

## МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МУНИЦИПАЛЬНОГО РЫНКА ТРУДА

**С.А. Федосеев**, [fsa@gelicon.biz](mailto:fsa@gelicon.biz)

**Д.Л. Горбунов**, [call-of-monolit@yandex.ru](mailto:call-of-monolit@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3186-3680>

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
Пермь, Россия

**Аннотация.** Конъюнктура рынка труда как парадигма всех экономических процессов системы цивилизованного государства находится под пристальным вниманием современной науки. Анализ динамических процессов рынка труда в разрезе уровня квалификации субъектов всегда представляет научный интерес в силу того, что качество продукции напрямую зависит от уровня квалифицированности рабочей силы. Повышение эффективности кадровой политики работодателей требует разработки новых инструментов управления и прогнозирования динамических процессов рынка труда на макро- и микроуровнях. Рассматриваются три способа расчёта входных параметров для предложенной ранее системно-динамической модели замкнутой системы рынка труда с последующим применением данной модели с целью получения прогнозных значений моделируемых параметров. **Цель исследования:** проверка модели на адекватность путём получения результатов прогнозирования реально существующей системы рынка труда на основе каждой из трёх гипотез. **Материалы и методы.** Согласно концепции модели, субъекты рынка труда делятся на три категории в зависимости от величины спроса на их труд: субъекты высокой, низкой и средней квалификации. Модель позволяет рассчитать устойчивые значения количества субъектов каждого из трёх уровней квалификации на каждом предприятии рынка труда и среди безработных субъектов в зависимости от входных данных. Разработана методика присвоения начальных числовых значений каждому из моделируемых параметров, которая представляет собой три альтернативные гипотезы – три различных способа присвоения уровня квалификации каждому субъекту рынка труда. Каждая из трёх гипотез проверена путём внесения соответствующих входных значений в модель, построенную при помощи прикладного ПО AnyLogic. **Результаты.** Получены три альтернативных прогноза устойчивых значений долей субъектов на градообразующем предприятии и в каждом из перечисленных секторов рынка труда пос. Сырва Пермского края. Прогнозные значения моделируемых параметров подтверждают успешное прохождение моделью проверки на адекватность, а также допустимость применения каждого из трёх предложенных способов расчёта входных данных для данной модели.

**Ключевые слова:** системно-динамическая модель, муниципальный рынок труда, AnyLogic, расчёт входных данных, результаты прогноза

**Для цитирования:** Федосеев С.А., Горбунов Д.Л. Модель прогнозирования муниципального рынка труда // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2022. Т. 22, № 3. С. 163–171. DOI: 10.14529/ctcr220315

Brief report  
DOI: 10.14529/ctcr220315

## FORECASTING MODEL MUNICIPAL LABOR MARKET

**S.A. Fedoseev**, [fsa@gelicon.biz](mailto:fsa@gelicon.biz)

**D.L. Gorbunov**, [call-of-monolit@yandex.ru](mailto:call-of-monolit@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3186-3680>

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

**Abstract.** The paper considers applied application of the previously proposed system-dynamic model of the economic system consisting of a finite number of elements. **Aim.** according to the model conception, subjects of the labour market are divided into three categories depending on the value of demand for their

labor: subjects of high, low and medium qualification. **Materials and methods.** The model enables to calculate stable values of the number of subjects with all three qualification categories in each labour market enterprise and among unemployed subjects depending on the input data. A methodology has been developed to assign initial numerical values to each of the modelled parameters which presents three alternative ways of assigning qualifications to each labour market entity. The model has been tested with real data. Input parameters of the model are the labour market indicators of Sylva settlement of the Perm Region in 2021. **Results.** The modeled system is represented by the backbone enterprise, the sector of private enterprises, the sector of budgetary enterprises, the sector of shadow employment and unrecorded unemployment as well as the sector of registered unemployed. We have obtained three alternative forecasts for sustainable values of the shares of subjects with all three qualification categories in the backbone enterprise and in each of the listed sectors of the Sylva's labor market

**Keywords:** system-dynamic model, municipal labor market, AnyLogic, input data calculation, forecast results

**For citation:** Fedoseev S.A., Gorbunov D.L. Forecasting model municipal labor market. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics.* 2022;22(3): С. 163–171. (In Russ.) DOI: 10.14529/ctcr220315

## Введение

Конъюнктура рынка труда как парадигма всех экономических процессов цивилизованной страны непрерывно находится под пристальным вниманием современной науки. Качество продукции напрямую зависит от уровня квалифицированности рабочей силы, поэтому анализ динамических процессов рынка труда в разрезе уровня квалификации субъектов всегда представляет научный интерес.

К примеру, работа [1] посвящена описанию специфики рынка труда как сложной динамической системы. В работах [2, 3] рынок труда упоминается как подсистема российской экономики с анализом его влияния на параметры производственной функции. Подробный обзор проблемы текучести кадров на рынке труда осуществлён в работах [4, 5]. В работах [6, 7] исследуются математические закономерности текучести кадров на рынке труда – этот вопрос перекликается с настоящим исследованием. Также с настоящим исследованием перекликается теория коллективной текучести кадров, где анализируется соотношение количества ушедших работников с их качеством (квалификацией) [8].

В [9] представлена системно-динамическая модель прогнозирования квалификации кадрового состава промышленного предприятия. В данной работе рассматриваются три гипотезы подбора входных параметров для предложенной модели в зависимости от имеющихся данных о работниках предприятия. Проведенное в настоящей работе исследование на основе реальных данных муниципального рынка труда п. Сыльва Пермского края показывает, что модель позволяет в равной мере принимать каждую из гипотез не только на микроуровне [9–11], но и на макроуровне.

## 1. Системно-динамическая модель

Математическая модель динамики квалификации кадрового состава предприятия, состоящего из конечного числа источников спроса, представлена в [9, 12]. Согласно предложенной в [9, 12] концепции, субъекты рынка труда делятся на три квалификационных категории: специалисты высокой квалификации, в которых работодатель заинтересован в первую очередь; специалисты средней категории, потенциально имеющие возможность получить высокую категорию в данной области, но без гарантии реализации этой возможности; специалисты низкой категории, в которых работодатель не заинтересован.

Предлагаемое в [12] обобщение одномерной модели имеет вид  $3q$ -мерной системы нелинейных дифференциальных уравнений ( $q \in \mathbb{N}$ ):

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{\alpha}_i(t) = \frac{A - M \sum_{i=1}^q \alpha_i(t)}{N} (\gamma_i(t) + k_i \beta_i(t)); \\ \dot{\beta}_i(t) = \frac{B - M \sum_{i=1}^q \beta_i(t)}{N} (\gamma_i(t) + k_i \beta_i(t)) - k_i \beta_i(t); \\ \dot{\gamma}_i(t) = \frac{G - M \sum_{i=1}^q \gamma_i(t)}{N} (\gamma_i(t) + k_i \beta_i(t)) - \gamma_i(t). \end{array} \right. \quad (1)$$

Здесь  $q$  – количество источников спроса на труд (источников спроса);  $i = \overline{1, q}$ ;  $A$  – общее число специалистов высокой квалификации на рынке труда;  $B$  – общее число специалистов средней квалификации на рынке труда;  $G$  – общее число специалистов низкой квалификации на рынке труда;  $M$  – общее число рабочих мест на предприятии, которое считается равным количеству работников предприятия, исходя из предположения о том, что на предприятии незанятых рабочих мест нет [10, 11];  $N$  – общее число безработных на рынке труда;  $q$  – количество источников спроса предприятия;  $k_i$  – коэффициент селекции, а именно доля тех специалистов средней квалификационной категории, которые в каждый момент времени увольняются с  $i$ -го источника спроса предприятия [9];  $\alpha_i(t)$  – доля специалистов высокой категории  $i$ -го источника спроса среди всех трудоустроенных субъектов рынка труда;  $\beta_i(t)$  – доля специалистов средней категории  $i$ -го источника спроса среди всех трудоустроенных субъектов рынка труда;  $\gamma_i(t)$  – доля специалистов низкой категории  $i$ -го источника спроса среди всех трудоустроенных субъектов рынка труда. Отметим, что  $\alpha_i(t), \beta_i(t), \gamma_i(t)$  – неизвестные функции, тогда как  $A, B, G, M, N, q, k_i$  – целые положительные константы.

В настоящем исследовании в качестве  $i$ -х источников спроса будут рассмотрены: градообразующее предприятие, сектор бюджетных предприятий, сектор частных предприятий и теневая занятость (неучтённая безработица) рынка труда реально существующего муниципального образования. Таким образом, будет показано, что модель применима не только на микроэкономическом [9, 12], но и на макроэкономическом уровне.

### 1. Присвоение квалификационных категорий

Авторы предлагают три гипотезы, согласно которым каждому работнику предприятия, трудоустроенному или уволенному когда-либо, можно присвоить квалификационную категорию.

Во всех гипотезах высокую квалификацию предлагается присваивать всем работникам, чей стаж трудоустройства на данном предприятии не менее  $X$  лет, где  $X$  задаётся экспертно. Всем остальным работникам предприятия предлагается присваивать среднюю квалификацию, а вакантные места на предприятии предлагается считать условно занятыми субъектами низкой квалификации.

В свою очередь принципы присвоения квалификационной категории работникам, уволенным с предприятия, в предложенных авторами гипотезах отличаются.

Поскольку по условию субъекты высокой квалификации не могут быть уволены с предприятия, каждому из уволенных субъектов необходимо присвоить либо среднюю, либо низкую квалификацию. В первой гипотезе авторы предлагают относить уволенных с предприятия субъектов рынка труда к средней или низкой квалификации также в зависимости от количества лет, в течение которого бывший работник данного предприятия был здесь трудоустроен. Если субъект рынка труда проработал на предприятии до увольнения не менее  $Y$  лет ( $Y$  задаётся экспертно), ему следует присвоить среднюю квалификацию. Иначе уволенному работнику присваивается низкая квалификация. Назовём эту гипотезу «Гипотеза А»

Во второй гипотезе авторы предлагают присваивать уволенным с предприятия субъектам рынка труда к средней или низкой квалификационной категории в зависимости от причины увольнения, прописанной во внутренних документах предприятия. Если субъект рынка труда был уволен по соглашению сторон или вследствие сокращения штата, то ему присваивается

средняя квалификация. Субъектам рынка труда, уволенным по всем иным причинам, присваивается низкая квалификация. Назовём эту гипотезу «Гипотеза В».

В третьей гипотезе авторы предлагают присваивать всем уволенным с предприятия субъектам среднюю квалификацию, а вакантные места считать условно занятыми субъектами низкой квалификации, которые в данной гипотезе на рынке труда не рассматриваются в качестве источника предложения. Назовём эту гипотезу «Гипотеза С»

От того, какая гипотеза будет принята, зависит значение параметра  $k_i$  – коэффициента селекции  $i$ -го источника спроса предприятия. Остальные входные параметры неизменны во всех гипотезах.

Во всех гипотезах коэффициент селекции  $i$ -го источника спроса предприятия  $k_i$  вычисляется по следующей формуле

$$k_i = \frac{y_i^B}{M_i^B + y_i^B}, \quad (2)$$

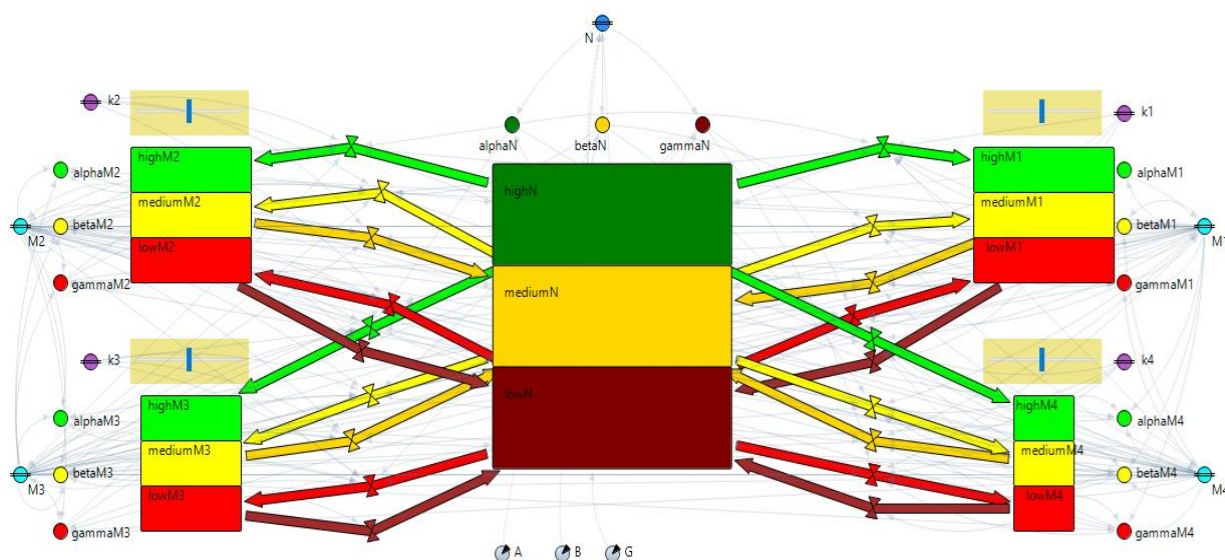
где  $M_i^B$  – количество всех работников  $i$ -го источника спроса, чей стаж на предприятии не превышает  $X$  лет (трудоустроенных работников средней категории);  $y_i^B$  – количество уволенных работников средней категории  $i$ -го источника спроса. Гипотезы отличаются способом присвоения значения параметру  $y_i^B$ .

Согласно гипотезе А,  $y_i^B$  – количество всех уволенных работников  $i$ -го источника спроса, проработавших до увольнения от  $Y$  лет и выше. Согласно гипотезе В,  $y_i^B$  – количество всех бывших работников  $i$ -го источника спроса, уволенных за период по соглашению сторон или вследствие сокращения штата. Согласно гипотезе С,  $y_i^B$  – количество всех уволенных работников  $i$ -го источника спроса за период.

В любом случае пользователь располагает достоверной информацией о количестве работников каждой квалификационной категории в каждом источнике спроса предприятия и имеет возможность получить прогноз динамики кадрового состава в зависимости от начальных значений входных параметров.

## 2. Численная реализация модели

В [12] показан ход решения системы (1), приведено точное аналитическое решение и найдены точки равновесия. В [9] показано, что система (1) представима в виде системно-динамической модели с помощью прикладного ПО AnyLogic (см. рисунок).



Вид модели в AnyLogic  
Model view in AnyLogic

Три массива по центру – множество соискателей вакантных должностей, источник предложения на рынке труда. Сверху вниз – соответственно массивы безработных субъектов высокой, средней и низкой квалификации. Четыре группы из трёх массивов по углам – четыре множества трудоустроенных субъектов, источники спроса на труд. В каждом из четырёх источников спроса сверху вниз – соответственно массивы субъектов высокой, средней и низкой квалификации. Сверху над каждым источником спроса – бегунок коэффициента селекции, с помощью которого можно управлять процессом прогнозирования.

Массивы безработных субъектов соединены каналами трудоустройства и увольнения с массивами трудоустроенных субъектов той же квалификации (массив безработных субъектов высокой квалификации соединён с массивом трудоустроенных субъектов высокой квалификации только каналом трудоустройства).

С помощью предложенной модели можно отслеживать динамику рынка труда исследуемой социально-экономической системы в заданном интервале времени и определять устойчивые решения.

### 3. Апробация модели на реальных данных

В качестве демонстрационного примера приведены результаты моделирования рынка труда посёлка Сылва Пермского края согласно статистическим данным и показателям за 2021 год [13–15].

Считается, что источниками спроса в данном случае являются: № 1 – градообразующее предприятие АО «Птицефабрика Пермская», № 2 – сектор бюджетных предприятий пос. Сылва, № 3 – сектор частных предприятий пос. Сылва и № 4 – неучтённые безработные и неформальный сектор пос. Сылва.

Количество субъектов источника спроса № 1 указано в [7]. Количество субъектов источников спроса № 2 и 3 задано согласно соотношению занятых в частном и бюджетном секторах по Пермскому краю [5]. Количество субъектов источника спроса № 4 представляет собой разность между численностями населения пос. Сылва в трудоспособном возрасте и суммой численностей трудоустроенного населения пос. Сылва, безработного населения и инвалидов этого посёлка в трудоспособном возрасте.

Константы В, G заданы согласно информации из [6] о количестве жителей пос. Сылва в разрезе уровня образования: значение константы В принято равным количеству субъектов в трудоспособном возрасте, умноженному на сумму долей жителей пос. Сылва с неполным высшим образованием, средним профессиональным образованием, образованием 11 и 9 классов – т. е. 73 % от численности жителей пос. Сылва в трудоспособном возрасте. Значение константы G принято равным количеству жителей пос. Сылва в трудоспособном возрасте, умноженному на долю жителей пос. Сылва с образованием менее 9 классов – т. е. 10 % от численности жителей посёлка в трудоспособном возрасте.

Коэффициенты селекции источников спроса № 2 и 3 приняты равными соответственно 0,35 и 0,5. Коэффициент селекции источника спроса № 4 равен 1, так как в источнике спроса № 4 поведение субъектов средней и низкой квалификационных категорий считается аналогичным поведению безработных субъектов.

Начальные значения каждого из массивов источников спроса № 2, 3, 4 заданы в отношении В : G.

Коэффициент селекции источника спроса № 1 будет рассчитан по каждой из трёх гипотез, а начальные значения каждого из массивов заданы согласно данным, полученным непосредственно с градообразующего предприятия.

Модель запускается с входными данными из [5] трижды: принимая значение  $k_1$  равным 0,28 согласно гипотезе А; принимая значение  $k_1$  равным 0,44 согласно гипотезе В и принимая значение  $k_1$  равным 0,36 согласно гипотезе С.

В таблице приведены входные и прогнозные значения каждого из параметров модели в зависимости от каждой из трёх гипотез.

В принципе модель позволяет прогнозировать значения показателей по годам, но в таблице приведены устойчивые значения показателей рынка труда, к которым система стремится асимптотически.

Перечень элементов модели и их значений  
List of model elements and their values

Элемент в системе (1)	Смысл элемента в системе рынка труда пос. Сырва	Входное значение	Прогноз (гип. А)	Прогноз (гип. В)	Прогноз (гип. С)
$k_1$	Коэффициент селекции градообразующего предприятия	Зависит от гипотезы	0,28	0,44	0,36
$\alpha_1(t)$	Доля трудоустроенных субъектов высшей категории на градообразующем предприятии	0,090	0,110	0,115	0,113
$\beta_1(t)$	Доля трудоустроенных субъектов средней категории на градообразующем предприятии	0,205	0,272	0,260	0,266
$\gamma_1(t)$	Доля трудоустроенных субъектов низкой категории на градообразующем предприятии	0,029	0,023	0,031	0,027
$k_2$	Коэффициент селекции сектора бюджетных предприятий	0,35	0,35	0,35	0,35
$\alpha_2(t)$	Доля трудоустроенных субъектов высшей категории в секторе бюджетных предприятий	0,022	0,030	0,030	0,030
$\beta_2(t)$	Доля трудоустроенных субъектов средней категории в секторе бюджетных предприятий	0,096	0,091	0,093	0,092
$\gamma_2(t)$	Доля трудоустроенных субъектов низкой категории в секторе бюджетных предприятий	0,013	0,009	0,007	0,008
$k_3$	Коэффициент селекции сектора частных предприятий	0,5	0,5	0,5	0,5
$\alpha_3(t)$	Доля трудоустроенных субъектов высшей категории на градообразующем предприятии	0,079	0,115	0,111	0,113
$\beta_3(t)$	Доля трудоустроенных субъектов средней категории в секторе частных предприятий	0,317	0,285	0,293	0,289
$\gamma_3(t)$	Доля трудоустроенных субъектов низкой категории в секторе частных предприятий	0,046	0,042	0,038	0,040
$k_4$	Коэффициент селекции теневой занятости и неучтённой безработицы	1	1	1	1
$\alpha_4(t)$	Доля субъектов высшей категории среди неучтённых безработных и теневых занятых	0,017	0,007	0,007	0,006
$\beta_4(t)$	Доля субъектов средней категории среди неучтённых безработных и теневых занятых	Зависит от гипотезы	0,012	0,013	0,013
$\gamma_4(t)$	Доля субъектов низкой категории среди неучтённых безработных и теневых занятых	Зависит от гипотезы	0,004	0,002	0,003

Отсюда следует, что, во-первых, кадровая политика градообразующего предприятия оказывает влияние на конъюнктуру рынка труда всего посёлка; во-вторых, что каждая из гипотез имеет право на существование, так как устойчивые значения показателей во всех трёх гипотезах кардинально не отличаются друг от друга (особенно с поправкой на концептуальные допущения),

в-третьих, сравнивая устойчивые значения показателей с динамикой их актуальных значений из [6], можно заметить, что в целом смоделированная ситуация на рынке труда пос. Сылва не противоречит логике реальной динамики рабочей силы – что лишний раз подтверждает адекватность предложенной модели.

### Заключение

Авторами рассмотрены три гипотезы подсчёта значений входных параметров для системно-динамической модели в зависимости от документированных числовых показателей. Показано, что модель позволяет в равной мере применять каждую из гипотез. Получены устойчивые показатели параметров конъюнктуры рынка труда реально существующего населённого пункта с градообразующим предприятием в зависимости от входных данных согласно каждой из трёх гипотез.

Модель применима как на макроуровне, так и на микроуровне, так как поддаётся интерпретации в качестве системы любого определённого во времени экономического агента, состоящего из конечного количества элементов: рынка труда, состоящего из конечного количества работодателей; промышленного предприятия, состоящего из конечного количества подразделений; вуза, состоящего из конечного количества факультетов и других подразделений.

### Список литературы

1. Рынок труда, занятость населения, экономика ресурсов для труда / под ред. А.И. Рофе. М.: МИК, 2007. 159 с.
2. Афанасьев А.А., Пономарева О.С. Производственная функция народного хозяйства России в 1990–2012 гг. // Экономика и математические методы. 2014. Т. 50, № 4. С. 21–33.
3. Иващенко С.М. Динамическая стохастическая модель общего экономического равновесия. URL: [https://eu.spb.ru/images/ec\\_dep/wp/ec-02\\_13.pdf](https://eu.spb.ru/images/ec_dep/wp/ec-02_13.pdf) (дата обращения: 25.07.2022).
4. Porter L., Steers R. Organizational, Work and Personal Factors in Turnover and Absenteeism // Psychological Bulletin. 1973. Vol. 80, no. 2. P. 151–176.
5. Review and Conceptual Analysis of the Employee Turnover Process / W. Mobley, R.W. Griffeth, H. Hand, B. Meglino // Psychological Bulletin. 1979. Vol. 86, no. 3. P. 493–522. DOI: 10.1037/0033-2909.86.3.493
6. Кадырова А.Р. Текучесть кадров: обзор проблемы. Ч. 1. Экономико-математические модели текучести высшего руководства // Проблемы управления. 2015. № 2. С. 2–12.
7. Кадырова А.Р. Текучесть кадров: обзор проблемы. Ч. 2. Экономико-математические модели текучести неруководящих сотрудников // Проблемы управления. 2015. № 3. С. 2–11.
8. Lewin J., Sager J. The influence of personal characteristics and coping strategies on salespersons' turnover intentions // Journal of Personal Selling & Sales Management. 2010. No. 4. P. 355–370. DOI: 10.2753/PSS0885-3134300405
9. Горбунов Д.Л., Федосеев С.А. Системно-динамическая модель прогнозирования квалификации кадрового состава промышленного предприятия // Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками. 2020. № 5. С. 66–69.
10. Gorbunov D.L. Modeling of a closed mono-branch labor market conditions // Вестник Пермского университета. Серия «Экономика». 2018. Т. 13, № 3. С. 357–371. DOI: 10.17072/1994-9960-2018-3-357-371
11. Горбунов Д.Л. Об одной системе нелинейных дифференциальных уравнений, интегрируемой в квадратурах // Прикладная математика и вопросы управления. 2018. № 2. С. 30–39. DOI: 10.15593/2499-9873/2018.2.02
12. Горбунов Д.Л., Федосеев С.А. Модель управления конъюнктурой рынка труда предприятия в виде интегрируемой в квадратурах системы нелинейных дифференциальных уравнений // Прикладная математика и вопросы управления. 2019. № 4. С. 90–101. DOI: 10.15593/2499-9873/2019.4.06
13. Обзор рынка труда Пермского края / П.Н. Алиева, П.М. Богомолова, Н. Емелина и др. М.: НИУ ВШЭ, 2020. 33 с.

14. Численность населения пос. Сылва Пермского района Пермского края. URL: <https://bdex.ru/naselenie/permskiy-kray/n/permskiy/sylva/> (дата обращения: 25.07.2022).

15. АО «Продо птицефабрика Пермская». URL: <https://заводы.рф/factory/prodo-pticefabrika-permskaya/> (дата обращения: 25.07.2022).

### References

1. Rofe A.I. (Ed.) *Rynok truda, zanyatost' naseleniya, ekonomika resursov dlya truda* [Labor market, employment of the population, economy of labor resources]. Moscow: MIK Publ.; 2007. 159 p. (In Russ.)

2. Afanasyev A.A., Ponomareva O.S. [The aggregate production function of the Russian economy in 1990–2012]. *Economics and mathematical methods*. 2014;50(4):21–33. (In Russ.)

3. Ivaschchenko S.M. *Dinamicheskaja stohasticheskaja model' obshhegojekonomicheskogo ravno-vesija s bankovskim sektorom I jendogennymi defoltami firm* [Dynamic stochastic model of general economic equilibrium with the banking sector and endogenous defaults of firms]. (In Russ.) Available at: [https://eusp.org/sites/default/files/archive/ec\\_dep/wp/Ec-02\\_13.pdf](https://eusp.org/sites/default/files/archive/ec_dep/wp/Ec-02_13.pdf) (accessed 25.07.2022).

4. Porter L., Steers R. Organizational, Work and Personal Factors in Turnover and Absenteeism. *Psychological Bulletin*. 1973;80(2):151–176.

5. Mobley W., Griffeth R.W., Hand H., Meglino B. Review and Conceptual Analysis of the Employee Turnover Process. *Psychological Bulletin*. 1979;86(3):493–522. DOI: 10.1037/0033-2909.86.3.493

6. Kadyrova A.R. [Staff turnover: an overview of the problem. Part 1. Economic and mathematical models of senior management turnover]. *Control sciences*. 2015;(2):2–12. (In Russ.)

7. Kadyrova A.R. [Staff turnover: an overview of the problem. Part 2. Economic and mathematical models of turnover of non-managerial employees]. *Control sciences*. 2015;(3):2–11. (In Russ.)

8. Lewin J., Sager J. The influence of personal characteristics and coping strategies on salespersons' turnover intentions. *Journal of Personal Selling & Sales Management*. 2010;(4):355–370. DOI: 10.2753/PSS0885-3134300405

9. Gorbunov D.L., Fedoseev S.A. [System-dynamic model for forecasting the qualifications of the staff of an industrial enterprise]. *Mathematical and computer modeling in economics, insurance and risk management*. 2020;(5):66–69. (In Russ.)

10. Gorbunov D.L. Modeling of a closed mono-branch labor market conditions. *Vestnik Permskogo universiteta. Seria Ekonomika = Perm University Herald*. Economy.2018;13(3):357–371. DOI: 10.17072/1994-9960-2018-3-357-371

11. Gorbunov D. L. [On a system of nonlinear differential equations integrable in quadratures]. *Applied Mathematics And Management Issues*, 2018, no. 2, pp. 30 – 39, (In Russ.) doi: 10.15593/2499-9873/2018.2.02

12. Gorbunov D.L., Fedoseev S.A. [The model of control labor market conditions company as a integrability in quadratures system of nonlinear differencial equations]. *Applied Mathematics and Management Issues*. 2019;(4):90–101. (In Russ.) DOI: 10.15593/2499-9873/2019.4.06

13. Alieva P.N., Bogomolova P.M., Emelina N, Zarubaeva A.K., Hodzhaeva A.P. [Overview of the Perm Krai labor market]. Moscow: National Research University Higher School of Economics Publ.; 2020. 33 p. (In Russ.)

14. *Chislennost' naseleniya pos. Sylva Permskogo rayona Permskogo kraya* [The population of the village. Sylva of Permsky district of Perm Krai]. (In Russ.) Available at: <https://bdex.ru/naselenie/permskiy-kray/n/permskiy/sylva/> (accessed 25.07.2022)

15. АО “Продо птицефабрика Пермская” [JSC “Продо Птицефабрика Пермская”]. (In Russ.) Available at: <https://заводы.рф/factory/prodo-pticefabrika-permskaya/> (accessed 25.07.2022).



***Информация об авторах***

**Федосеев Сергей Анатольевич**, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры вычислительной математики, механики и биомеханики, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия; fsa@gelicon.biz.

**Горбунов Даниил Львович**, аспирант кафедры вычислительной математики, механики и биомеханики, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия; call-of-monolit@yandex.ru.

***Information about the authors***

**Sergey A. Fedoseev**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Prof. of the Computational Mathematics, Mechanics and Biomechanics Department, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia; fsa@gelicon.biz.

**Daniil L. Gorbunov**, Postgraduate Student of the Computational Mathematics, Mechanics and Biomechanics Department, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia; call-of-monolit@yandex.ru.

***Статья поступила в редакцию 27.06.2022***

***The article was submitted 27.06.2022***