{LT}(\gamma_{LT})$ , изменяет удельную себестоимость  $k_{SIC}^P(t, \gamma_{LT})$  и величину расходов на заработную плату персонала  $v_{LCE}^P(t, \gamma_{LT})$  таким образом, чтобы обеспечить максимальную величину прибыли  $v_{PBTR}^P(t)$ .

На функции изменения удельной себестоимости  $k_{SIC}^P(t, \gamma_{LT})$  и изменения величины расходов на заработную плату персонала  $v_{LCE}^P(t, \gamma_{LT})$  наложим следующие требования:  $\forall \gamma_{LT}$  изменение удельной себестоимости  $k_{SIC}^P(t)$  убывает с возрастанием доли персонала, прошедшего обучение на предприятии  $\gamma_{LT}$ , за счет повышения, например, производительности труда, т. е.  $\frac{\partial k_{SIC}^P(t, \gamma_{LT})}{\partial \gamma_{LT}} < 0$ , а изменение величины расходов на заработную плату персонала  $v_{LCE}^P(t)$  возрастает с возрастанием доли персонала, прошедшего обучение на предприятии  $\gamma_{LT}$ , т. е.  $\frac{\partial v_{LCE}^P(t, \gamma_{LT})}{\partial \gamma_{LT}} > 0$ .

В соответствии с сделанным предположением, чем больше доля персонала, прошедшего обучение на предприятии  $\gamma_{LT}$ , тем меньше удельная себестоимость  $k_{SIC}^P(t)$  и больше величины расходов на заработную плату персонала  $v_{LCE}^P(t)$ . Функциональные зависимости изменения удельной себестоимости  $k_{SIC}^P(t)$  и изменения величины расходов на заработную плату персонала  $v_{LCE}^P(t)$  представлены следующими уравнениями:

$$k_{SIC}^P(t, \gamma_{LT}) = k_{SIC_0}^P(t, \gamma_{LT}) - a_1 \gamma_{LT} + a_2 (\gamma_{LT})^2, \quad (2)$$

$$v_{LCE}^P(t, \gamma_{LT}) = v_{LCE_0}^P(t, \gamma_{LT}) + b_1 \gamma_{LT} - b_2 (\gamma_{LT})^2, \quad (3)$$

где  $k_{SIC_0}^P(t, \gamma_{LT})$ ,  $v_{LCE_0}^P(t, \gamma_{LT})$  – начальная удельная себестоимость и начальная сумма заработной платы;  $a_1, a_2, b_1, b_2$  – коэффициенты чувствительности удельной себестоимости  $k_{SIC}^P(t)$  и суммы заработной платы  $v_{LCE}^P(t)$  к изменению доли персонала, прошедшего обучение на предприятии  $\gamma_{LT}$ .

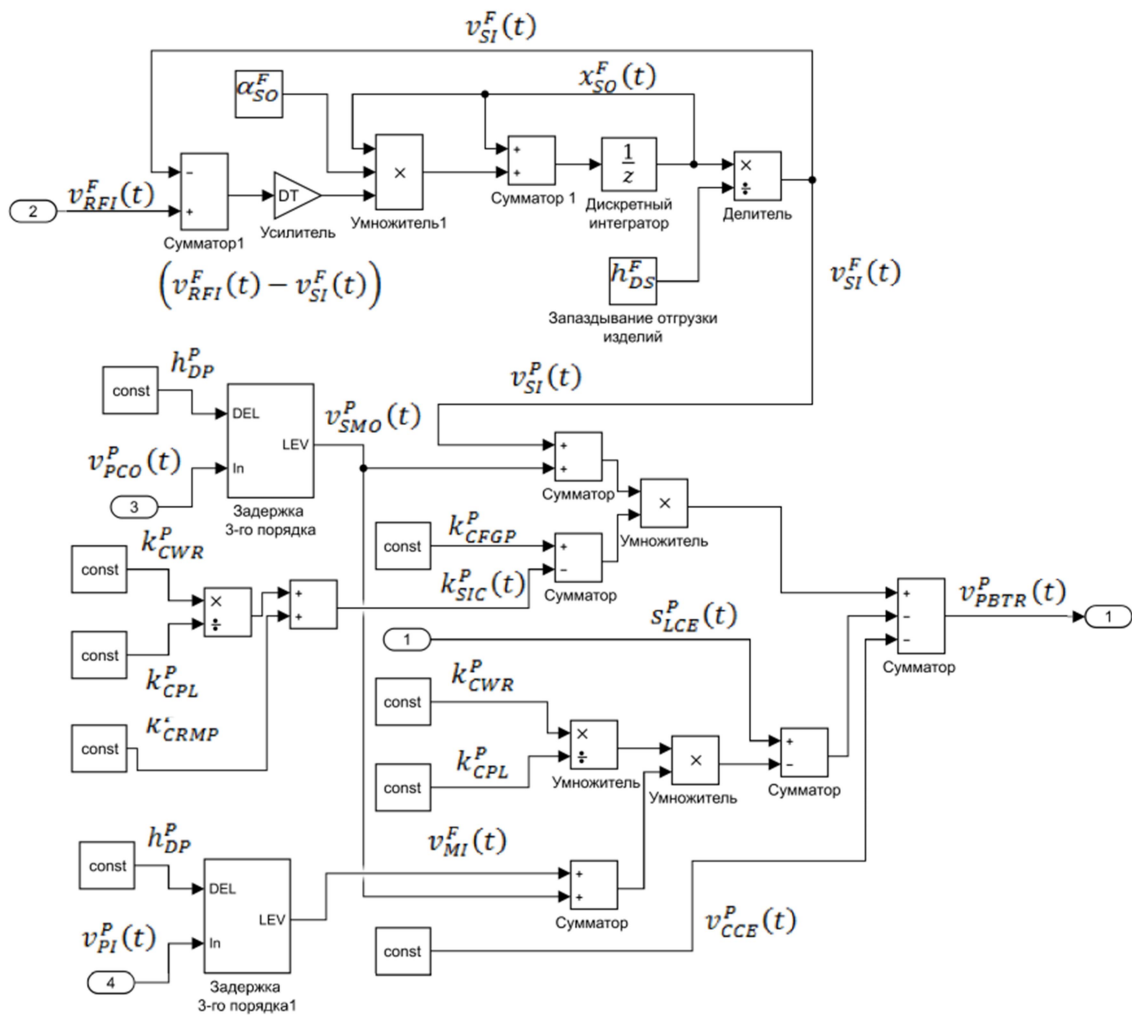


Рисунок 1 – Компьютерная имитационная модель формирования прибыли предприятия с учетом инвестиций в обучение персонала

Figure 1 – A computer simulation model of the company's profit formation, taking into account investments in personnel training

Подставляя в модель формирования прибыли предприятия с учетом инвестиций в обучение персонала (1) уравнения (2), получим величину прибыли в зависимости от доли персонала, прошедшего обучение на предприятии  $\gamma_{LT}$ . Для решения модели (1) необходимо определить значения коэффициентов чувствительности  $a_1, a_2, b_1, b_2$ . Используя статистические данные, методом наименьших квадратов получены уравнения в следующем виде:

$$k_{SIC}^P(t, \gamma_{LT}) = 18 \cdot 10^6 - 2 \cdot 10^6 \gamma_{LT} + 1,5 \cdot 10^6 (\gamma_{LT})^2, \quad (4)$$

$$v_{LCE}^P(t, \gamma_{LT}) = 20,69 \cdot 10^6 + 1 \cdot 10^6 \gamma_{LT} - 0,7 \cdot 10^6 (\gamma_{LT})^2. \quad (5)$$

На рис. 2. представлен график зависимости изменения величины себестоимости выпуска ракеты-носителя от изменения доли обученных сотрудников. Полученная функциональная зависимость является нелинейной, в которой скорость изменения себестоимости, характеризующей тангенс угла наклона касательной, увеличивается в каждой точке кривой с увеличением доли обученного персонала.

На рисунке 3 представлен график изменения величины заработной платы при изменении доли обученных сотрудников. Полученная функциональная зависимость является нелинейной, в которой скорость изменения заработной платы, характеризующей тангенс угла наклона касательной, в каждой точке кривой уменьшается с увеличением доли обученного персонала.

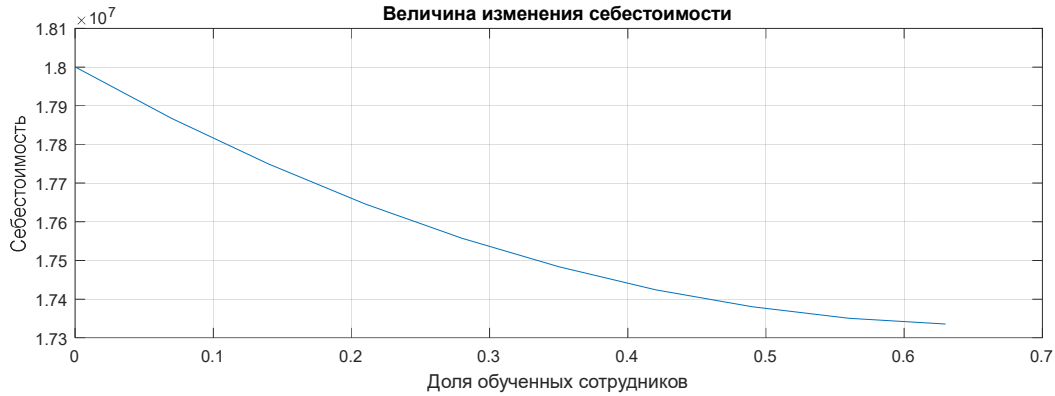


Рисунок 2 – График изменения величины себестоимости выпуска ракеты-носителя при изменении доли обученных сотрудников  
 Figure 2 – Graph of changes in the cost of launch vehicle production with a change in the proportion of trained employees

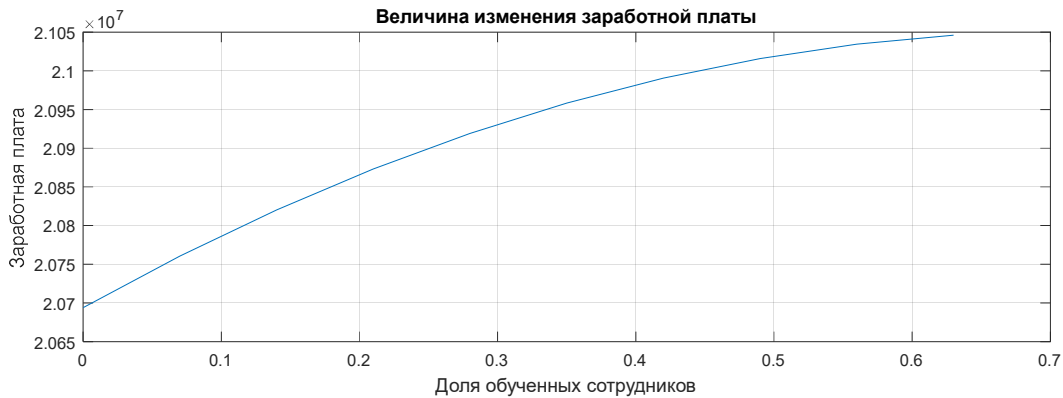


Рисунок 3 – График изменения величины заработной платы при изменении доли обученных сотрудников  
 Figure 3 – A graph of changes in the amount of wages when the proportion of trained employees changes

Из графиков на рис. 2 и рис. 3 можно сделать вывод о том, что с ростом изменения доли обучения эффективность ее влияния на себестоимость и величину заработной платы уменьшается.

Определим оптимальную величину доли персонала, прошедшего обучение на предприятии  $\gamma_{LT}$ , и обеспечивающую максимальную величину темпа прибыли  $v_{PBTR}^P(t)$ . Для этого систему уравнений (1) запишем с учетом функциональной зависимости изменения величины себестоимости выпуска ракеты-носителя и величины заработной платы от изменения доли обученных сотрудников  $\gamma_{LT}$  (4), (5):

$$\begin{aligned}
 v_{PBTR}^P(t) &= \left( v_{SI}^P(t) + v_{SMO}^P(t) \right) \left( k_{CFGP}^P - k_{SIC}^P(t, \gamma_{LT}) \right) - \\
 &\quad - \left[ v_{LCE}^P(t, \gamma_{LT}) - \left( v_{MI}^P(t) + v_{SMO}^P(t) \right) \frac{k_{CWR}^P}{k_{CPL}^P} \right] - \\
 &\quad - v_{CCE}^P(t) - u_{LT}(\gamma_{LT}) \xrightarrow{\gamma_{LT}} \max, \\
 v_{SI}^P(t) &= \frac{x_{SO}^P(t+1) = x_{SO}^P(t) + \alpha_{SO}^P x_{SO}^P(t) \Delta t \left( v_{RFI}^P(t) - v_{SI}^P(t) \right)}{h_{DS}^P}, \\
 k_{SIC}^P(t) &= k_{CRMP}^P + \frac{\sum_j k_{CWR_j}^P(\gamma_{LT})}{k_{CPL}^P}, \\
 v_{LCE}^P(t) &= s_{MENT_j}^P(t) k_{CWR_j}^P(\gamma_{LT}), \\
 v_{SMO}^P(t) &= v_{PCO}^P(t), h_{DP}^P, \\
 v_{MI}^P(t) &= v_{PI}^P(t), h_{DP}^P, \\
 k_{SIC}^P(t, \gamma_{LT}) &= 18 \cdot 10^6 - 2 \cdot 10^6 \gamma_{LT} + 1,5 \cdot 10^6 (\gamma_{LT})^2, \\
 v_{LCE}^P(t, \gamma_{LT}) &= 20,69 \cdot 10^6 + 1 \cdot 10^6 \gamma_{LT} - 0,7 \cdot 10^6 (\gamma_{LT})^2,
 \end{aligned} \tag{6}$$

$$x_{SO}^P(0) = v_{RFI}^P(0)h_{DS}^P, x_{SI}^P(0) = v_{RFI}^P(0), v_{LCE}^P(0) = s_{MENP}^P(t)k_{CWR}^P,$$

Используя принцип необходимого условия оптимальности, продифференцируем уравнение прибыли (6) по величине доли персонала, прошедшего обучение на предприятии  $\gamma_{LT}$ , и решению затем полученного уравнения относительно  $\gamma_{LT}$ . Необходимое условие существования максимума прибыли в соответствии с уравнением  $\frac{\partial v_{PBTR}^P(t)}{\partial \gamma_{LT}^*} = 0$  представим равенством [3–9; 12]:

$$\frac{\partial v_{PBTR}^P(t)}{\partial \gamma_{LT}^*} = \left( v_{SI}^P(t) + v_{SMO}^P(t) \right) (a_1 - 2a_2\gamma_{LT}^*) - b_1 + 2b_2\gamma_{LT}^* = 0 \quad (7)$$

где  $\gamma_{LT}^*$  – оптимальная величина доли персонала, прошедшего обучение на предприятии.

Из полученного уравнения (7) оптимальную величину доли персонала, прошедшего обучение на предприятии  $\gamma_{LT}^*$ , определим из уравнения:

$$\gamma_{LT}^* = \frac{\left( v_{SI}^P(t) + v_{SMO}^P(t) \right) a_1 - b_1}{2 \left( \left( v_{SI}^P(t) + v_{SMO}^P(t) \right) a_2 - b_2 \right)}. \quad (8)$$

Из полученного уравнения (8) следует, что для существования максимума величины прибыли и оптимальной величины доли персонала, прошедшего обучение на предприятии  $\gamma_{LT}^*$ , необходимо выполнение следующих неравенств:

$$\left( \left( v_{SI}^P(t) + v_{SMO}^P(t) \right) a_1 > b_1 \right) \wedge \left( \left( v_{SI}^P(t) + v_{SMO}^P(t) \right) a_2 > b_2 \right).$$

Одновременное выполнение неравенств обеспечивает существование оптимальной величины доли персонала, прошедшего обучение на предприятии  $\gamma_{LT}^*$ . Из первого неравенства следует, что для существования оптимального суммарного темпа выпуска ракет-носителей должно выполняться следующее неравенство:

$$\left( v_{SI}^P(t) + v_{SMO}^P(t) \right) > \frac{b_1}{a_1},$$

а из второго неравенства следует, что для суммарного темпа выпуска ракет-носителей должно выполняться следующее неравенство:

$$\left( v_{SI}^P(t) + v_{SMO}^P(t) \right) > \frac{b_2}{a_2}.$$

Таким образом, полученные неравенства означают, что суммарный темп выпуска ракет-носителей, обеспечивающий оптимальную величину доли персонала, прошедшего обучение на предприятии  $\gamma_{LT}^*$ , должен удовлетворять следующему соотношению:

$$\left( v_{SI}^P(t) + v_{SMO}^P(t) \right) > \max \left( \frac{b_1}{a_1}, \frac{b_2}{a_2} \right).$$

Выполнение неравенств

$$\left( \left( v_{SI}^P(t) + v_{SMO}^P(t) \right) a_1 > b_1 \right) \wedge \left( \left( v_{SI}^P(t) + v_{SMO}^P(t) \right) a_2 > b_2 \right)$$

или

$$\left( v_{SI}^P(t) + v_{SMO}^P(t) \right) > \max \left( \frac{b_1}{a_1}, \frac{b_2}{a_2} \right)$$

означает существование оптимальной величины доли персонала, прошедшего обучение на предприятии  $\gamma_{LT}^*$ .

Реализация на предприятии оптимальной величины доли персонала, прошедшего обучение на предприятии, обеспечивает максимальную величину прибыли  $v_{PBTR}^P(t)$ . Подставляя численные значения коэффициентов чувствительности в уравнение (8), получим численную оптимальную величину доли персонала, прошедшего обучение на предприятии  $\gamma_{LT}^*$ :

$$\gamma_{LT}^* = \frac{2 * 2 \cdot 10^6 - 1 \cdot 10^6}{2 * 2 * 1,5 \cdot 10^6 - 0,7 \cdot 10^6} = 0,566. \quad (9)$$

Учитывая, что общая численность персонала на АО «РКЦ «Прогресс» составляет 25 800, общее количество персонала, прошедшего обучение, составляет  $25800 * 0,566 = 14602$  человека.

Определим инвестиции в обучение персонала предприятия. В таблице представлены данные по каждому виду обучения, характеризующие затраты, связанные с обучением персонала. Из приведенной таблицы следует, что инвестиции в обучение персонала на все виды обучения составляют 1 000 026 д. ед. в год.

**Таблица – Данные по каждому виду обучения, характеризующие затраты, связанные с обучением персонала**

**Table – Data for each type of training, characterizing the costs associated with staff training**

Вид обучения	Средняя стоимость человека, руб.	Обучение по программам, %	Количество обученных по программам, руб.	Стоимость обучения по предприятию, руб./\$
Обязательное обучение	2 247	56,2%	8206	18 440 620 \$275 233
Программы повышения квалификации и краткосрочного обучения	6 659	38,9%	5680	37 826378 \$564 572
Программа подготовки кадрового резерва	6 998	1,6%	233	1635046 \$24 403
Обучение по долгосрочным программам	35 938	0,2%	29	1 049 591 \$15 665
Обучение в рамках федеральных программ	17 783	3,1%	452	8 050 129 \$120 151
<b>Итого</b>			<b>14 602</b>	<b>67001764</b> <b>\$1000026</b>

Для определения эффективности инвестиций в обучение персонала рассчитаем величину эффекта, получаемого предприятием от снижения себестоимости в зависимости повышения доли обученных сотрудников. Из графика изменения величины себестоимости выпуска ракеты-носителя при изменении доли обученных сотрудников (рис.2) следует, что себестоимость при оптимальной величине  $\gamma_{LT}^* = 0,566$  равна  $k_{SIC}^P(t, \gamma_{LT}^*) = 17,34 \cdot 10^6$  д. ед./шт. В результате решения компьютерной имитационной модели формирования прибыли предприятия с учетом инвестиций в обучение персонала (рис.1) на рис.4 представлен график траектории изменения себестоимости ракеты-носителя при изменении доли обученных сотрудников в течение года до оптимальной величины  $\gamma_{LT}^* = 0,566$ . Как следует из приведенного графика, величина себестоимости ракеты-носителя в первый месяц составляет  $k_{SIC}^P(t, \gamma_{LT}) = 18 \cdot 10^6$  д. ед./шт., при равномерном темпе обучения сотрудников до оптимальной величины  $\gamma_{LT}^* = 0,566$  в течение года, величина себестоимости ракеты-носителя принимает значение, равное  $k_{SIC}^P(t, \gamma_{LT}^*) = 17,34 \cdot 10^6$  д. ед./шт., т. е. снижение себестоимости ракеты-носителя равно разности величин  $\Delta k_{SIC}^P(t, \gamma_{LT}) = (k_{SIC}^P(t, \gamma_{LT}^*) - k_{SIC}^P(t, \gamma_{LT})) = (17,34 \cdot 10^6 - 18 \cdot 10^6) = -660 \cdot 10^3$



д. ед./шт. Таким образом, в результате повышения доли обученных сотрудников себестоимость одной ракеты-носителя снизилась на величину  $\Delta k_{SIC}^P(t, \gamma_{LT}) = -660 \cdot 10^3$  д. ед./шт.

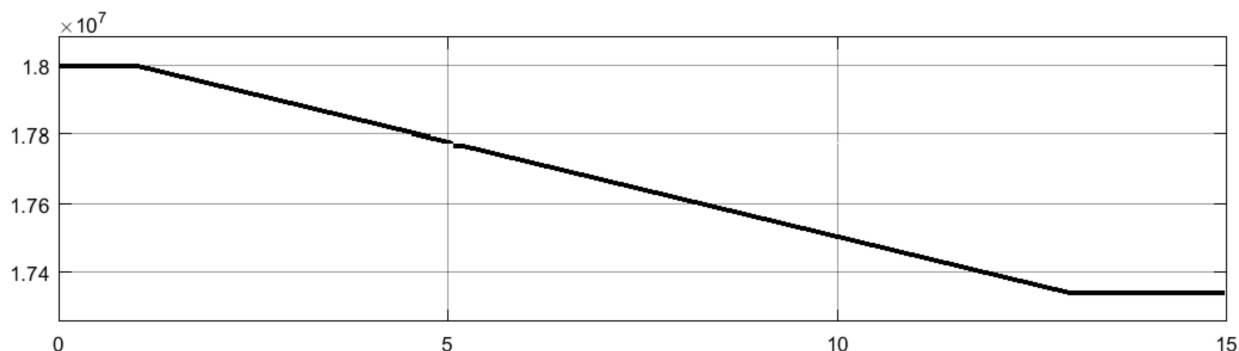


Рисунок 4 – График траектории изменения себестоимости ракеты-носителя при изменении доли обученных сотрудников в течение года до оптимальной величины  $\gamma_{LT}^* = 0,566$

Figure 4 – Graph of the trajectory of changes in the cost of the launch vehicle when the proportion of trained employees changes during the year to the optimal value  $\gamma_{LT}^* = 0.566$

Для оценки эффективности инвестиций в обучение персонала определим величину изменения заработной платы сотрудников. Из графика изменения величины заработной платы при изменении доли обученных сотрудников (рис. 3) следует, что величина темпа заработной платы при оптимальной величине  $\gamma_{LT}^* = 0,566$  равна  $v_{LCE}^P(t, \gamma_{LT}^*) = 21,050 \cdot 10^6$  д. ед./мес. В результате решения компьютерной имитационной модели формирования темпа прибыли предприятия с учетом инвестиций в обучение персонала (рис.1) на рис.5 представлен график траектории изменения величины темпа заработной платы при изменении доли обученных сотрудников в течение года до оптимальной величины  $\gamma_{LT}^* = 0,566$ . Как следует из приведенного графика, величина заработной платы в первый месяц составляет  $v_{LCE}^P(t, \gamma_{LT}) = 20,69 \cdot 10^6$  д. ед./мес., при равномерном темпе обучения сотрудников до оптимальной величины  $\gamma_{LT}^* = 0,566$  в течение года, величина темпа заработной платы принимает значение, равное  $v_{LCE}^P(t, \gamma_{LT}^*) = 21,050 \cdot 10^6$  д. ед./мес., т. е. увеличение величины заработной платы равно разности величин  $\Delta v_{LCE}^P(t, \gamma_{LT}) = (v_{LCE}^P(t, \gamma_{LT}^*) - v_{LCE}^P(t, \gamma_{LT})) = (21,050 \cdot 10^6 - 20,69 \cdot 10^6) = 360 \cdot 10^3$  д. ед./мес. Таким образом, в результате повышения доли обученных сотрудников величина темпа заработной платы увеличилась на величину  $\Delta v_{LCE}^P(t, \gamma_{LT}) = 360 \cdot 10^3$  д. ед./мес.

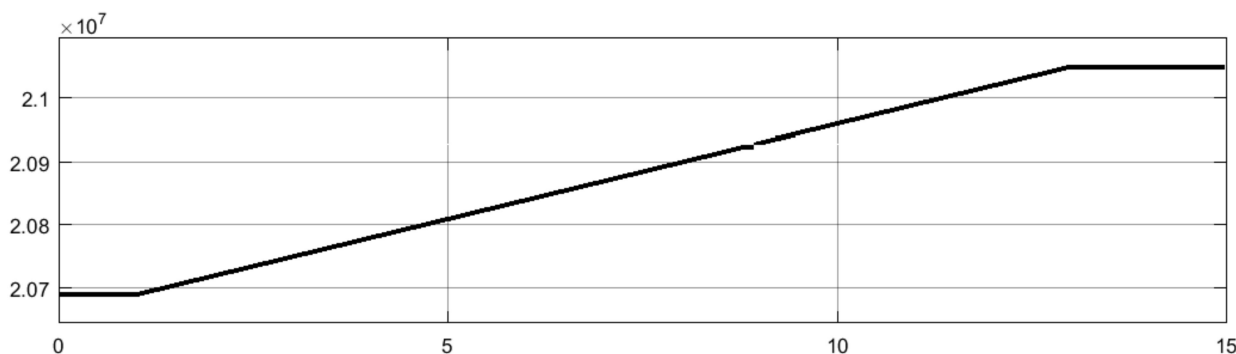


Рисунок 5 – График траектории изменения величины темпа заработной платы при изменении доли обученных сотрудников в течение года до оптимальной величины  $\gamma_{LT}^* = 0,566$

Figure 5 – Graph of the trajectory of the change in the rate of wages when the proportion of trained employees changes during the year to the optimal value  $\gamma_{LT}^* = 0.566$

Для оценки эффективности инвестиций в обучение персонала определим величину совокупного изменения прибыли до налогообложения  $\Delta v_{P_{BTR}}^P(t, \gamma_{LT})$ , с учетом повышения прибыли за счет снижения себестоимости ракеты-носителя, снижения прибыли за счет повышения заработной платы сотрудникам и величины инвестиций в повышение доли обученных сотрудников.

В результате решения компьютерной имитационной модели формирования темпа прибыли предприятия с учетом инвестиций в обучение персонала (рис. 1) на рис. 6 представлен график траектории измене-

ния величины темпа прибыли до налогообложения при изменении доли обученных сотрудников в течение года до оптимальной величины  $\gamma_{LT}^* = 0,566$ . Как следует из приведенного графика, величина темпа прибыли до налогообложения в первый месяц составляет  $v_{PBTR}^P(t) = 2,306 \cdot 10^6$  д. ед./мес., при равномерном темпе обучения сотрудников до оптимальной величины  $\gamma_{LT}^* = 0,566$  в течение года, величина темпа прибыли до налогообложения принимает значение, равное  $v_{PBTR}^P(t, \gamma_{LT}^*) = 3,183 \cdot 10^6$  д. ед./мес., т. е. увеличение величины темпа прибыли до налогообложения равно разности величин  $\Delta v_{PBTR}^P(t, \gamma_{LT}^*) = (v_{PBTR}^P(t, \gamma_{LT}^*) - v_{PBTR}^P(t, \gamma_{LT})) = (3,183 \cdot 10^6 - 2,306 \cdot 10^6) = 877 \cdot 10^3$  д. ед./мес. Таким образом, в результате повышения доли обученных сотрудников величина темпа прибыли до налогообложения увеличилась на величину  $\Delta v_{PBTR}^P(t, \gamma_{LT}^*) = 877 \cdot 10^3$  д. ед./мес.

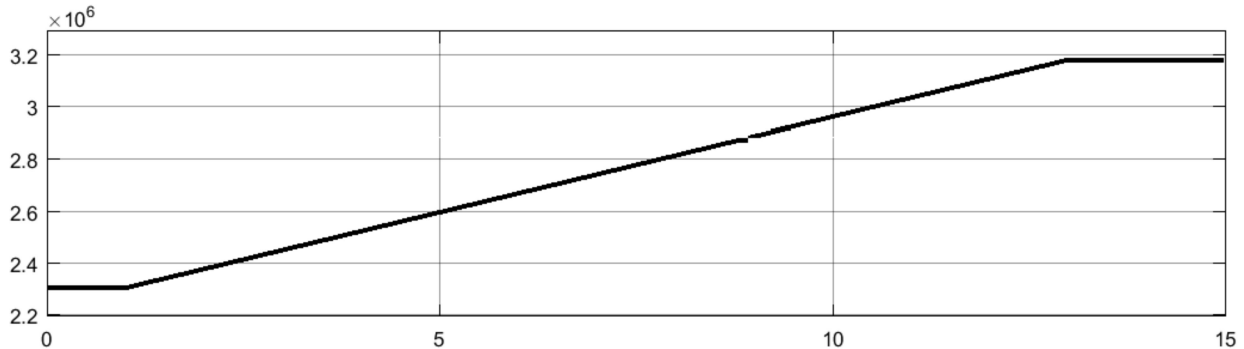


Рисунок 6 – График траектории изменения величины темпа прибыли при изменении доли обученных сотрудников в течение года до оптимальной величины  $\gamma_{LT}^* = 0,566$

Figure 6 – Graph of the trajectory of the change in the rate of profit when the proportion of trained employees changes during the year to the optimal value  $\gamma_{LT}^* = 0,566$

Сравнивая полученный эффект увеличения темпа прибыли до налогообложения  $\Delta v_{PBTR}^P(t, \gamma_{LT}^*) = (877 \cdot 10^3) \cdot 12$  мес.  $= 10,52 \cdot 10^6$  д. ед./год. с величиной инвестиций в повышение доли обученных сотрудников, равной  $u_{LT}(\gamma_{LT}^*) = 1 \cdot 10^6$  д. ед./год., заключаем, что на рубль инвестиций, вложенных в повышение доли обученных сотрудников до оптимальной величины  $\gamma_{LT}^* = 0,566$ , получено 10,52 д. ед. эффекта от увеличения прибыли, получаемой предприятием.

### Заключение

Разработана цифровая дискретная имитационная модель формирования прибыли; определен критерий качества трудовых ресурсов характеризующая величину уровня ресурсного потенциала. Сформирована дискретная модель задачи определения прибыли. Разработана дискретная математическая и цифровая модель формирования прибыли. Представлена оценка эффективности инвестиций в повышение уровня квалификации персонала.

### Библиографический список

1. Александровский Н.М., Егоров С.В., Кузин Р.Е. Адаптивные системы управления сложными технологическими процессами. Москва: НРЕ, 1973.
2. Ануфриев И.К., Бурков В.Н., Вилкова Н.И., Рапацкая С.Т. Модели и механизмы внутрифирменного управления. Москва: ИПУ РАН, 1994. 72 с.
3. Богатырев В.Д. Модели и механизмы согласованного взаимодействия в задачах антикризисного управления. Самара: СНЦ РАН, 2004. 284 с.
4. Бурков В.Н., Еналеев А.К., Новиков Д.А. Механизмы функционирования социально-экономических систем с сообщением информации // Автоматика и телемеханика. 1996. № 3. С. 3–26.
5. Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Кулик О.С., Новиков Д.А. Механизмы страхования в социально-экономических системах. Москва: ИПУ РАН, 2001. 109 с.
6. Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Леонтьев С.В., Новиков Д.А., Чернышев Р.А. Механизмы финансирования программ регионального развития. М.: ИПУ РАН, 2002. 52 с.
7. Бурков В.Н., Еналеев А.К., Новиков Д.А. Механизмы функционирования социально-экономических систем с сообщением информации // Автоматика и телемеханика. 1996. № 3. С. 3–26.

8. Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Кулик О.С., Новиков Д.А. Механизмы страхования в социально-экономических системах. Москва: ИПУ РАН, 2001. 109 с.
9. Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Леонтьев С.В., Новиков Д.А., Чернышев Р.А. Механизмы финансирования программ регионального развития. Москва: ИПУ РАН, 2002. 52 с.
10. Мунипов В.М., Зинченко В.П. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды: учебник для вузов. Москва: Логос, 2001. 356 с.
11. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. Москва: МЛСИ, 2005. 584 с.
12. Щелоков Д.А. Внутрифирменные механизмы бюджетного управления крупным промышленным комплексом по производству ресурсоемких изделий / Д.А. Щелоков, Д.Г. Гришанов, Г.М. Гришанов, С.А. Кирилина. Самара: Издательство СамНЦ РАН, 2009.
13. Щелоков Д.А. Модели формирования механизмов стимулирования и бюджетирования деятельности предприятий / Д.А. Щелоков, В.В. Альтергот, Д.Г. Белова, Д.Г. Гришанов. Самара: Издательство СамНЦ РАН, 2009.
14. Форрестер Дж. Мировая динамика: пер. с англ. / под ред. Д.М. Гвишиани, Н.Н. Моисеева. Москва: Наука, 1978. 168 с.
15. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (Индустриальная динамика): пер. с англ. / под ред. Д.М. Гвишиани. М.: Прогресс, 1971. 340 с.

## References

1. Alexandrovsky N.M., Egorov S.V., Kuzin R.E. Adaptive control systems for complex technological processes. Moscow: NRE, 1973. (In Russ.)
2. Anufriev I.K., Burkov V.N., Vilkoval N.I., Rapatskaya S.T. Models and mechanisms of intra-company management. Moscow: IPU RAS, 1994, 72 p. (In Russ.)
3. Bogatyrev V.D. Models and mechanisms of coordinated interaction in the tasks of crisis management. Samara: SNC RAS, 2004, 284 p. (In Russ.)
4. Burkov V.N., Enaleev A.K., Novikov D.A. Mechanisms of functioning of socio-economic systems with information communication. *Automation and telemekhanics*, 1996, no. 3, pp. 3–26. (In Russ.)
5. Burkov V.N., Zazhnev A.Yu., Kulik O.S., Novikov D.A. Insurance mechanisms in socio-economic systems. Moscow: IPU RAS, 2001, 109 p. (In Russ.)
6. Burkov V.N., Zazhnev A.Yu., Leontiev S.V., Novikov D.A., Chernyshev R.A. Mechanisms of financing regional development programs. Moscow: IPU RAS, 2002, 52 p. (In Russ.)
7. Burkov V.N., Enaleev A.K., Novikov D.A. Mechanisms of functioning of socio-economic systems with information communication. *Automation and telemekhanics*, 1996, no. 3, pp. 3–26. (In Russ.)
8. Burkov V.N., Zazhnev A.Yu., Kulik O.S., Novikov D.A. Insurance mechanisms in socio-economic systems. Moscow: IPU RAS, 2001, 109 p. (In Russ.)
9. Burkov V.N., Zazhnev A.Yu., Leontiev S.V., Novikov D.A., Chernyshev R.A. Mechanisms of financing regional development programs. Moscow: IPU RAS, 2002, 52 p. (In Russ.)
10. Munipov V.M., Zinchenko V.P. Ergonomics: human-oriented design of equipment, software and environment: textbook for universities. Moscow: Logos, 2001, 356 p. b
11. Novikov D.A. Theory of management of organizational systems. Moscow: MLSI, 2005, 584 p. (In Russ.)
12. Shchelokov D.A. Intra-company mechanisms of budget management of a large industrial complex for the production of resource-intensive products. D.A. Shchelokov, D.G. Grishanov, G.M. Grishanov, S.A. Kirilina. Samara: Publishing House of the Russian Academy of Sciences, 2009. (In Russ.)
13. Shchelokov D.A. Models of formation of mechanisms for stimulating and budgeting the activities of enterprises. D.A. Shchelokov, V.V. Altergot, D.G. Belova, D.G. Grishanov. Samara: Publishing House of the Russian Academy of Sciences, 2009. (In Russ.)
14. Forrester J. World dynamics: Trans. from English. Edited by D.M. Gvishiani, N.N. Moiseev. Moscow: Nauka, 1978, 168 p. (In Russ.)
15. Forrester J. Fundamentals of enterprise Cybernetics (Industrial Dynamics). Translated from English. Edited by D.M. Gvishiani. Moscow: Progress, 1971, 340 p. (In Russ.)