

УДК 331.5

<http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-4-411-429>

Математическая обработка данных выборочных обследований для формирования и прогнозирования половозрастной численности занятых

Евгений Александрович Питухин¹, Валерий Алексеевич Гуртов², Инна Владимировна Родион³✉

^{1,2,3} Центр бюджетного мониторинга Петрозаводского государственного университета, Петрозаводск, Россия

¹ eugene@petrsu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7021-2995>

² vgurt@petrsu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2442-7389>

³ irodion@petrsu.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-6243-4010>

Аннотация

Цель. Разработка методов расчета половозрастной численности занятых среди населения региона по ежегодным возрастным категориям, базирующихся на показателях выборочного обследования рабочей силы.

Задачи. Провести анализ доступных в федеральной и ведомственной статистике исходных данных о численности занятых среди постоянного населения по однолетним и десятилетним возрастным категориям; разработать и апробировать методы получения профиля занятых в разрезе однолетних половозрастных категорий на основе масштабирования профиля занятости работников и на основе сглаживания показателей выборочного обследования рабочей силы; оценить возможности результатов моделирования половозрастной численности занятых в аспекте однолетних половозрастных категорий двумя методами (масштабированием и сглаживанием) для расчета общей и замещающей кадровой потребности.

Методология. Использованы метод масштабирования профиля численности работников и метод сглаживания микроданных выборочного обследования рабочей силы.

Результаты. Авторами разработаны два метода восстановления показателей ежегодной численности занятых с учетом половозрастной структуры из показателей выборочного обследования рабочей силы. Применительно к Республике Карелия рассчитана численность занятых по ежегодным возрастным категориям с помощью методов масштабирования и сглаживания. Проведено сравнение результатов расчета численности занятых по ежегодным возрастным категориям с использованием разных методов. Рассчитаны численность выбывших занятых и коэффициент выбытия.

Выводы. Восстановленные показатели половозрастного профиля занятых в разрезе однолетних возрастных категорий позволили получить характеристики рабочей силы с распределением по полу и возрасту, а также отследить динамику изменения численности занятых в различных возрастных когортах. Использование восстановленных показателей численности занятых в аспекте однолетних возрастных категорий не позволяет корректно рассчитать численность оттока занятых в старших возрастах и тем самым определить коэффициенты естественно-возрастного выбытия. В связи с этим необходимо доработать математическую модель восстановления показателей численности занятых в аспекте однолетних возрастных категорий.

Ключевые слова: математическое моделирование, численность занятых, кадровая потребность, рынок труда, естественно-возрастное выбытие

Для цитирования: Питухин Е. А., Гуртов В. А., Родион И. В. Математическая обработка данных выборочных обследований для формирования и прогнозирования половозрастной численности занятых // Экономика и управление. 2025. Т. 31. № 4. С. 411–429. <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-4-411-429>

© Питухин Е. А., Гуртов В. А., Родион И. В., 2025

Благодарности: статья подготовлена при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках научного проекта № 25-28-00019 «Интегральное исследование социально-культурной динамики коренного населения Карелии: стратегия благоприятного социального климата в мультикультурном обществе».

Mathematical processing of sampling inquiry data to form and forecast the age and gender number of employed people

Evgenij A. Pituhin¹, Valerij A. Gurtov², Inna V. Rodion³✉

^{1,2,3} Budget monitoring center of Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

¹ eugene@petrsu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7021-2995>

² vgurt@petrsu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2442-7389>

³ irodion@petrsu.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-6243-4010>

Abstract

Aim. The work aimed to develop the methods for calculating the age and gender number of employed people among the region's population by annual age categories based on the indicators of sampling inquiry of the labor force.

Objectives. The work seeks to analyze the initial data on the number of employed people among the permanent population by one-year and ten-year age categories, available in federal and departmental statistics; to develop and test methods for obtaining a profile of employed people in terms of one-year age and gender categories based on scaling the employment profile of workers and based on smoothing the indicators of a sampling inquiry of the labor force; to evaluate the capabilities of the results of modeling the age and gender number of employed people in terms of one-year age and gender categories using two methods (scaling and smoothing) to calculate the total and replacement staffing requirements.

Methods. The study employed the method of scaling the profile of the number of employees and the method of smoothing the microdata of sampling inquiry of the labor force.

Results. The authors developed two methods for reconstructing the annual number of employed people taking into account the age and gender structure based on the indicators of sampling inquiry of the labor force. For the Republic of Karelia, the number of employed people by annual age categories was calculated using scaling and smoothing methods. The results of calculating the number of employed people by annual age categories were compared using different methods. The number of retired employees and the attrition rate were calculated.

Conclusions. The reconstructed indicators of the age and gender profile of employed people in terms of annual age categories were used to obtain the characteristics of the workforce with distribution by gender and age, as well as to track the dynamics of changes in the number of employed people in different age cohorts. The reconstructed indicators of the number of employed people in terms of annual age categories cannot be used to calculate correctly the outflow of employed people in older age categories and thereby determine the natural age attrition rates. In this regard, it is required to refine the mathematical model for reconstructing the indicators of the number of employed people in terms of annual age categories.

Keywords: *mathematical modeling, number of employed people, recruitment needs, labor market, natural age-related attrition*

For citation: Pitukhin E.A., Gurtov V.A., Rodion I.V. Mathematical processing of sampling inquiry data to form and forecast the age and gender number of employed people. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2025;31(4):411-429. (In Russ.). <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-4-411-429>

Acknowledgements: The article was prepared with the financial support of the Russian Science Foundation within the framework of scientific project No. 25-28-00019 "Integrated study of the socio-cultural dynamics of the indigenous population of Karelia: a strategy for a favorable climate in a multicultural society".

Введение

Дефицит трудовых ресурсов является актуальной проблемой, которая остается предметом дискуссий в российском научном сообще-

стве на протяжении последних нескольких десятилетий. На государственном уровне также регулярно обсуждают механизмы решения этой проблемы. Однако на сегодняшний день она не исчезла, а лишь вошла в очеред-

ную фазу обострения, что создает риски для устойчивого экономического роста России [1]. С целью сохранения кадрового суверенитета отечественной экономики с 2025 г. в России реализуется национальный проект «Кадры». Его ключевое мероприятие — формирование и ежегодная актуализация прогноза потребности отраслей экономики в кадрах на пятилетний период [2].

Прогноз кадровой потребности экономики служит механизмом для адаптации системы подготовки кадров к реальным запросам рынка труда, что особенно является значимым в условиях ограниченности трудовых ресурсов, определенной сложившейся демографической базой. Основная часть кадровой потребности обусловлена выбытием (оттоком) занятых с рынка труда по различным естественно-возрастным причинам, что предполагает количественную оценку доли этого оттока.

Методологические подходы к формированию ежегодной дополнительной кадровой потребности экономики, получившие развитие еще в начале 2000-х гг., постоянно совершенствуются. Так, еще в трудах 2005–2007 гг. авторы настоящей статьи оценивали ежегодную долю оттока занятых с рынка труда на уровне около 4 % от общей численности занятых, в среднем по отраслям экономики [3]. Этот показатель характеризовал естественно-возрастное выбытие занятого населения с учетом средней для экономики продолжительности трудовой деятельности занятых (25 лет), что составляло основу формирования ежегодной дополнительной кадровой потребности.

Работы, опубликованные позднее, внесли уточнения относительно того, что ежегодная дополнительная потребность состоит из трех составляющих: слагаемого на компенсацию естественно-возрастного выбытия; слагаемого на обеспечение роста или спада численности занятых по отраслям экономики; слагаемого для обеспечения инвестиционных проектов новыми рабочими местами [4]. Доля выбывших работников с рынка труда в модели зависит от отрасли экономики, а также от возрастной структуры работников и занятых, трудившихся в этой отрасли. В зависимости от структуры экономики региона и его отраслевой специфики, оценки доля оттока занятых стала переменной в диапазоне от 2,75 до 5,54 %.

Данная интервальная оценка показывает величину усредненного оттока занятых по всем возрастным категориям в экономи-

чески активном возрасте от 15 до 72 лет. Очевидно, что такой отток не может быть распределен равномерно по возрастам ввиду естественно-возрастных причин, и доля оттока из занятых в молодом возрасте значительно меньше оттока из занятых старшего и пожилого возраста. Следовательно, для формирования более точных показателей потребности в кадрах требуется уточняющая детализированная информация о половозрастной структуре занятых по однолетним возрастным категориям, а также о динамике ее ежегодных изменений с целью достоверной оценки доли оттока занятых. Актуальность исследования этих показателей также подтверждается процессом реализации пенсионной реформы, влиянием пандемии COVID-19, переориентацией экономики в 2022 г., иными факторами воздействия, вызывающими структурные изменения в составе занятого населения.

Формирование половозрастной структуры занятых позволит в динамике моделировать прогнозную численность занятого населения в половозрастном разрезе, оценивать долю оттока занятого населения и рассчитать на этой основе уточненные прогнозные показатели ежегодной дополнительной кадровой потребности экономики на среднесрочном и долгосрочном горизонтах прогнозирования.

В связи с изложенным, целью данного исследования является разработка методов расчета половозрастной численности занятого населения региона по ежегодным возрастным категориям, базирующихся на доступных статистических показателях выборочного обследования рабочей силы.

Обзор литературы

Тематика занятости населения активно исследована в трудах российских и зарубежных ученых, работы которых условно можно разделить на три направления. Первое направление связано с использованием методов статистического анализа данных для исследования проблематики занятости на региональных рынках труда. На базе данных официальной статистики авторы оценивают динамику численности занятого населения в конкретном регионе и предпринимают попытки выявить ключевые факторы, способствующие структурным изменениям в исследуемом временном периоде [5; 6; 7; 8]. К этому направлению можно отнести публикации зарубежных

ученых, использующих метод статистического анализа данных для исследования взаимосвязи между уровнями занятости и безработицы среди населения трудоспособного возраста [9], соотношения занятости и численности постоянного населения [10], влияния иммиграции на показатели занятости населения [11].

Ко второму направлению относятся публикации, связанные с использованием методов математического моделирования численности занятых на рынке труда с учетом возрастных когорт. Важное место в анализе занятости на российском рынке труда занимает фундаментальная монография под редакцией В. Е. Гимпельсона и Р. И. Капелюшниковой [12], в которой рассмотрена эволюция предложения труда в России сквозь призму динамики структуры рабочей силы по возрасту и уровню образования. Активную деятельность по использованию методов математического моделирования продолжают ученые Института комплексного анализа региональных проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук (РАН). Ими разработаны две модели: построенная по принципам базового моделирования в экономофизике нелинейная модель и агент-ориентированная модель трехотраслевой экономики, учитывающая различные стратегии экономических агентов [13; 14; 15]. Агентное моделирование находит отражение также в работах ряда исследователей, представителей Центрального экономико-математического института РАН и Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова. Они проанализировали социально-экономические последствия миграции на основе модели взаимодействия мигрантов с коренными жителями [16]. В связи с новым пенсионным законодательством, которое смещает границы пенсионного возраста и, как следствие, затрудняет традиционное прогнозирование численности занятых по пятилетним возрастным категориям, эксперт Института народнохозяйственного прогнозирования РАН С. Г. Кузнецов предложил методические подходы к прогнозированию рабочей силы и занятости лиц предпенсионного возраста [17]. Д. Бержинскене-Юозайнене с учетом перехода экономики Литвы в конце XX — начале XXI в. от плановой к рыночной, а также с включением страны в международную экономическую систему предпринял попытки усовершенствовать модели оценки занятости населения и раз-

работал модель анализа комплексного макроэкономического показателя [18].

Третье направление включает в себя научные публикации, в которых речь идет о применении разработанных математических моделей, позволяющих проводить прогнозистическое моделирование численности занятых с учетом значений коэффициентов моделей, определенных в ретроспективном периоде. В обзорной статье В. А. Гуртова и Е. А. Питухина рассмотрены методы прогнозирования численности занятого населения по отраслям экономики на среднесрочном и долгосрочном горизонтах, а также представлены математические модели, позволяющие реализовать эти методы [19]. Для оценки изменения среднегодовой численности занятых в региональной экономике Ямало-Ненецкого автономного округа А. В. Кутышкин предпринял попытки применить эконометрические модели и модели системной динамики [20].

В публикациях указанных выше авторов при проведении анализа и моделирования представлены укрупненные возрастные категории занятости (от 5 до 10 лет). Отсутствие показателей занятого в экономике населения по ежегодным возрастным категориям не позволяет в полной мере использовать результаты для прогнозирования численности занятого населения. Восполнение этого пробела послужило целью настоящей статьи. Для ее достижения необходимо решить ряд задач:

1. Провести анализ доступных в федеральной и ведомственной статистике исходных данных о численности занятых из постоянного населения по однолетним и десятилетним возрастным категориям.
2. Разработать и апробировать методы получения профиля занятых в аспекте однолетних половозрастных категорий на основе масштабирования профиля занятости работников и на основе сглаживания показателей выборочного обследования рабочей силы.
3. Оценить возможности результатов моделирования половозрастной численности занятых в аспекте однолетних половозрастных категорий двумя методами (масштабированием и сглаживанием) для расчета общей и замещающей кадровой потребности.

Материалы и методы

Для более точного прогнозирования ежегодной дополнительной кадровой потребности необходимо располагать информацией о при-

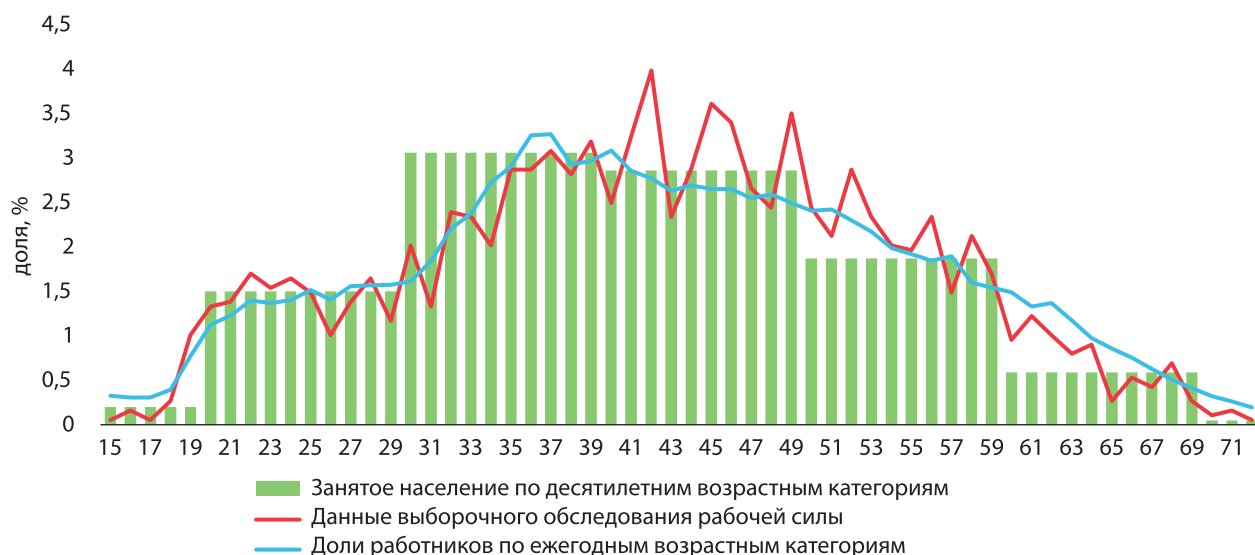


Рис. 1. Пример доступных в федеральной статистике исходных данных о занятых в Республике Карелия по однолетним и десятилетним возрастным категориям (мужчины), 2023 г.

Fig. 1. An example of the initial data available in federal statistics on employed people in the Republic of Karelia by one-year and ten-year age categories (men), 2023

Источник: составлено авторами на основе данных Федеральной службы государственной статистики.

тока и оттока численности занятых в экономике из постоянного населения в аспекте однолетних половозрастных категорий. Отсюда возникает проблема оценки численности занятых в экономике по полу и возрасту.

Выбор объекта исследования — Республики Карелия — обусловлен следующими факторами. С одной стороны, статусом приграничного региона, имеющего стратегическое значение; с другой — территорией устойчивого оттока населения с увеличивающейся долей жителей в возрасте старше трудоспособного [21]. В структуре занятых Республики Карелия доминирует постоянное население, масштабы использования труда внешних трудовых мигрантов не получили широкого распространения и не влияют на половозрастной состав занятых. Кроме того, территории региона имеют статус районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей, в которых действуют льготные пенсионные режимы, определяющие особенности занятости граждан старшего возраста.

Сложность проблемы состоит в том, что половозрастное распределение занятых по однолетним возрастным категориям не представлено в статистике. В федеральной статистике относительно субъектов Российской Федерации (РФ) отражены лишь данные выборочного обследования рабочей силы из состава постоянного населения региона по однолетним возрастным категориям [22]

и агрегированные данные о занятых в аспекте укрупненных пяти- или десятилетних возрастных категорий [23]. Применительно к субъектам РФ объемы выборочного обследования, например для мужчин Республики Карелия, составляют 1 887 человек. Агрегирование данных на совокупность занятых мужчин — 123 557 человек. С учетом весовой структуры выборочного обследования из-за ограниченности объема выборки это позволяет представить результат численности занятых только в укрупненных групповых категориях, а не в однолетних.

По ряду субъектов РФ существует ведомственная статистика, которая представляет информацию о работниках по однолетним возрастным категориям, сформированную на базе отчислений работодателями взносов в Социальный фонд России.

На рисунках 1 и 2 представлены в качестве примера доступные в статистике исходные данные о занятых и работниках по однолетним возрастным категориям в Республике Карелия.

Для прогнозирования половозрастной структуры занятых и ежегодной дополнительной кадровой потребности региональной экономики среди этих первичных данных необходимо получить численность занятых из состава постоянного населения региона по ежегодным возрастным категориям. В связи с этим возникают задача

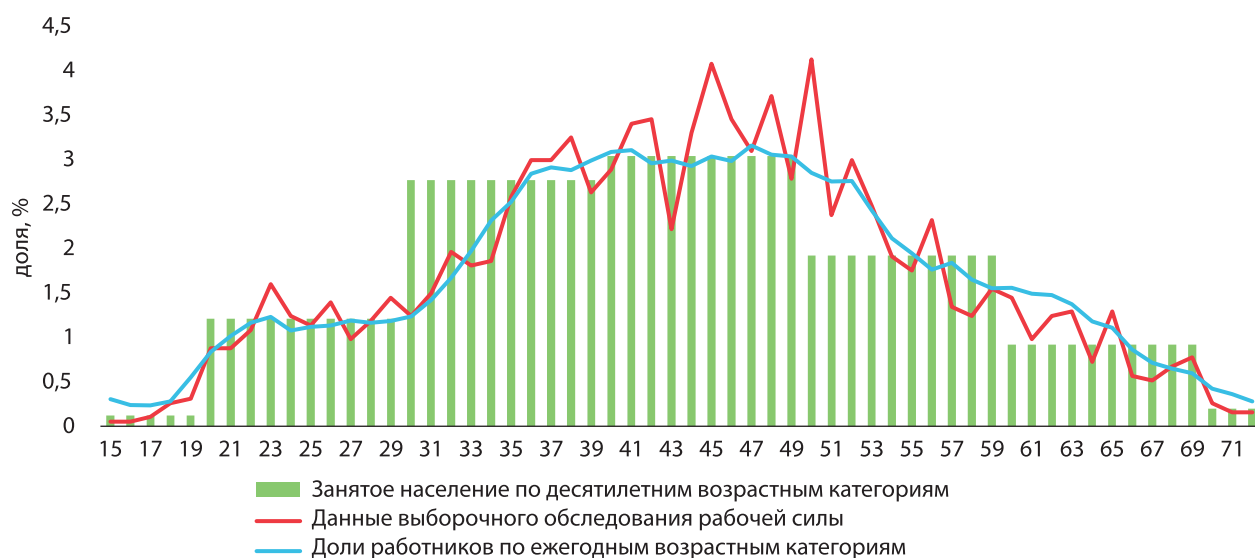


Рис. 2. Пример доступных в федеральной статистике исходных данных о занятых в Республике Карелия по однолетним и десятилетним возрастным категориям (женщины), 2023 г.
Fig. 2. An example of the initial data available in federal statistics on employed people in the Republic of Karelia by one-year and ten-year age categories (women), 2023

Источник: составлено авторами на основе данных Федеральной службы государственной статистики.

восстановления профиля занятых в разрезе однолетних половозрастных категорий на ретроспективных данных выборочного обследования и задача создания модели такого профиля занятых для прогнозных расчетов.

Первый шаг в решении указанных задач — масштабирование выборочных результатов опроса на численность занятых из постоянного населения. Для этого показатель «численность» мужчин и женщин соответствующего возраста умножается на показатель «вес респондента годовой» соответствующего возраста. В результате получаем взвешенную численность мужчин и женщин соответствующего возраста по десятилетним возрастным категориям.

В настоящей статье исследованы два различных метода получения профиля занятых в аспекте однолетних половозрастных категорий. Первый — на основе масштабирования профиля занятости работников, второй — на основе сглаживания микро-данных опросов занятых.

Восстановление профиля численности занятых путем масштабирования профиля численности работников

В методе масштабирования отправной точкой для поиска профиля численности занятых служит использование половозрастного профиля работников в аспекте однолетних половозрастных категорий. Такой информа-

цией располагают налоговые органы в рамках наблюдения за финансовыми отчислениями, которые предоставляют работодатели относительно работников. Концептуальной является идея о том, что для каждого занятого любого возраста и пола существует масштабирующий коэффициент, который переводит количество работников этого возраста и пола в количество занятых соответствующего возраста и пола. В итоге можно найти масштабирующую функцию от возраста, которая переводит численность работников в численность занятых в аспекте однолетних половозрастных категорий.

Возникают нетривиальные вопросы о том, как получить такую функцию и каким ограничениям она должна удовлетворять. Первым и самым простым вариантом задания масштабирующей функции представляется использование функции кусочно-постоянного вида. Такой выбор обоснован тем, что в официальной статистике содержится информация о численности занятых в групповых пяти- или десятилетних возрастных категориях, в диапазоне от 15 до 72 лет. Последующее деление численности занятых на численность постоянного населения формирует оценку уровня занятости в соответствующей групповой возрастной категории. Далее принимаем допущение о том, что каждая однолетняя возрастная категория, относящаяся к групповой, имеет такой же уровень занятости, что и групповая.

В результате вычисляем значения масштабированной функции кусочно-постоянного вида для однолетних половозрастных категорий. Ее назначение — осуществить переход от численности работников к численности занятых по однолетним половозрастным категориям.

Реализация алгоритма оценки численности занятых по однолетним половозрастным категориям на основе масштабирования профиля численности работников включает в себя ряд шагов.

1. Вычисляем суммарную численность работников в таких же групповых половозрастных категориях, по которым известна суммарная численность занятых.

2. Для каждой групповой категории рассчитываем коэффициент масштаба, равный отношению суммарной численности занятых к суммарной численности работников соответствующей половозрастной категории.

3. Коэффициенты масштаба для однолетних половозрастных категорий принимаем равными коэффициенту масштаба групповой возрастной категории, в которую входят однолетние.

4. Первый вариант оценки численности занятых по однолетним половозрастным категориям получаем путем умножения численности работников по однолетним половозрастным категориям на полученную масштабированную функцию.

Обратим внимание на то, что масштабированная функция может быть подобным образом использована и для перехода от уровня занятости работников к уровню занятости занятых, поскольку уровни занятости по возрастным категориям рассчитывают как частное от деления численности занятых или численности работников на одну и ту же величину, то есть на численность постоянного населения в соответствующей возрастной категории.

Восстановление профиля численности занятых путем сглаживания микроданных опросов занятых

Методом сглаживания получения профиля занятых в аспекте однолетних половозрастных категорий служит сглаживание микроданных опросов занятых. Микроданные, полученные на базе выборочных обследований рабочей силы по регионам РФ, представлены на сайте Росстата [24]. Сбор данных проводился по специальной методологии проведения выборочного обследования рабочей силы [25]. Микроданные отбирали во множественных аспектах, включая год, регион места

проживания, пол, возраст и др. Для целей настоящего исследования использованы показатели с учетом гендерного статуса: возраст, численность, вес респондента годовой.

Реализация алгоритма оценки численности занятых по однолетним половозрастным категориям на основе сглаживания микроданных опросов рабочей силы включает в себя несколько шагов.

1. Выборка микроданных.

Формирование сводной таблицы агрегированных данных из исходного Excel-файла. Суммируем выборочную численность занятых субъекта РФ отдельно по признакам «пол» и «возраст», для каждого года пятилетнего сбора данных (с 2019 по 2023 г.).

2. Масштабирование микроданных.

Для построения профиля общей численности занятых необходимо провести масштабирование выборочных результатов опроса на численность занятых из постоянного населения. Для этого показатель «численность» мужчин и женщин соответствующего возраста умножаем на показатель «вес респондента годовой» соответствующего возраста. В результате получаем взвешенную численность мужчин и женщин соответствующего возраста.

3. Задание параметров сглаживания.

Использовать для дальнейших расчетов полученную численность занятых затруднительно ввиду «скачкообразности». В действительности данные о занятости населения далеки от таких необоснованных и резких флуктуаций. Для приведения «скачкообразного» вида зависимости по ежегодным возрастным категориям к более «монотонному» виду, пригодному для дальнейшего анализа и обработки, необходимо использовать сглаживание данных [26]. Это проводится следующим образом:

3.1. Выбор критерия сглаживания. При выборе этих методов желательно иметь критерий, на который можно было бы ориентироваться при сглаживании, чтобы не сгладить слишком много или слишком мало. Таким критерием может служить соответствие размера флуктуаций графика половозрастной численности занятых размеру флуктуаций некоторого эталонного графика.

3.2. Выбор эталонного графика. В нашем случае сглаживаемый график — численность занятого населения по ежегодным возрастным категориям, а эталонный график — численность работников по ежегодным возрастным категориям. Численность

работников также содержит «скачки», которые объективно отражают фактические данные о возрастной структуре. Эти данные достоверны, поскольку базируются на численности застрахованных лиц, по которым работодателями начислены страховые взносы на страховую часть трудовой пенсии.

3.3. Выбор показателей оценки «скачкообразности». В качестве субъективного критерия может выступать визуальное представление о степени одинаковости флуктуаций двух графиков. Более корректным будет выбор объективного критерия в виде некоего статистического показателя, который бы измерял степень флуктуаций ряда и функционально зависел от его значений. В качестве показателя изменчивости сигнала вводим понятие коэффициент «флуктуации».

4. Реализация процедуры сглаживания.

4.1. Вычисляем исходное значение коэффициента «флуктуации» для исходного ряда половозрастной численности занятых.

4.2. Вычисляем критическое значение коэффициента «флуктуации» для эталонного ряда половозрастной численности работников.

4.3. Выбираем метод сглаживания. Для сглаживания сильной зависимости можно использовать методы одинарного и двойного сглаживания с центрированным скользящим средним, с окном три года (МА_3, DMA_3) и окном пять лет (МА_5, DMA_5).

4.4. Проводим сглаживание ряда численности занятых выбранным в п. 4.3 методом.

4.5. Вычисляем текущее значение коэффициента «флуктуации» для сглаженного ряда.

4.6. Если текущее значение сравнялось с критическим, то сглаживание прекращаем, иначе возврат к п. 4.3.

Расчет коэффициента «флуктуации» производится по следующему алгоритму.

Пусть существует ряд $a_1, a_2, \dots, a_n$, $n \in N$, $i = 2..n$, $a_i > 0$, $n > 3$. Вычислим на его основе ряда p_i следующим образом:

$$\begin{aligned} p_1 &= 0 \\ p_2 &= \frac{|\tilde{a}_2 - a_2|}{\tilde{a}_2}, \quad \tilde{a}_2 = \frac{a_1 + a_3}{2} \\ p_3 &= \frac{|\tilde{a}_3 - a_3|}{\tilde{a}_3}, \quad \tilde{a}_3 = \frac{a_2 + a_4}{2} \\ &\dots \\ p_i &= \frac{|\tilde{a}_i - a_i|}{\tilde{a}_i}, \quad \tilde{a}_i = \frac{a_{i-1} + a_{i+1}}{2} \\ &\dots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_{n-1} &= \frac{|\tilde{a}_{n-1} - a_{n-1}|}{\tilde{a}_{n-1}}, \quad \tilde{a}_{n-1} = \frac{a_{n-2} + a_n}{2} \\ p_n &= 0. \end{aligned}$$

Метрика p_i показывает, насколько точка ряда a_i отклоняется от своего псевдосреднего значения $\tilde{a}_i$, вычисленного как среднее между двумя соседними точками $\tilde{a}_i = \frac{a_{i-1} + a_{i+1}}{2}$. Частный случай, если значение $p_i = 0$, предполагает, что все три точки a_{i-1} , a_i , a_{i+1} находятся на одной прямой. Усреднение метрик p_i дает меру оценки разброса точек ряда вокруг его срединного значения, полученного методом центрированной скользящей средней.

Итоговую формулу для вычисления коэффициента «флуктуации» можно записать в виде следующего выражения:

$$k_{fl} = \frac{1}{n-2} \sum_{i=2}^{n-1} \frac{\left| \frac{a_{i-1} + a_{i+1}}{2} - a_i \right|}{\frac{a_{i-1} + a_{i+1}}{2}}. \quad (1)$$

Результаты и обсуждение

Результаты оценки численности занятых по однолетним половозрастным категориям (метод масштабирования)

Первый вариант оценки численности занятых по однолетним половозрастным категориям получается путем умножения численности работников по однолетним половозрастным категориям на полученную масштабирующую функцию. При этом ограничения на суммарную численность занятых внутри возрастных категорий выполняются, но вследствие кусочно-постоянного вида масштабирующей функции внешний вид функциональной зависимости численности занятых имеет так называемые скачки по возрастным категориям (не обеспечена плавность при стыковке на границах возрастных категорий). Концы разрывов на графике численности занятых, отраженном на рисунке 3, обозначены круглыми точками.

С целью устранения недостатка «скачкообразности» выдвигается гипотеза о том, что обеспечить плавность при стыковке может переходная функция соответствующего вида, например из семейства кубических сплайнов. Кубический сплайн представляет собой гладкую дважды непрерывно-дифференцируемую функцию, разбитую на конечное число отрезков, на каждом из которых

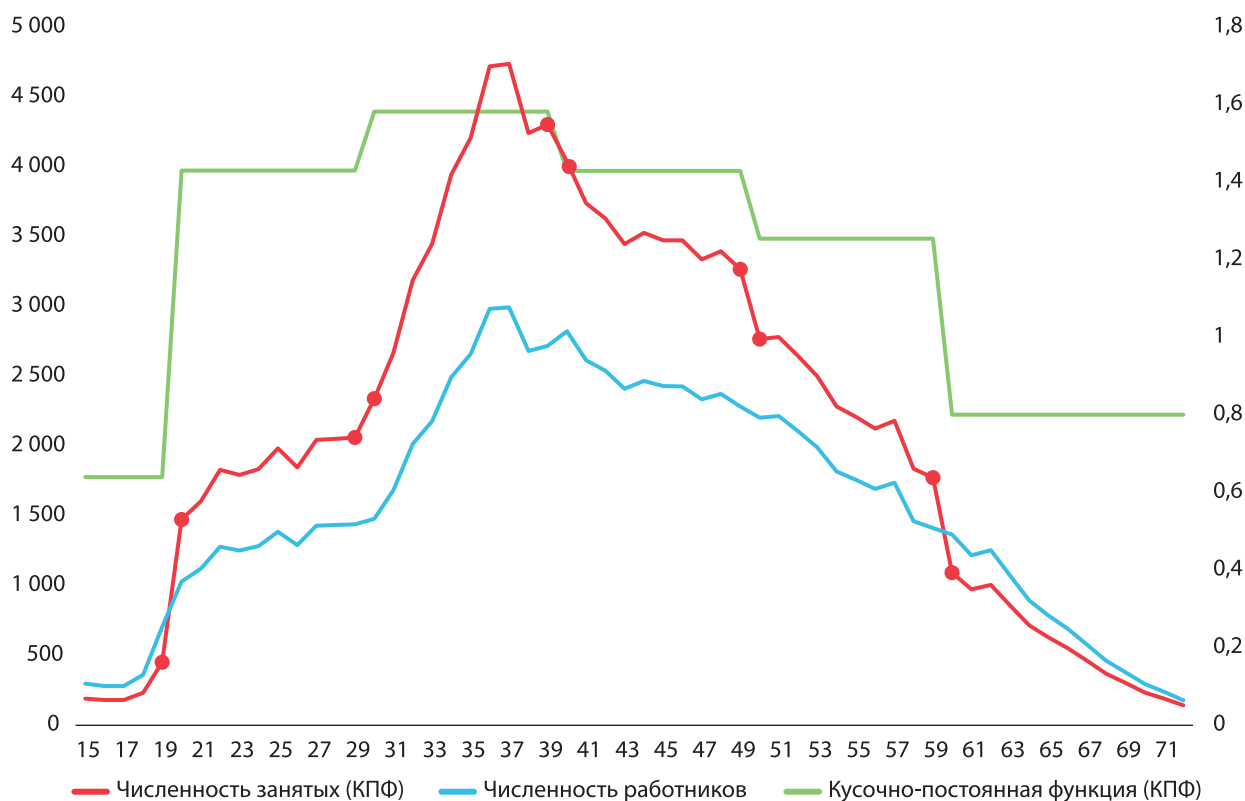


Рис. 3. Данные о переходе от численности работников к численности занятых с помощью масштабирующей функции кусочно-постоянного вида в Республике Карелия (мужчины), 2023 г.
Fig. 3. Data on the transition from the number of workers to the number of employed people using a piecewise constant scaling function in the Republic of Karelia (men), 2023

Источник: составлено авторами по результатам собственных расчетов.

она показана полиномом третьей степени. На стыке двух отрезков выполняется условие равенства с обеих сторон значений кубических функций и их первых производных, что гарантирует гладкость сплайна в целом.

В приведенном примере сплайн-аппроксимация выполнена кубическими полиномами по количеству возрастных категорий (всего — семь). В качестве начального и конечного значений интервала для сплайн-функции выбраны 17 и 65 лет; масштабирующая функция определена на интервале от 15 до 72 лет. Значения производных сплайн-функции от 15 до 17 лет и от 65 до 72 лет включительно приняты равными нулю, чтобы масштабирующая функция была постоянной на краях интервала. Точками соединения кубических полиномов выбраны значения, максимально близкие к середине возрастных интервалов (17, 25, 35, 45, 55, 65). Дополнительным условием в точках соединения интервалов было не только равенство первых производных, но и их нулевые значения. Это дало эффект горизонтальной «площадки» в точках стыка,

для максимального соответствия горизонтальным ступенькам масштабирующей функции кусочно-постоянного вида.

Полученная масштабирующая функция в виде кубического сплайна устраняет «скачкообразные» последствия использования кусочно-постоянной функции и делает половозрастной профиль численности занятых более равномерно распределенным. Но возникает недостаток: перестают соблюдаться ограничения на суммарную численность занятых по групповым возрастным категориям. Так, относительная погрешность в разных категориях может достигать 5–10 %.

Чтобы уменьшить относительную погрешность и соблюсти данные ограничения при сохранении формы масштабирующей функции в виде кубического сплайна, необходимо решить задачу оптимизации параметров такой функции. С этой целью для каждой из семи групповых возрастных категорий предлагаем подобрать такое значение ординаты точки стыка двух кубических полиномов, чтобы по всем категориям было выполнено ограничение на суммарную численность занятых.

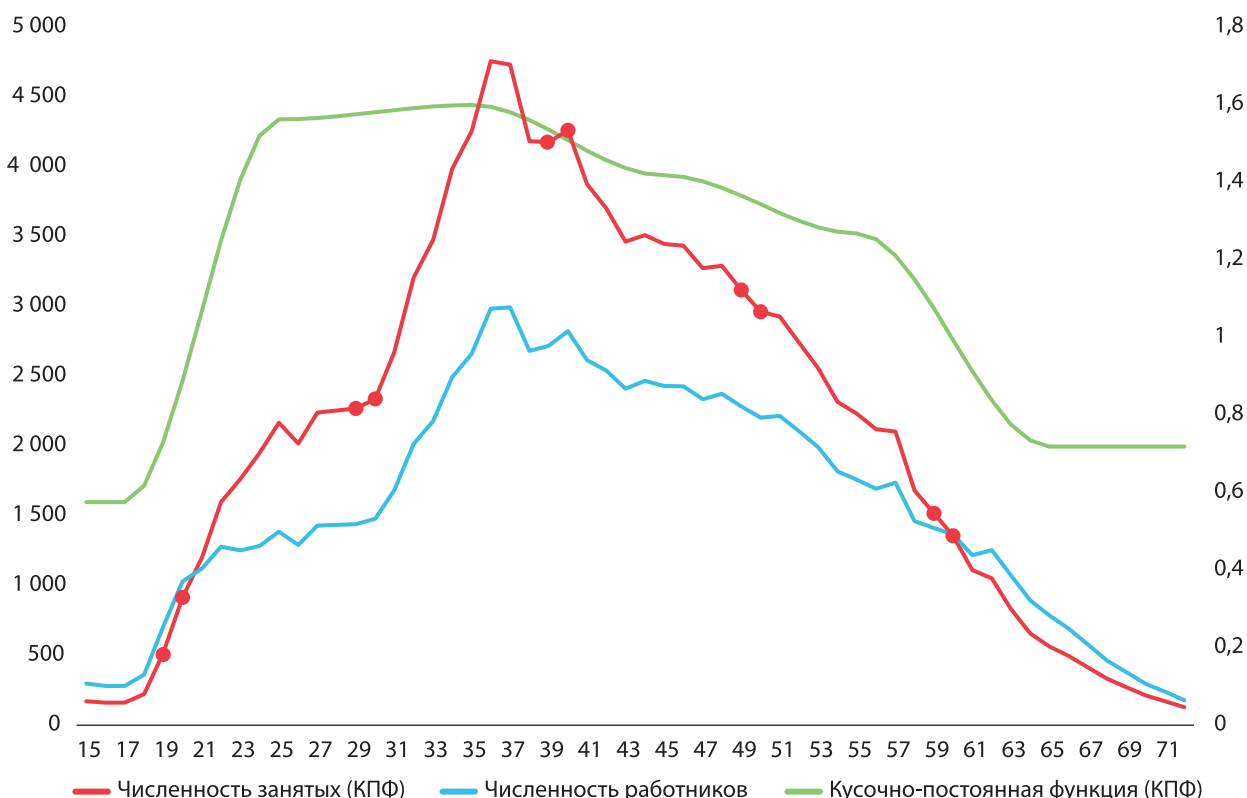


Рис. 4. Данные о переходе от численности работников к численности занятых с помощью масштабирующей функции в виде кубического сплайна с учетом ограничений в Республике Карелия (мужчины), 2023 г.
Fig. 4. Data on the transition from the number of workers to the number of employed using a cubic spline scaling function, taking into account restrictions in the Republic of Karelia (men), 2023

Источник: составлено авторами по результатам собственных расчетов.

Результаты оптимизации масштабирующей функции, приведенные на рисунке 4, показывают, что такое решение существует и ограничения на суммарную численность занятых полностью выполняются.

На рисунке 4 показано, что разрывы на границах возрастных категорий численности занятых стали гораздо меньше, по сравнению с рисунком 3. Вследствие этого кривая численности занятых стала иметь более плавную форму.

Результаты оценки численности занятых по однолетним половозрастным категориям (метод сглаживания)

После отбора и масштабирования микроданных опроса получается неоднородная структура численности занятых по однолетним возрастным категориям от 15 до 90 лет (отдельно относительно мужчин и женщин). Использовать напрямую для дальнейших расчетов такую численность занятых, как показано на рисунках 1 и 2, затруднительно ввиду сильной «скачкообразности». В действительности данные о занятости населения

далеки от таких необоснованных и резких флуктуаций, и простое масштабирование не дает сразу нужного результата.

Для сглаживания «скачкообразного» характера масштабированной численности занятых нами применены четыре метода: методы одинарного сглаживания, в частности (MA_3) и (MA_5), и методы двойного сглаживания, в частности (DMA_3) и (DMA_5), с центрированным скользящим средним с окном три года и окном пять лет соответственно. После выбора методов сглаживания, каждый из которых визуально давал результат, возникла проблема выбора количественного критерия сглаживания для более объективной оценки.

В таблице 1 приведены результаты вычисления значений трех критериев оценки степени сглаживания применительно к данным о численности занятых и эталонной численности работников. Правилom выбора наилучшего критерия было бы максимальное совпадение значения показателя сглаженности численности занятых с эталонным показателем численности работников.

**Метрики оценки «скачкообразности» половозрастного профиля уровня занятости
в Республике Карелия, средние за 2019–2023 гг.**

Table 1. Metrics for assessing the intermittency of the age and gender profile of the employment rate
in the Republic of Karelia, average for 2019–2023

Показатели сглаженности профилей занятости		Значения показателей сглаженности					
		Среднее модуля темпов прироста, %		Коэффициент вариации, %		Коэффициент флуктуации, %	
Пол		Ж	М	Ж	М	Ж	М
Эталонный профиль работников		14,7	14,8	60,1	58,8	4,9	5,5
Исходный профиль занятых		38,5	37,4	69,6	71,5	31,0	29,4
Методы сглаживания профиля занятых	MA_3	22,0	22,0	67,2	69,2	9,6	9,6
	DMA_3	21,1	17,3	66,7	68,6	5,3	4,4
	MA_5	22,6	21,3	66,4	68,4	7,0	5,7
	DMA_5	17,6	19,0	65,6	67,7	2,4	2,1

Источник: составлено авторами по результатам собственных расчетов.

Первый показатель сглаженности — среднее модуля темпов прироста. Это очевидный показатель, который вычисляет модуль разницы между численностью занятых в текущем и предыдущем возрасте, делит его на численность занятых в текущем возрасте. Деление необходимо для получения показателя в относительном виде, чтобы можно было сравнивать сглаженность данных с различной амплитудой. Эталонное значение этого показателя для оценки численности работников, на которую мы ориентируемся, составляет 14,7 до 14,8 % для женщин и мужчин соответственно, как следует из таблицы 1. Значения такого показателя для исходной (несглаженной) численности занятых равны 38,5 и 37,4 % соответственно. При вычислении значения этого показателя после применения четырех методов сглаживания становится очевидным, что они максимально уменьшаются только до уровня 17,6 и 17,3 %, но так и не достигают области 14,7 и 14,8 %. Хотя визуально профиль становится даже более гладким, чем профиль работников.

Аналогичная ситуация происходит со вторым показателем, в частности коэффициентом вариации. Его значения для эталонного профиля численности работников составляют 60,1 % (для женщин) и 58,8 % (для мужчин). Соответствующие значения для исходной (несглаженной) численности занятых равны 69,6 и 71,5 %. Минимальные значения этого показателя после применения четырех методов сглаживания составляют 65,6 и 67,7 % соответственно и не дотягивают до нужных значений. Таким

образом, коэффициент вариации также не пригоден в качестве критерия сравнения степени сглаженности профилей занятых.

Итак, сглаживание выборочных данных о численности занятого населения с применением критериев оценки формы сглаженности на основе показателей среднего модуля темпов прироста и коэффициента вариации [5] не позволило достигнуть совпадения с соответствующими показателями работников при использовании методов как одинарного МА, так и двойного DMA сглаживания с центрированным скользящим средним с лагом три года (MA_3, DMA_3) и лагом пять лет (MA_5, DMA_5). Поэтому для оценки степени сглаженности нами разработан специальный показатель — коэффициент флуктуации. В его основе находится относительная погрешность между текущим значением ряда и его оценки в виде центрированного скользящего среднего.

В таблице 1 приведено значение этого показателя, рассчитанного по соотношению (1). Для эталонного профиля численности работников значение составляет 4,9 % (для женщин) и 5,5 % (для мужчин). Соответствующие его значения для исходной (несглаженной) численности занятых равны 31,0 и 29,4 %. Это показывает сильный разрыв в сглаженности между двумя профилями. После применения четырех методов сглаживания получаем следующие значения коэффициента флуктуации для женщин и мужчин соответственно: для MA_3 — 9,6 и 9,6 %; для DMA_3 — 5,3 и 4,4 %; для MA_5 — 7,0 и 5,7 %; для DMA_5 — 2,4 и 2,1 %.

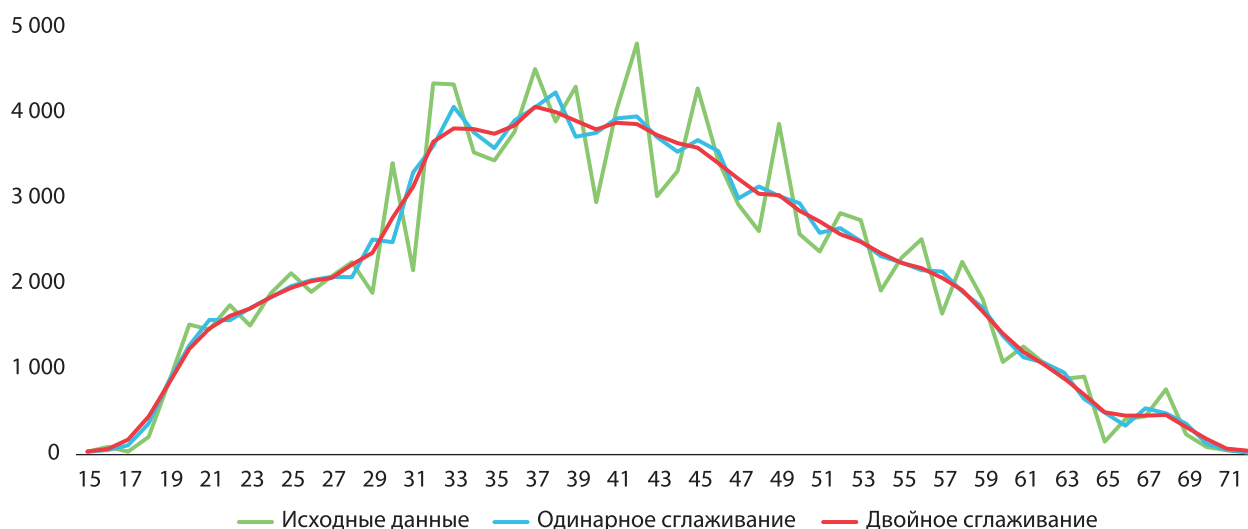


Рис. 5. Результаты сглаживания выборочных данных о численности занятого населения в Республике Карелия (мужчины), 2023 г.

Fig. 5. Results of smoothing sample data on the number of employed population in the Republic of Karelia (men), 2023

Примечание. Значения коэффициента флуктуации: исходный профиль — 28,5 %; одинарное сглаживание MA_3 — 11,3 %; двойное сглаживание DMA_3 — 5,1 %.

Источник: составлено авторами по результатам собственных расчетов.

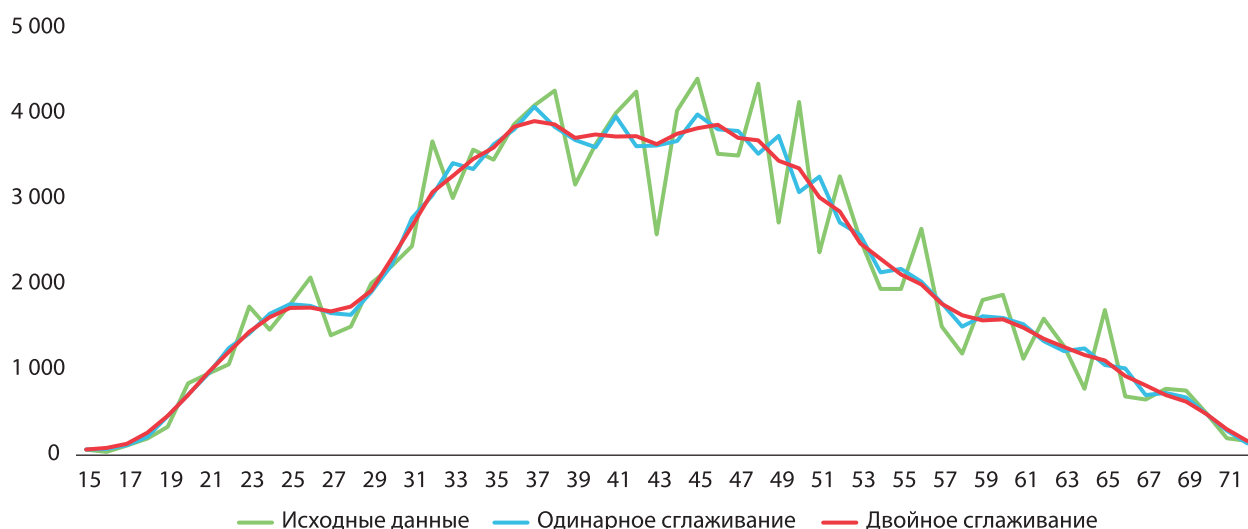


Рис. 6. Результаты сглаживания выборочных данных о численности занятого населения в Республике Карелия (женщины), 2023 г.

Fig. 6. Results of smoothing sample data on the number of employed population in the Republic of Karelia (women), 2023

Примечание. Значения коэффициента флуктуации: исходный профиль — 24,3 %; одинарное сглаживание MA_3 — 8,8 %; двойное сглаживание DMA_3 — 4,8 %.

Источник: составлено авторами по результатам собственных расчетов.

Таким образом, максимальное соответствие эталонным значениям профиля численности работников (4,9 и 5,5 %) обеспечивает метод для DMA_3 — 5,3 и 4,4 %, что подтверждается и визуальным сопоставлением «скачкообразности» этих двух профилей. Следовательно, использование критерия оценки формы сглаженности «коэффициент флуктуаций»,

а также методов одинарного и двойного сглаживания «центрированного скользящего среднего» показало лучшие результаты.

На рисунках 5 и 6 в качестве примеров приведены результаты одинарного и двойного сглаживания выборочных данных о численности занятых методом центрированного скользящего среднего с лагом три года.

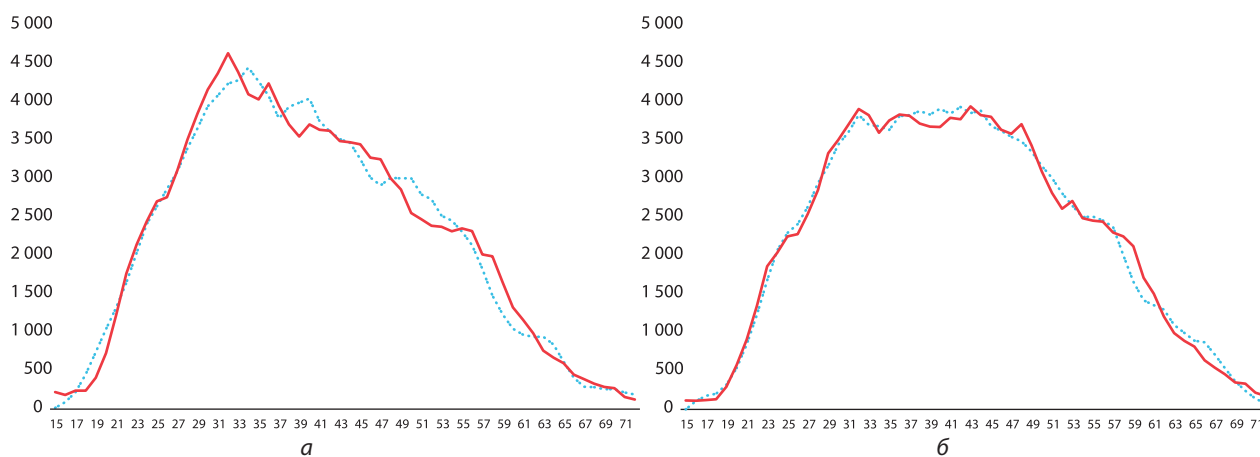


Рис. 7. Сопоставление численности занятых в экономике по ежегодным возрастным категориям в Республике Карелия (2019): а) для мужчин; б) для женщин
Fig. 7. Comparison of the number of people employed in the economy by annual age categories in the Republic of Karelia (2019): a) for men; b) for women

Источник: составлено авторами по результатам собственных расчетов.

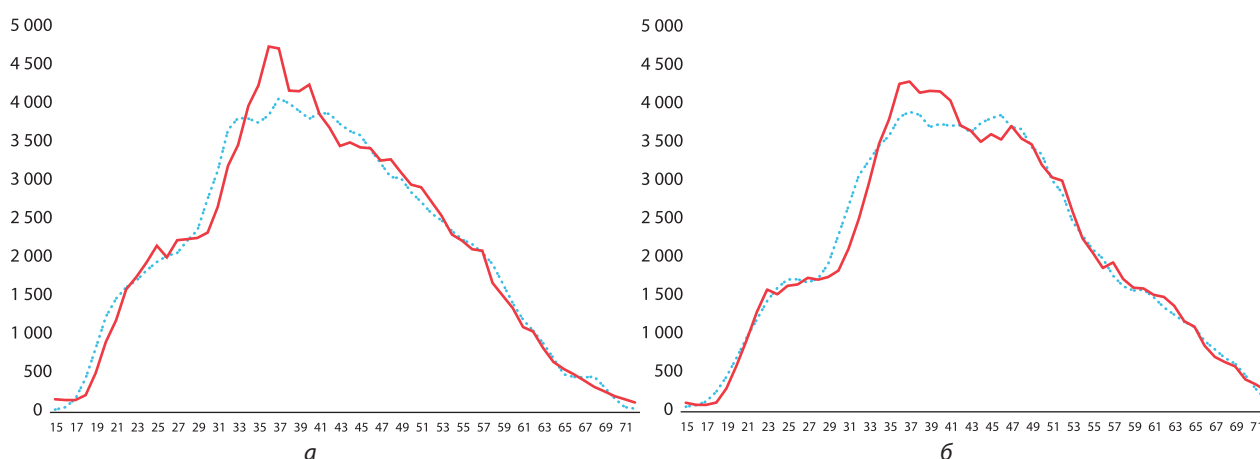


Рис. 8. Сопоставление численности занятых в экономике по ежегодным возрастным категориям в Республике Карелия (2023): а) для мужчин; б) для женщин
Fig. 8. Comparison of the number of people employed in the economy by annual age categories in the Republic of Karelia (2023): a) for men; b) for women

Источник: составлено авторами по результатам собственных расчетов.

Смоделированные показатели половозрастной численности занятых по однолетним возрастным категориям имеют выраженную структуру, сходную со структурой работников, и позволяют в дальнейшем использовать эти показатели для анализа занятых на рынке труда.

Сравнение результатов расчета численности занятых по ежегодным возрастным категориям с учетом разных методов

На рисунках 7 и 8 представлены результаты моделирования половозрастной численности занятых относительно 2019 и 2023 гг. соответственно. На каждом из рисунков для сравнения приведены по две кривые, полу-

ченные с помощью двух описанных ранее методов: масштабирования (сплошная линия) и сглаживания (пунктирная линия). На графиках показана восстановленная численность занятых мужчин и женщин в Республике Карелия за 2019 г. (рисунок 7) и 2023 г. (рисунок 8).

Несмотря на это, полученные различными методами графики хорошо совпадают друг с другом, что служит свидетельством адекватности результатов расчета.

Показатели качества совпадения двух моделей численности занятых в 2019 г. следующие: для численности занятых мужского пола средняя ошибка $MAPE = 15,28 \%$, коэффициент детерминации $R^2 = 0,977$;

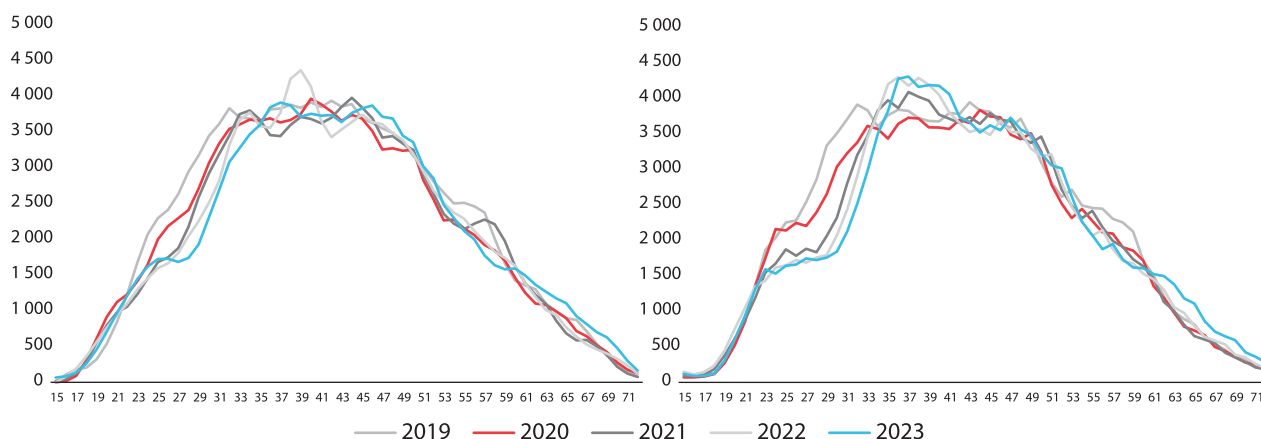


Рис. 9. Динамика численности занятых в экономике по ежегодным возрастным категориям (2019–2023) для женщин, восстановленная методами сглаживания и масштабирования

Fig. 9. Changes over time in the number of people employed in the economy by annual age categories (2019–2023) for women, reconstructed by smoothing and scaling methods from the method used

Источник: составлено авторами по результатам собственных расчетов.

для численности занятых женского пола средняя ошибка $MAPE = 11,31\%$, коэффициент детерминации $R^2 = 0,990$, как показано на рисунке 7. Очевиден тот факт, что структура половозрастной численности занятых мужчин и женщин за 2019 г. (рисунок 8) и 2023 г. (рисунок 7) существенно различается. Это свидетельствует о том, что сглаживание корректно отражает первичные данные.

Показатели качества совпадения двух моделей численности занятых за 2023 г. следующие: для численности занятых мужского пола средняя ошибка $MAPE = 14,94\%$, коэффициент детерминации $R^2 = 0,969$; для численности занятых женского пола средняя ошибка $MAPE = 11,59\%$, коэффициент детерминации $R^2 = 0,975$, что отражено на рисунке 8.

Представленные на рисунках 6 и 7 показатели половозрастной численности занятых в экономике указывают на адекватность используемых методов восстановления выборочных данных о численности занятого населения, а значит, их целесообразно использовать для анализа занятых на рынке труда.

На рисунке 9 можно проследить динамику половозрастной численности занятых. Это позволяет выделить две главные особенности, характерные для половозрастной структуры занятого населения в Республике Карелия.

Первая особенность заключается в том, что наблюдается устойчивое сокращение количества занятых в наиболее активном трудоспособном возрасте 25–35 лет. Вторая особенность половозрастной структуры за-

нятого населения относится к представителям старшего возраста, связана с проведением пенсионной реформы в 2019–2028 гг. Ожидалось, что повышение пенсионного возраста на пять лет увеличит численность населения в трудоспособном возрасте, а следовательно, численность занятых в возрастных категориях 50–55 лет для женщин, 55–60 лет для мужчин. Однако, как видно на рисунке 8, этого не произошло.

Расчет численности выбывших и коэффициента выбытия

При естественно-возрастном движении рабочей силы происходит выбытие занятых в экономике за счет ряда факторов. Первый и основной фактор связан с завершением трудовой деятельности работника в связи с выходом на страховую пенсию по достижении пенсионного возраста. Второй — с выходом на пенсию по установленным льготам, обычно на 5-10 лет ранее, чем выход на пенсию по старости. Третий фактор включает в себя пенсию по инвалидности и смерть работника.

Для расчета естественно-возрастного выбытия необходимо иметь информацию о численности занятых по ежегодным возрастным категориям, как минимум, за два года: текущий i и предыдущий $i-1$. Занятые в экономике с возрастом n в i -м году в предыдущем $i-1$ году были в возрасте $n-1$. Разница между численностью занятых в $i-1$ году возраста $n-1$ и численностью занятых в i -м году возраста n и составляет отток численности занятых возраста n . Суммирование этого оттока по годам ($n = 35$

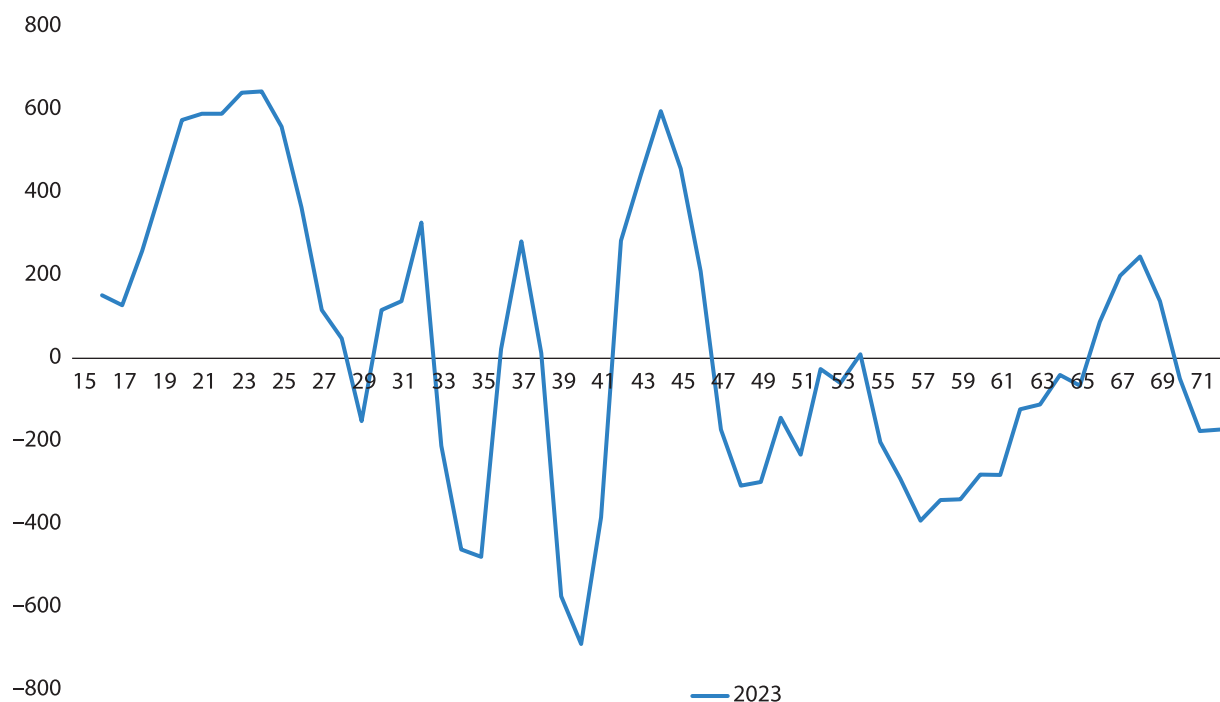


Рис. 10. Ежегодные изменения численности занятых мужчин и женщин (в сумме) по ежегодным возрастным категориям в Республике Карелия, 2023 г.
Fig. 10. Annual changes in the number of employed men and women (in total) by annual age categories in the Republic of Karelia, 2023

Источник: составлено авторами по результатам собственных расчетов.

до $n = 75$) даст общее уменьшение численности занятых, а отношение общего оттока к общей численности занятых — коэффициент выбытия.

Расчеты оттоков по ежегодным возрастным категориям, полученные на основе сглаженных показателей численности занятых из постоянного населения и на основе масштабирования, показали немонотонность функции выбытия как для мужчин, так и для женщин, независимо от метода восстановления. На рисунке 10 приведены типичные показатели расчетов ежегодных изменений численности занятых мужчин и женщин (в сумме) по ежегодным возрастным категориям. Скачкообразный характер функции оттока и различное значение коэффициента выбытия по разным годам не позволяют применять восстановленные показатели численности занятых по ежегодным возрастным категориям вне зависимости от использованного метода.

Выводы

Разработаны два метода восстановления показателей ежегодной численности занятых с учетом половозрастной структуры из пока-

зателей выборочного обследования рабочей силы. Первый метод базируется на масштабировании профиля численности занятых с использованием половозрастного профиля работников в разрезе однолетних половозрастных категорий. Второй метод основан на сглаживании микроданных опроса рабочей силы. Оба метода, будучи апробированными на данных применительно к Республике Карелия, дают близкие значения численности занятых по ежегодным возрастным категориям со значением среднеквадратичного отклонения $R^2 = (0,97 - 0,99)$.

Восстановленные с применением предложенных методов показатели половозрастного профиля занятых в разрезе однолетних возрастных категорий позволяют получить характеристики рабочей силы с распределением по полу и возрасту; отследить динамику изменения численности занятых в различных возрастных когортах, в частности резкое уменьшение численности «молодых» занятых мужчин и женщин в возрасте 25–30 лет; слабое влияние пенсионной реформы на численность занятых в возрасте 50–60 лет.

Использование восстановленных обоими методами показателей численности занятых в разрезе однолетних возрастных категорий

для расчета коэффициентов выбытия, при расчетах на материалах, характеризующих занятость в Республике Карелия, не позволяет корректно рассчитать численность оттока занятых старшего возраста и тем самым определить коэффициенты естественно-возрастного выбытия. Для устранения этого

пробела необходимо доработать математическую модель восстановления показателей численности занятых в аспекте однолетних возрастных категорий, обеспечивающую монотонность отрицательного приращения численности занятых в каждом из старших возрастов.

Список источников

1. Кузнецов С. В., Горин Е. А., Имзалиева М. Р. Национальный технологический суверенитет и три уровня кадрового обеспечения промышленности // Экономика и управление. 2023. Т. 29. № 8. С. 938–955. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-8-938-955>
2. Национальный проект «Кадры» // Правительство России: офиц. сайт. URL: <http://government.ru/rugovclassifier/916/about/> (дата обращения: 25.04.2025).
3. Рынок труда и рынок образовательных услуг в субъектах Российской Федерации: монография / В. Н. Васильев, В. А. Гуртов, Е. А. Питухин [и др.]. М.: Техносфера, 2007. 680 с.
4. Ефимов И. П., Гуртов В. А., Степун И. С. Кадровая потребность экономики Российской Арктики – взгляд в будущее // Вопросы экономики. 2022. № 8. С. 118–132. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2022-8-118-132>
5. Сизова О. В., Завьялова А. И., Смирнова О. А. Статистический анализ занятости населения в регионах России // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2021. № 3. С. 37–45. <https://doi.org/10.6060/snt.20216703.0005>
6. Аверина О. В. Рынок труда и занятость в Еврейской автономной области: состояние и тенденции развития // Региональные проблемы. 2025. Т. 28. № 1. С. 56–66. <https://doi.org/10.31433/2618-9593-2025-28-1-56-69>
7. Тераз В. А., Максимов Д. Г. Тенденции и изменение занятости населения Удмуртской Республики // Социально-экономическое управление: теория и практика. 2025. Т. 21. № 1. С. 72–80. <https://doi.org/10.22213/2618-9763-2025-1-72-80>
8. Зайцев А. Г., Такмакова Е. В. Установление взаимосвязи индикаторов функционирования рынка труда и демографических процессов (на примере Орловской области) // Вестник аграрной науки. 2023. № 1. С. 100–108. <https://doi.org/10.1728/issn2587-666X.2023.1.100>
9. Anghelache C., Anghel M. G., Dumbrava S. G., Ene L. Analyzing the employment rate of the population, unemployment and vacancies in the economy // Theoretical and Applied Economics. 2018. Vol. XXV. No. 2. P. 105–118. URL: <https://store.ectap.ro/articole/1332.pdf> (дата обращения: 04.03.2025).
10. Abraham K. G., Kearney M. S. Explaining the decline in the US employment-to-population ratio: A review of the evidence // Journal of Economic Literature. 2020. Vol. 58. No. 3. P. 585–643. <https://doi.org/10.1257/jel.20191480>
11. Edo A., Özgüzel C. The impact of immigration on the employment dynamics of European regions // Labour Economics. 2023. Vol. 85. Article 102433. <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2023.102433>
12. Российский рынок труда через призму демографии: монография / под ред. В. Е. Гимпельсона, Р. И. Капелюшников. М.: ИД Высшей школы экономики, 2020. 436 с.
13. Хавинсон М. Ю., Кулаков М. П. Математическое моделирование динамики численности разновозрастных групп занятых в экономике региона // Компьютерные исследования и моделирование. 2014. Т. 6. № 3. С. 441–454. <https://doi.org/10.20537/2076-7633-2014-6-3-441-454>
14. Хавинсон М. Ю., Кулаков М. П. Модельный анализ динамики численности занятых в разрезе возрастных групп (на примере Хабаровского и Приморского краев) // Региональные проблемы. 2015. Т. 18. № 4. С. 13–19.
15. Хавинсон М. Ю., Колобов А. Н. Моделирование динамики численности занятого населения в отраслях экономики: агент-ориентированный подход // Компьютерные исследования и моделирование. 2018. Т. 10. № 6. С. 919–937. <https://doi.org/10.20537/2076-7633-2018-10-6-919-937>
16. Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Бекларян Г. Л., Акопов А. С., Ровенская Е. А., Стрелковский Н. В. Агентное моделирование социально-экономических последствий миграции при государственном регулировании занятости // Экономика и математические методы. 2022. Т. 58. № 1. С. 113–130. <https://doi.org/10.31857/S042473880018960-5>
17. Кузнецов С. Г. Методические подходы к оценке численности и половозрастного состава рабочей силы и занятых лиц предпенсионного возраста // Научные труды: Институт

- народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2019. Т. 17. С. 360–382. https://doi.org/10.29003/m825.sp_ief_ras2019/360-382
18. Beržinskienė D. Model of population employment estimation // *Engineering Economics*. 2005. Vol. 44. No. 4. P. 43–49.
 19. Гуртов В. А., Питухин Е. А. Прогнозирование потребностей экономики в квалифицированных кадрах: обзор подходов и практик применения // *Университетское управление: практика и анализ*. 2017. Т. 21. № 4. С. 130–161. <https://doi.org/10.15826/umpra.2017.04.056>
 20. Кутышкин А. В. Моделирование динамики численности занятых в региональной экономике (на материалах Ямало-Ненецкого автономного округа) // *Региональная экономика и управление: электрон. науч. журнал*. 2021. № 1. С. 23. <https://doi.org/10.24412/1999-2645-2021-165-23>
 21. Смышко О. Г. Особенности формирования демографической базы трудового потенциала в Северо-Западном федеральном округе // *Экономика и управление*. 2014. № 2. С. 12–18.
 22. Итоги выборочного обследования рабочей силы, 2024 год // Федеральная служба государственной статистики: офиц. сайт. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13265> (дата обращения: 10.04.2025).
 23. Рабочая сила, занятость и безработица в России (по результатам выборочных обследований рабочей силы). 2024: стат. сб. М.: Росстат, 2024. 152 с.
 24. Трудовые ресурсы, занятость и безработица // Федеральная служба государственной статистики: офиц. сайт. URL: https://rosstat.gov.ru/labour_force (дата обращения: 25.04.2025).
 25. Об утверждении основных методологических и организационных положений по проведению выборочного обследования рабочей силы: приказ Росстата от 29 декабря 2023 г. № 707 (в ред. от 13.11.2024) // Справ.-правовая система «КонсультантПлюс». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_467194/ (дата обращения: 25.04.2025).
 26. Афанасьев В. Н. Анализ временных рядов и прогнозирование: учебник. Саратов: Ай Пи Ар Медиа, 2020. 310 с.

References

1. Kuznetsov S.V., Gorin E.A., Imzalieva M.R. National technological sovereignty and three levels of industrial human resource endowment. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2023;29(8):938-955. (In Russ.). <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-8-938-955>
2. National project “Personnel”. Government of Russia official website. URL: <http://government.ru/rugovclassifier/916/about/> (accessed on 25.04.2025). (In Russ.).
3. Vasil'ev V.N., Gurtov V.A., Pitukhin E.A., et al. The labor market and the market of educational services in the constituent entities of the Russian Federation. Moscow: Tekhnosfera; 2007. 680 p. (In Russ.).
4. Efimov I.P., Gurtov V.A., Stepus I.S. Recruitment needs of the Russian Arctic economy: Future outlook. *Voprosy ekonomiki*. 2022;(8):118-132. (In Russ.). <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2022-8-118-132>
5. Sizova O.V., Zavyalova A.I., Smirnova O.A. Statistical analysis of employment in the regions of Russia. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regional'noe prilozhenie = Modern High Technologies. Regional Application*. 2021;(3):37-45. (In Russ.). <https://doi.org/10.6060/snt.20216703.0005>
6. Averina O.V. Labor market and employment in the Jewish Autonomous Region: Its state and development trends. *Regional'nye problemy = Regional Problems*. 2025;28(1):56-69. (In Russ.). <https://doi.org/10.31433/2618-9593-2025-28-1-56-69>
7. Teraz V.A., Maksimov D.G. Trends and changes in employment of the population of the Udmurt Republic. *Sotsial'no-ekonomicheskoe upravlenie: teoriya i praktika = Socio-Economic Management: Theory and Practice*. 2025;21(1):72-80. (In Russ.). <https://doi.org/10.22213/2618-9763-2025-1-72-80>
8. Zaitsev A.G., Takmakova E.V. Establishing the relationship between indicators of the functioning of the labor market and demographic processes (on the example of the Orel Region). *Vestnik agrarnoi nauki = Bulletin of Agrarian Science*. 2023;(1):100-108. (In Russ.). <https://doi.org/10.1728/issn2587-666X.2023.1.100>
9. Anghelache C., Anghel M.G., Dumbravă S.G., Ene L. Analyzing the employment rate of the population, unemployment and vacancies in the economy. *Theoretical and Applied Economics*. 2018;25(2):105-118. URL: <https://store.ectap.ro/articole/1332.pdf> (accessed on 04.03.2025).
10. Abraham K.G., Kearney M.S. Explaining the decline in the US employment-to-population ratio: A review of the evidence. *Journal of Economic Literature*. 2020;58(3):585-643. <https://doi.org/10.1257/jel.20191480>

11. Edo A., Özgüzel C. The impact of immigration on the employment dynamics of European regions. *Labour Economics*. 2023;85:102433. <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2023.102433>
12. Gimpel'son V.E., Kapelyushnikov R.I., eds. Russian labor market through the prism of demography. Moscow: HSE Publ.; 2020. 436 p. (In Russ.).
13. Khavinson M.Yu., Kulakov M.P. Mathematical modeling of the population dynamics of different age-group workers in the regional economy. *Komp'yuternye issledovaniya i modelirovanie = Computer Research and Modeling*. 2014;6(3):441-454. (In Russ.). <https://doi.org/10.20537/2076-7633-2014-6-3-441-454>
14. Khavinson M.Yu., Kulakov M.P. Model analysis of the employees' number dynamics by age groups in Khabarovsk and Primorsky Territories. *Regional'nye problemy = Regional Problems*. 2015;18(4):13-19. (In Russ.).
15. Khavinson M.Yu., Kolobov A.N. Modeling of population dynamics employed in the economic sectors: Agent-oriented approach. *Komp'yuternye issledovaniya i modelirovanie = Computer Research and Modeling*. 2018;10(6):919-937. (In Russ.). <https://doi.org/10.20537/2076-7633-2018-10-6-919-937>
16. Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Beklaryan G.L., Akopov A.S., Rovenskaya E.A., Strelkovskii N.V. Agent-based modeling of social and economic impacts of migration under the government regulated employment. *Ekonomika i matematicheskie metody = Economics and Mathematical Methods*. 2022;58(1):113-130. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S042473880018960-5>
17. Kuznetsov S.G. Methodical approaches to assessment of number and gender and age composition of labor force and employed people of pre-retirement age. *Nauchnye trudy: Institut narodnokhozyaistvennogo prognozirovaniya RAN = Scientific Articles: Institute of Economic Forecasting. Russian Academy of Sciences*. 2019;17:360-382. (In Russ.). https://doi.org/10.29003/m825.sp_ief_ras2019/360-382
18. Beržinskienė D. Model of population employment estimation. *Engineering Economics*. 2005;44(4):43-49.
19. Gurtov V.A., Pitukhin E.A. Prognostication of the demands of economics in qualified personnel: Review of approaches and application experience. *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz = University Management: Practice and Analysis*. 2017;21(4):130-161. (In Russ.). <https://doi.org/10.15826/umpa.2017.04.056>
20. Kutyshekin A.V. Modeling population dynamics of employees in the regional economy (On materials of Yamal-Nenets Autonomous District). *Regional'naya ekonomika i upravlenie: elektronnyi nauchnyi zhurnal = Regional Economics and Management: Electronic Scientific Journal*. 2021;(1):23. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/1999-2645-2021-165-23>
21. Smeshko O.G. Demographic assets of the potential labor base in the Russian Federation North-West Federal District. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2014;(2):12-18. (In Russ.).
22. Results of the sample survey of the labor force, 2024. Federal State Statistics Service official website. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13265> (accessed on 10.04.2025). (In Russ.).
23. Labor force, employment and unemployment in Russia (based on the results of sample labor force surveys). 2024: Stat. coll. Moscow: Rosstat; 2024. 152 p. (In Russ.).
24. Labor resources, employment and unemployment. Federal State Statistics Service official website. URL: https://rosstat.gov.ru/labour_force (accessed on 25.04.2025). (In Russ.).
25. On approval of the main methodological and organizational provisions for conducting a sample survey of the labor force. Order of Rosstat dated December 29, 2023 No. 707 (as amended on November 13, 2024). Konsul'tantPlyus. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_467194/ (accessed on 25.04.2025). (In Russ.).
26. Afanas'ev V.N. Time series analysis and forecasting. Saratov: IPR Media; 2020. 310 p. (In Russ.).

Сведения об авторах

Евгений Александрович Питухин

доктор технических наук, профессор,
начальник аналитического отдела

Центр бюджетного мониторинга Петрозаводского
государственного университета

185910, Петрозаводск, Ленина пр., д. 33

Information about the authors

Evgenij A. Pituhin

D.Sc. in Technical Sciences, Professor,
Head of Department

Budget monitoring center of Petrozavodsk State
University

33 Lenin Ave., Petrozavodsk 185910, Russia

Валерий Алексеевич Гуртов

доктор физико-математических наук, профессор,
директор

Центр бюджетного мониторинга Петрозаводского
государственного университета

185910, Петрозаводск, Ленина пр., д. 33

Инна Владимировна Родион

специалист отдела прогнозирования

Центр бюджетного мониторинга Петрозаводского
государственного университета

185910, Петрозаводск, Ленина пр., д. 33

Поступила в редакцию 11.04.2025
Прошла рецензирование 29.04.2025
Подписана в печать 07.05.2025

Valerij A. Gurtov

D.Sc. in Physical and Mathematical Sciences,
Professor, Director

Budget monitoring center of Petrozavodsk State
University

33 Lenin Ave., Petrozavodsk 185910, Russia

Inna V. Rodion

forecasting specialist

Budget monitoring center of Petrozavodsk State
University

33 Lenin Ave., Petrozavodsk 185910, Russia

Received 11.04.2025
Revised 29.04.2025
Accepted 07.05.2025

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие конфликта интересов,
связанных с публикацией данной статьи.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest
related to the publication of this article.