

## НОВЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАДРОВОЙ ПОТРЕБНОСТИ ЭКОНОМИКИ С УЧЕТОМ ПОЛОВОЗРАСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАНЯТОСТИ

**ГУРТОВ Валерий Алексеевич**, д.ф.-м.н., профессор, [vgurt@petsu.ru](mailto:vgurt@petsu.ru), Центр бюджетного мониторинга Петрозаводского государственного университета, Петрозаводск, Россия

ORCID: 0000-0002-2442-7389

**ПИТУХИН Евгений Александрович**, д.т.н., профессор, [eugene@petsu.ru](mailto:eugene@petsu.ru), Центр бюджетного мониторинга Петрозаводского государственного университета, Петрозаводск, Россия

ORCID: 0000-0002-7021-2995

**СТЕПУСЬ Ирина Сергеевна**, к.э.н., [stepus@petsu.ru](mailto:stepus@petsu.ru), Центр бюджетного мониторинга Петрозаводского государственного университета, Петрозаводск, Россия

ORCID: 0000-0001-5070-0273

**РОДИОН Инна Владимировна**, [irodion@petsu.ru](mailto:irodion@petsu.ru), Центр бюджетного мониторинга Петрозаводского государственного университета, Петрозаводск, Россия

ORCID: 0000-0002-6243-4010

*Статья является продолжением серии публикаций авторов на тему прогнозирования кадровой потребности с учетом половозрастной структуры и численности занятых. Авторы предлагают новый метод расчета прогнозных показателей общей и замещающей кадровой потребности, базирующийся на использовании профилей уровней занятости по однолетним возрастным категориям. Профили уровней занятости формируются с использованием показателей численности занятых в разрезе однолетних возрастных категорий и гендерного фактора, полученных по результатам обработки и анализа микроданных выборочного обследования рабочей силы. Авторами разработан алгоритм реализации нового метода расчета прогнозных показателей общей и замещающей кадровой потребности, апробация предложенного алгоритма проведена на примере Республики Карелия.*

*Ключевые слова:* кадровая потребность, численность занятых, уровень занятости, математическое моделирование, прогнозирование.

DOI: 10.47711/0868-6351-214-157-171

Дисбаланс спроса и предложения на рынке труда является актуальной проблемой российской экономики и не теряет своей остроты на протяжении нескольких десятилетий [1]. На сегодняшний день проблема дефицита кадров вошла в очередную фазу обострения, что создает риски для устойчивого экономического роста России [2-3]. С целью сохранения кадрового суверенитета российской экономики с 2025 г. реализуется национальный проект «Кадры», ключевым мероприятием которого является формирование и ежегодная актуализация прогноза потребности отраслей экономики в кадрах на пятилетний период<sup>1</sup>.

Вопросы формирования показателей кадровой потребности экономики и ранее были актуальны в нашей стране. В новейшей истории России проблема кадрового планирования подготовки специалистов была впервые определена в перечне поручений Президента РФ в 2005 г.<sup>2</sup> Тогда, как и в настоящее время, важность этих вопросов была предопределена разворачиванием негативных демографических тенденций, «превращающих труд в один из самых дефицитных ресурсов России» [4]. Первые

<sup>1</sup> Национальный проект «Кадры». Правительство России: официальный сайт. URL: <http://government.ru/rugovclassifier/916/about/>

<sup>2</sup> Перечень поручений Президента Российской Федерации по итогам заседания Совета при президенте Российской Федерации по науке, технологиям и образованию. 25 октября 2005 г. № ПП-2065 от 10.12.2005 г. URL: [http://www.pitanie2007.ru/downloads/documents/president\\_1.pdf](http://www.pitanie2007.ru/downloads/documents/president_1.pdf)

научные публикации по разработке методики кадрового прогнозирования потребности экономики появились в 2003 г. В статье В.А. Гуртова, А.Г. Мезенцева и Е.А. Питухина<sup>3</sup> были описаны основные принципы и подходы к созданию макроэкономической методики прогнозирования, разработанной Центром бюджетного мониторинга Петрозаводского государственного университета (далее – методика ЦБМ ПетрГУ). Затем эти подходы были развиты авторами в монографиях<sup>4</sup> и ряде публикаций<sup>5</sup>. З.А. Васильева и И.В. Филимоненко детализировали макроэкономическую методику до уровня кластеров муниципальных образований [5]; О.А. Косоруков предложил при расчете прогнозной численности работников использовать фонд заработной платы [6]. Решению проблем прогнозирования динамики занятости и рынка труда на основе системы факторных динамических моделей вакансий и потенциальных работников посвящены также работы А. Г. Коровкина и др. [7-8]. Методологические подходы к прогнозированию занятости и экономической активности населения на основе факторных экстраполяционных и эконометрических моделей изложены в работах С.Г. Кузнецова и др. [9-10]. Сценарии оценки перспективной кадровой потребности экономики на основе демографических и макроэкономических прогнозов приведены в работе А.В. Кашепова [11].

Новый виток внимания государства к вопросам кадрового прогнозирования произошел в 2023 г. после соответствующих поручений Президента РФ<sup>6</sup>. С целью выполнения этих поручений научным коллективом сотрудников ФГБУ «ВНИИ труда» Минтруда России совместно с представителями органов власти разработана и впервые утверждена на высшем уровне Методика формирования прогноза потребности экономики Российской Федерации в кадрах<sup>7</sup> (далее – федеральная методика). Основные положения федеральной методики совпадают с макроэкономической методикой ЦБМ ПетрГУ и опираются на ключевые показатели развития экономики – валового регионального продукта и производительности труда [12].

Методологически ежегодная замещающая кадровая потребность включает три составляющих: на компенсацию естественно-возрастного выбытия (далее – ЕВВ); на обеспечение роста или спада численности занятых вследствие изменения объемов производства; на обеспечение новых рабочих мест при реализации инвестиционных проектов<sup>8</sup>. Основной объем замещающей кадровой потребности обусловлен выбытием (оттоком) занятых с рынка труда по естественно-возрастным причинам, что предполагает количественную оценку доли этого оттока. Доля выбывших работников с рынка труда (коэффициент ЕВВ) зависит от отрасли экономики, а также от возрастной структуры занятых в этой отрасли. Традиционно этот коэффициент оценивался на основе статистических данных о численности работающих пенсионеров и корректировался с использованием результатов анкетного опроса работодателей [13]. При

<sup>3</sup> Гуртов В.А., Мезенцев А.Г., Питухин Е.А. Моделирование потребностей экономики региона в выпускниках системы высшего профессионального образования // Регионоведение. 2003. № 1-2. С. 262-267.

<sup>4</sup> Васильев В.Н., Гуртов В.А., Питухин Е.А., Серова Л.М., Сигова С.В., Рудаков М.Н., Суоров М.В. Рынок труда и рынок образовательных услуг в субъектах Российской Федерации. М., Техносфера. 2006. 669 с.; Питухин Е.А., Гуртов В.А. Математическое моделирование динамических процессов в системе «экономика – рынок труда – профессиональное образование». СПб., Изд-во СПбГУ. 2006. 346 с.

<sup>5</sup> Гуртов В.А., Питухин Е.А., Серова Л.М. Моделирование потребностей экономики в кадрах с профессиональным образованием // Проблемы прогнозирования. 2007. № 6. С. 91-109; Гуртов В.А., Питухин Е.А., Серова Л.М., Сигова С.В. Прогнозирование динамики спроса на рынке труда на различных фазах развития кризисных процессов в российской экономике // Проблемы прогнозирования. 2010. № 2. С. 84-97.

<sup>6</sup> Пункт 1 перечня поручений Президента Российской Федерации по итогам расширенного заседания Президиума Государственного Совета Российской Федерации от 1 ноября 2023 г. № Пр-2192ГС.

Подпункт «з» пункта 1 перечня поручений Президента Российской Федерации от 16 августа 2023 г. № Пр-1619 по итогам XXVI Петербургского международного экономического форума.

<sup>7</sup> Распоряжение Правительства РФ от 11.09.2024 г. № 2461-р «Об утверждении Методики формирования прогноза потребности экономики Российской Федерации в кадрах».

<sup>8</sup> Ефимов И.П., Гуртов В.А., Степуть И.С. Кадровая потребность экономики Российской Арктики – взгляд в будущее // Вопросы экономики. 2022. № 8. С. 118-132. DOI: 10.32609/0042-8736-2022-8-118-132.

этом важно отличать коэффициент ЕВВ от простой текучести персонала, которая вызвана более широким спектром причин [14].

С 2024 г. в рамках федеральной методики впервые расчетные показатели выбытия (оттока) занятых стали опираться на данные выборочного обследования рабочей силы о половозрастной структуре занятости. Однако выборочный охват обследования не позволил сформировать количественную оценку ЕВВ на среднесрочном и долгосрочном горизонтах прогнозирования.

Для устранения этого недостатка авторами в одной из последних статей [15] были разработаны два математических метода восстановления показателей ежегодной численности, занятых с учетом половозрастной структуры из показателей выборочного обследования рабочей силы. Это позволило получить характеристики занятости с распределением по полу и возрасту; отследить динамику изменения численности занятых в молодых возрастных когортах и влияние пенсионной реформы на численность занятых в старших возрастах. В то же время восстановленные обоими методами показатели численности занятых в разрезе однолетних возрастных категорий сохранили «скачкообразность» и не позволили корректно рассчитать оттоки занятых и, тем самым, определить коэффициенты ЕВВ.

Для восполнения этого пробела авторы в рамках данной статьи использовали альтернативный математический инструментарий восстановления показателей численности занятых в экономике в разрезе однолетних возрастных категорий. В совокупности это представляет новый метод определения прогнозных показателей общей и замещающей кадровой потребности. Новизна метода, в отличие от традиционных подходов к прогнозированию кадровой потребности, заключается как в использовании новых источников данных, так и в впервые полученной возможности расчета оттоков занятых в каждом из возрастов и формировании прогнозных показателей общей и замещающей кадровой потребности по однолетним возрастным категориям.

Перед тем, как приступить к описанию разработанного метода, уточним, что в ходе исследования решалась задача экспертного типа [16]. Решение экспертной задачи («as is») – это предсказание поведения исследуемого объекта при сохранении текущих тенденций и внешних воздействий. Например, какая к 2030 г. ожидается численность занятых в экономике и оттоки занятых при условии сохранения тенденций ключевых детерминирующих факторов: демографических (включая миграцию); рынка труда (половозрастные уровни занятости); социальных (переходный период Пенсионной реформы). В рамках данной работы проводилось именно построение экспертной модели прогнозирования численности занятых при допущении сохранения текущего прогнозного фона.

**Материалы и методы.** В качестве входных параметров использованы профили численности занятых в разрезе однолетних половозрастных категорий, сформированные на основе микроданных выборочных обследований рабочей силы<sup>9</sup> и сглаженные по авторской методике [15]. Восстановление показателей ежегодной численности занятых с учетом половозрастной структуры из показателей выборочного обследования рабочей силы проводилось методом двойного сглаживания (DMA\_3 с центрированным скользящим средним) микроданных опроса рабочей силы.

Показатели численности постоянного населения по однолетним половозрастным категориям на ретроспективном периоде формировались на основе демографической статистики. Прогнозные значения этих показателей рассчитывались на основе

<sup>9</sup> 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/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_467194/)

модифицированной модели Лесли или метода сдвига возрастов с оценкой коэффициента дожития на ретроспективном периоде [17].

Для апробации нового метода прогнозирования численности занятых по однолетним возрастным категориям с учетом половозрастной структуры населения использовались данные по Республике Карелия, которая часто является модельным регионом при анализе показателей демографии и рынка труда [15, 18].

Прогнозная численность занятых, полученная суммированием по однолетним возрастным категориям, является общей кадровой потребностью региональной экономики. Суммарное изменение этой потребности как разница в численности занятых между текущим и последующим годом (оттоки по возрастам) является замещающей кадровой потребностью экономики. Дополнительной возможностью в новом методе прогнозирования является детализация общей и замещающей кадровой потребности по однолетним возрастным категориям и полу занятых.

Далее все данные и расчеты приводятся по Республике Карелия.

На рис. 1 и 2 показана восстановленная по результатам выборочного обследования рабочей силы численность занятых и численность постоянного населения по данным статистики на примере мужчин и женщин в Республике Карелия.

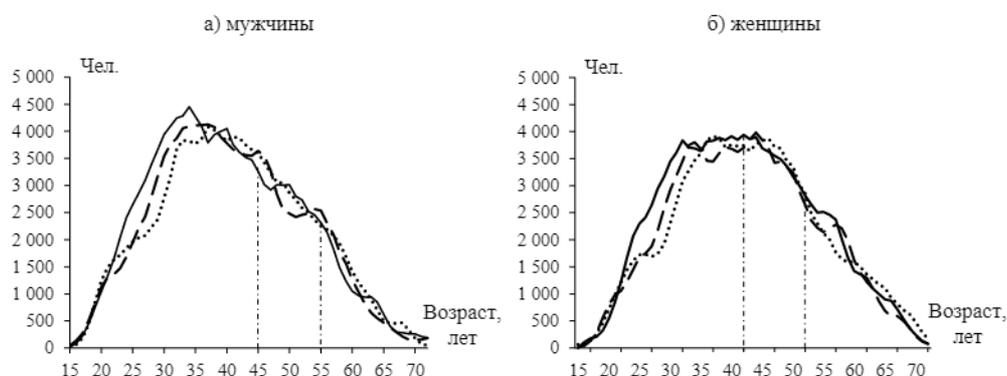


Рис. 1. Численность занятых в возрасте от 15 до 72 лет, ретроспектива 2019-2023 гг.:  
 — 2019 г.; - - - 2021 г.; ··· 2023 г.

Источник: расчеты авторов.

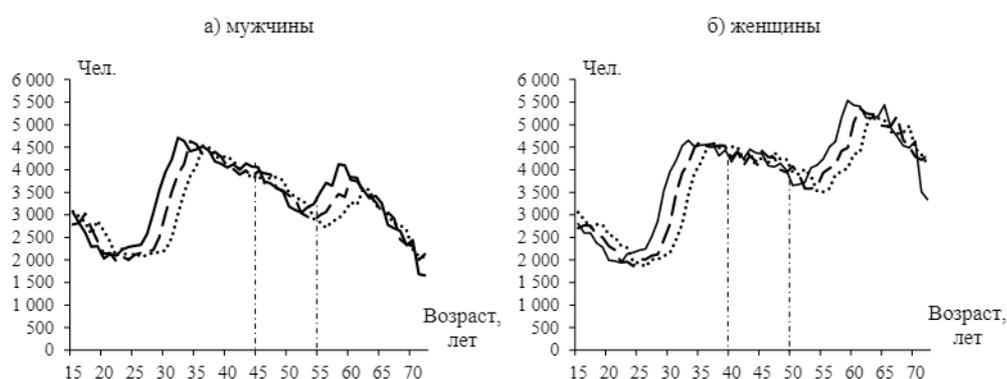


Рис. 2. Численность постоянного населения в возрасте от 15 до 72 лет, ретроспектива 2019-2023 гг.:  
 — 2019 г.; - - - 2021 г.; ··· 2023 г.

Источник: данные Федеральной службы государственной статистики.

Наличие показателей численности занятых и численности постоянного населения по ежегодным возрастным категориям позволяет сформировать долю занятых (уровень занятости) в численности постоянного населения по ежегодным возрастным категориям.

**Уровень занятости в экономике.** Значение уровня занятости по ежегодным возрастам на ретроспективном периоде с 2019 по 2023 гг. и усредненное значение за эти годы отдельно для мужчин и женщин приведено на рис. 3.

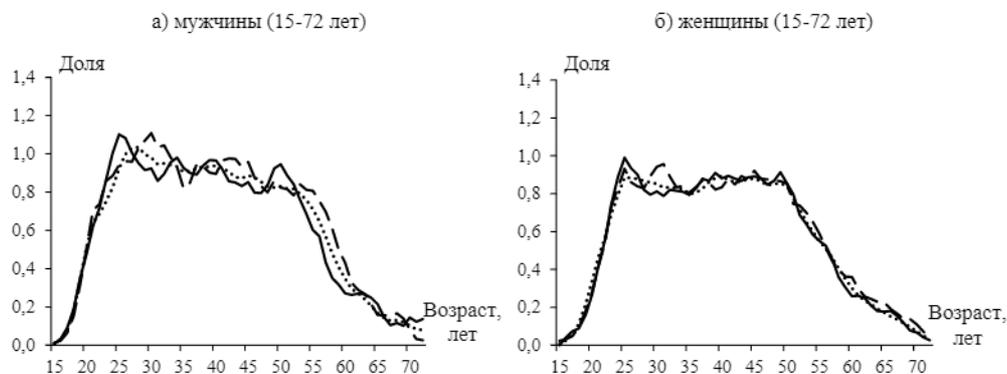


Рис. 3. Уровень занятости в экономике, 2019, 2023 гг. и среднее за период 2019-2023 гг.: — 2019 г.; - - - 2023 г.; ··· среднее

Источник: расчеты авторов.

Значение уровня занятости больше единицы для отдельных возрастных категорий у мужчин обусловлено наличием межрегиональных трудовых мигрантов в этих возрастных категориях, которые входят в численность работников, но не входят в численность постоянного населения.

Несмотря на различный функциональный вид численности занятых и численности постоянного населения мужчин и женщин, уровни занятости мужчин и женщин показывают подобные друг другу функциональные зависимости от возраста занятых в экономике.

**Прогноз уровней занятости.** Используя показатели уровня занятости на ретроспективном периоде с учетом движения пенсионного возраста на прогнозном периоде 2024-2028 гг., были получены следующие значения уровней занятости по ежегодным возрастным категориям для мужчин и женщин в возрастах 55-70 и 50-65 лет соответственно (рис. 4).

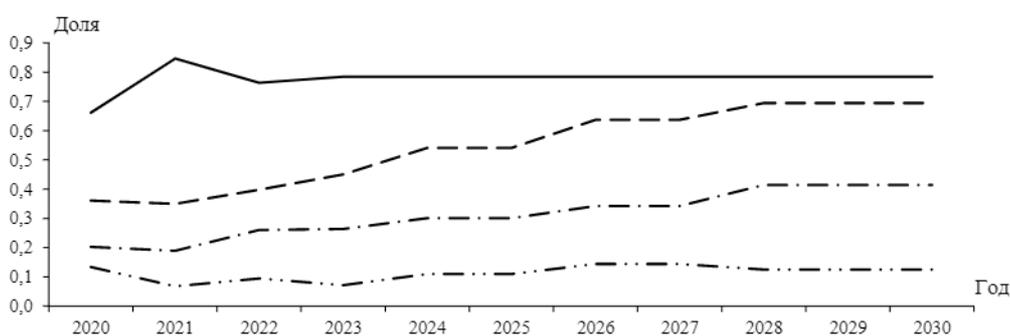


Рис. 4а. Фактические (2020-2023 гг.) и прогнозные (2024-2030 гг.) уровни занятости мужчин в возрасте 55-70 лет: — 55 лет; - - - 60 лет; - · - · - 63 года; ··· - 70 лет

Источник: расчеты авторов.

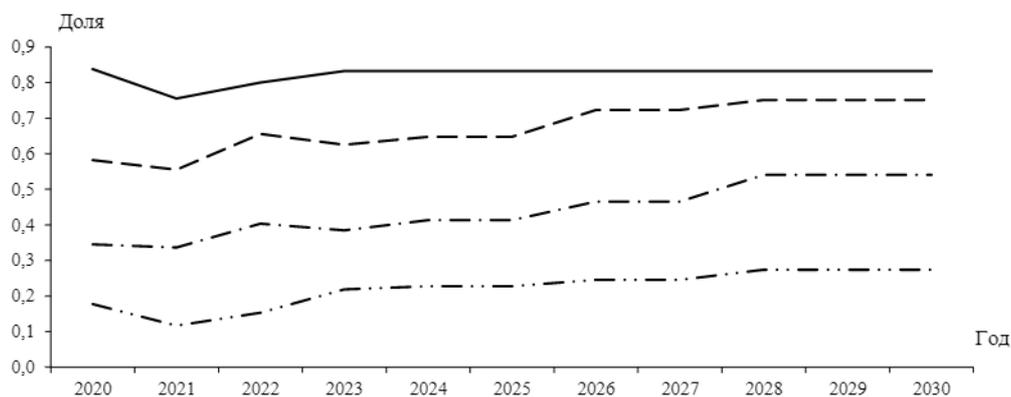


Рис. 4б. Фактические (2020-2023 гг.) и прогнозные (2024-2030 гг.) уровни занятости женщин в возрасте 50-65 лет:  
 — 50 лет; --- 54 года; - · - · - 59 лет; - · · · - 65 лет

Источник: расчеты авторов.

С учетом динамики уровня занятости получаем профили уровней занятости для мужчин и женщин по ежегодным возрастным категориям на прогнозном периоде (рис. 5).

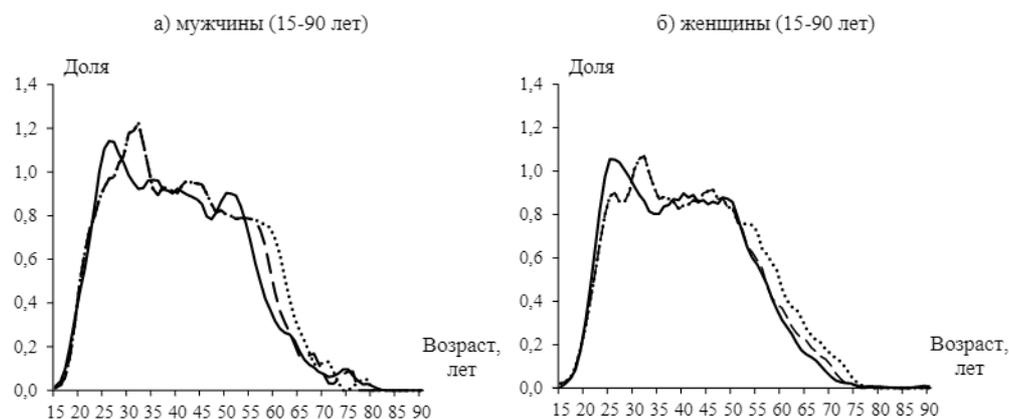


Рис. 5. Профили уровней занятости по ежегодным возрастным категориям на фактический (среднее за 2017-2019 гг.; 2023 г.) и прогнозный (2028 г.) периоды:  
 — 2017-2019 г.; --- 2023 г.; · · · 2028 г.

Источник: расчеты авторов.

Прогноз численности населения на перспективу формировался стандартным методом сдвигки возрастов с учетом коэффициента дожития [19].

Умножая численность населения на уровень занятости в последний фактический 2023 г., получаем прогнозную численность занятых в экономике на горизонте планирования до 2030 г. (рис. 6).

При расчете оттоков занятых из показателей численности занятых получалась скачкообразная кривая (и для мужчин, и для женщин). Использование различных вариантов сглаживания численности занятых не позволяло устранить данную скачкообразность [15]. Для ее устранения в дальнейшем использован метод замены реальной функции уровня занятости на модельную функцию.

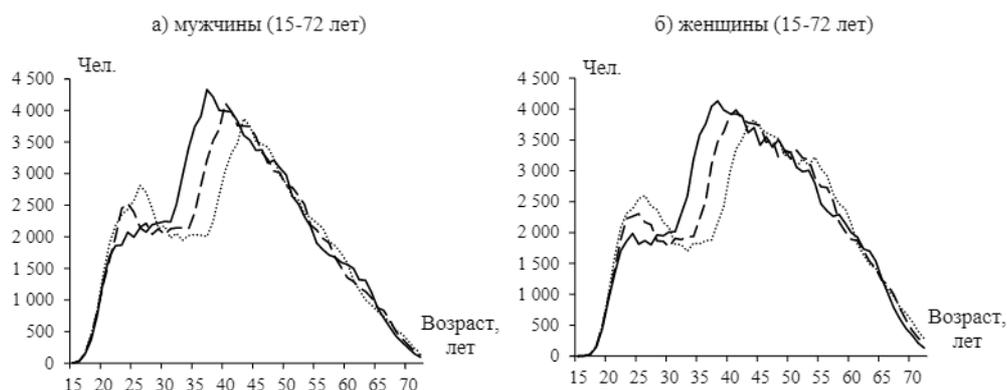


Рис. 6. Прогнозные показатели численности занятых в экономике, 2024, 2027, 2030 гг.:  
 — 2024 г.; - - - 2027 г.; ··· 2030 г.

Источник: расчеты авторов.

**Модельная функция уровней занятости.** Рассмотрим задачу анализа формы функциональной зависимости уровней занятости в экономике по ежегодным возрастам с целью определения теоретического закона распределения случайной величины, описывающей такое поведение.

Графики на рис. 3 и 5 для уровней занятости по возрастам показывают непрерывную функцию, которая сначала быстро возрастает, затем сохраняет значения на длительном интервале и после спадает, образуя кривую, похожую на колокол с плоской вершиной. При этом функция имеет асимметричную форму и постепенно снижается, демонстрируя асимптотическое поведение, то есть не пересекает горизонтальную ось. Такие функции, имеющие вид кривых с плоской вершиной, известны под названием супергауссовых функций и относятся к классу «flat-top» гауссового распределения<sup>10</sup>, когда содержание показателя степени функции Гаусса дополнительно возводится в степень  $p$ , ( $p > 1$ ):

$$g(x; \mu, \sigma, p) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\left(\frac{(x-\mu)^2}{\sigma^2}\right)^p\right), p > 1. \quad (1)$$

Причем, чем больше значение параметра  $p$ , тем более плоская получается форма «крыши» у функции плотности распределения.

Несмотря на то, что сплюснутые кривые колоколообразной формы хорошо описываются супергауссовской функцией, они являются симметричными. Чтобы сделать ее асимметричной, можно выбрать логнормальное распределение, которое в данном случае хорошо подходит также из-за положительной области определения аргумента  $x$ , ( $x > 0$ ), которым является возраст.

Распространенным подходом для управления формой середины плотности распределения является использование степенной модификации  $x^\alpha$ . Степенной показатель  $\alpha$  управляет асимметрией функции плотности распределения: при значении параметра  $\alpha = 1$  плоская вершина кривой распределения имеет горизонтальный вид, при  $\alpha > 1$  вершина кривой линейно растет, при  $\alpha < 1$  – вершина кривой линейно убывает.

Применим к (1) логнормальное распределение и введем дополнительный параметр в виде множителя  $x^\alpha$ :

$$g(x; \mu, \sigma, p, \alpha) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\left(\frac{(\ln x - \mu)^2}{\sigma^2}\right)^p\right) x^\alpha, 0 < x < \infty, p > 1. \quad (2)$$

<sup>10</sup> Flat-top Gaussian distributions. URL: <https://math.stackexchange.com/questions/3800219/flat-top-gaussian-distributions>

На практике, из-за ограничения по возрасту, в предельном случае плотность распределения доли занятых является усеченной случайной величиной в интервале от 1 до 90 лет, так, что  $a \leq x \leq b$ ,  $a = 1$ ,  $b = 90$ .

Из-за свойств усеченного распределения, уравнение (2) может не интегрироваться в единицу на интервале  $a \leq x \leq b$ , поэтому требуется нормировочная константа  $Z$ , чтобы гарантировать, что это допустимая функция плотности вероятности:

$$g(x; \mu, \sigma, p, \alpha) = \frac{1}{Z} \left[ \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma}\right)^p\right) x^\alpha \right], a \leq x \leq b, p > 1, \quad (3)$$

где  $Z$  – нормировочная константа:

$$Z = \int_a^b \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma}\right)^p\right) x^\alpha dx. \quad (4)$$

В итоге получаем четырехпараметрическую функцию суперлогнормального распределения со степенной модификацией, выраженную уравнением (3), которым будем описывать распределение уровня занятости по возрасту.

На рис. 7 приведены функциональные зависимости плотности вероятности случайной величины, рассчитанные по соотношению (3) в зависимости от возрастов в диапазоне от 15 до 75 лет. На этой кривой, которая описывает уровни занятости рабочей силы, выделяются три области.

1. Рост функции в младших возрастах с 15 до 25 лет, при этом скорость роста определяется параметрами логнормального распределения  $\mu$  и  $\sigma$ .

2. Плато на функции в активных трудоспособных возрастах с 26 до 50 лет. Параметр  $\alpha$  определяет наклон плато. При значениях  $\alpha$  больше единицы, производная функции положительна, и доля занятых с ростом возраста увеличивается. При значениях  $\alpha$  меньше единицы, производная функции отрицательна, и доля занятых с ростом возраста уменьшается. Параметр  $p$  влияет на ширину плато: при  $p = 1$  плато отсутствует; при увеличении  $p > 1$  ширина плато возрастает и увеличивается крутизна боковых областей функции плотности распределения. Параметр  $\mu$  определяет положение по оси абсцисс среднего значения функции плотности распределения,  $\exp(\mu)$  соответствует среднему возрасту занятых, параметр  $\sigma$  определяет дисперсию функции плотности распределения.

3. Спад функции в старших возрастах от 51 до 75 лет, при этом скорость спада определяется параметрами логнормального распределения  $\mu$  и  $\sigma$ .

Пример аппроксимации функцией (3) эмпирической плотности распределения доли занятых отдельно мужского и женского пола в Республике Карелия представлен на рис. 7. Эмпирическая плотность распределения доли занятых выбиралась как среднее за три года (2017-2019).

Подбор параметров функции (3) осуществлялся методом обобщенного приведенного градиента [20], который используется для решения задач нелинейной оптимизации с ограничениями<sup>11</sup>.

Площади под кривыми рис. 7а и 7б статистических данных об уровнях занятости нормированы к единице, чтобы соответствовать закону распределения случайной величины. Для обратного перехода к исходным уровням занятости значения модельной функции умножаются на нормировочный множитель.

<sup>11</sup> Оценки параметров функции (3), аппроксимирующей фактические данные, для мужчин:  $\mu = 3,559$ ,  $\sigma = 0,574$ ,  $p = 2,493$ ,  $\alpha = 0,690$ ; для женщин:  $\mu = 3,566$ ,  $\sigma = 0,553$ ,  $p = 2,795$ ,  $\alpha = 0,692$ . В обоих случаях эмпирические данные хорошо описываются модельной функцией. Показатели качества аппроксимации составляют: для доли работников мужского пола (рис. 7а) средняя ошибка MAPE=11,2%, коэффициент детерминации  $R^2=0,984$ ; для доли работников женского пола (рис. 7б) MAPE=12,6%, коэффициент детерминации  $R^2=0,989$ .

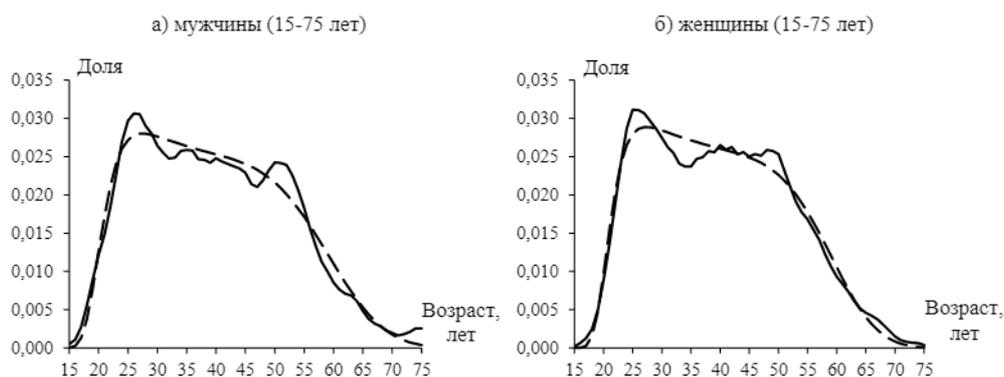


Рис. 7. Аппроксимация модельной функцией (3) эмпирической плотности распределения доли занятых (среднее за 2017-2019 гг.):

— эмпирическая плотность распределения; --- модельная функция

Источник: расчеты авторов.

**Прогноз численности и оттоков занятых в экономике.** Поскольку на ретроспективном периоде была достигнута хорошая аппроксимация экспериментальных данных модельной функцией уровней занятости, этот подход был распространен на прогнозный период. При этом предполагается, что численность постоянного населения детерминирована естественными демографическими тенденциями (нет трудовой миграции), рост валового регионального продукта обусловлен положительным изменением производительности труда.

С учетом динамики уровней занятости мужчин и женщин в пенсионных возрастах 55+ и 50+ соответственно, на модельной функции уровней занятости в более старших возрастах появляется «ступенька», иллюстрирующая изменение уровней занятости при изменении пенсионного возраста. Формирование серии «ступенек» для мужчин относится к возрастам 55-60 лет при начальном уровне занятости 0,7 в 55 лет; для женщин – к возрастам 50-55 лет при начальном уровне занятости 0,8 в 50 лет. Поскольку изменение пенсионного возраста происходит один раз в два года, то и ступеньки на уровнях занятости также изменяются один раз в два года, то есть они одинаковы, например, для 2026 и 2027 гг. Различия в уровнях занятости возраста выхода на пенсию между мужчинами и женщинами отразятся в дальнейшем на значениях коэффициентов оттока. Уровни занятости младших возрастов не меняются (рис. 8).

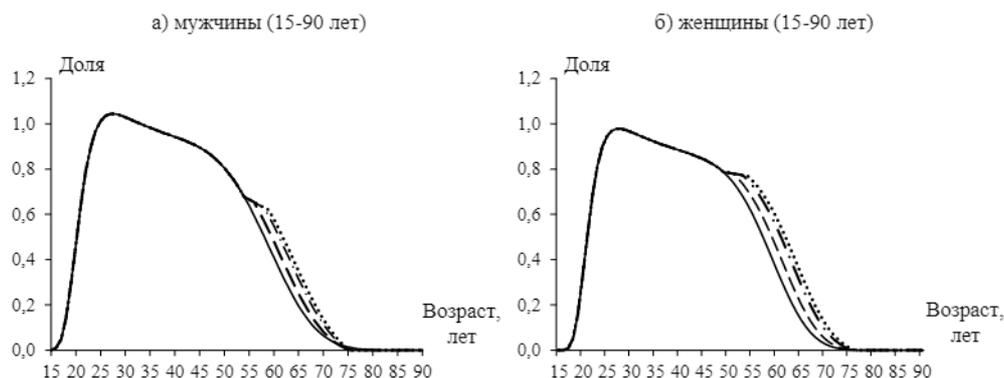


Рис. 8. Фактические и прогнозные уровни занятости, 2019, 2022, 2026-2027, 2030 гг.:

— 2019 г.; --- 2022 г.; - · - · - 2026-2027 г.; ··· 2030 г.

Источник: расчеты авторов.

Значение численности занятых по ежегодным возрастным категориям с учетом этих функций, рассчитанных на 2021-2023 гг., приведено на рис. 9. При расчете учитывалась численность постоянного населения соответственно на 2021-2023 гг., а уровни занятости использовались для 2023 г. с ограничением на единицу доли занятых для младших возрастов.

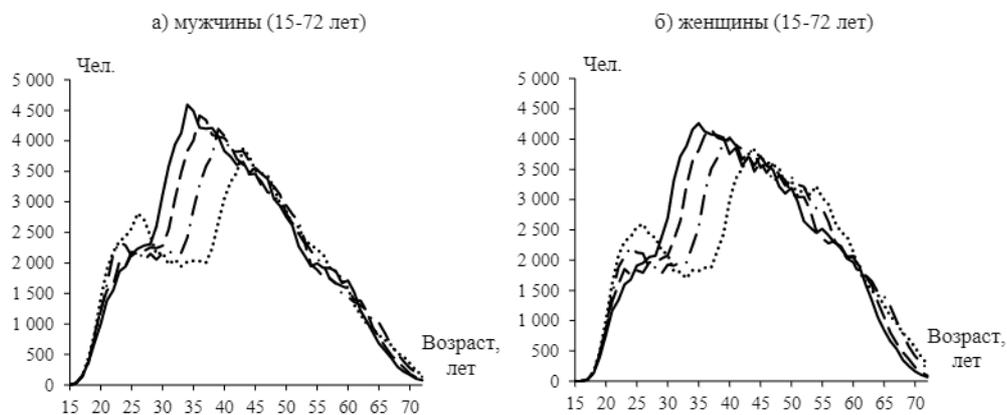


Рис. 9. Фактические и прогнозные значения численности занятых (общей кадровой потребности), рассчитанные на основе модельной функции, 2021, 2023, 2026, 2030 гг.: — 2021 г.; - - - 2023 г.; - · - · - 2026 г.; ··· 2030 г.

Источник: расчеты авторов.

Интегральное значение численности занятых (объем общей кадровой потребности), полученное суммированием по возрастам для рассматриваемых периодов, для мужчин составляет в 2021 г. – 125,8 тыс. чел., в 2023 г. – 122,5 тыс., в 2026 г. – 117,9 тыс., в 2030 г. – 112,2 тыс. Аналогичные значения для женщин: в 2021 г. – 127,6 тыс., в 2023 г. – 125,6 тыс., в 2026 г. – 124,8 тыс., в 2030 г. – 120,8 тыс. чел.

Рассчитанные таким образом на основе модельной функции значения численности занятых в постоянном населении близки к значениям, приведенным на рисунках 1 и 6 – разность между полной численностью занятых в обоих случаях составила 1-2%<sup>12</sup>.

Изменения в численности занятых (оттоки и притоки), рассчитанные для текущего года по отношению к предшествующему, показаны на рис. 10.

Форма кривой и значения показателей оттоков соответствуют представлениям о динамике движения по возрастам занятого населения. Притоки занятых приходятся на возрасты с 17 до 26 лет и связаны с завершением обучения и началом трудовой деятельности.

Основные оттоки приходятся на возрасты старше пенсионного. Для женщин больший отток, чем у мужчин, в пенсионных возрастах. Оттоки в возрастах от 30 лет до пенсионного незначительны и связаны с производственным и бытовым травматизмом, сменой места жительства. Для мужчин оттоки в этих возрастах больше, чем для женщин.

<sup>12</sup> Значение медианного абсолютного отклонения (MAPE), которое является мерой статистического разброса, для ретроспективных показателей составляет: MAPE (2021) = 20,2%; MAPE (2023) = 15,6%. Коэффициент детерминации составляет  $R^2(2021) = 0,963$ ;  $R^2(2023) = 0,968$ . Относительно высокое значение MAPE связано с отклонениями модельных и экспериментальных значений в районе плато суперлогнормального распределения (рис. 7). На участках роста и спада функции распределения значение MAPE существенно меньше.

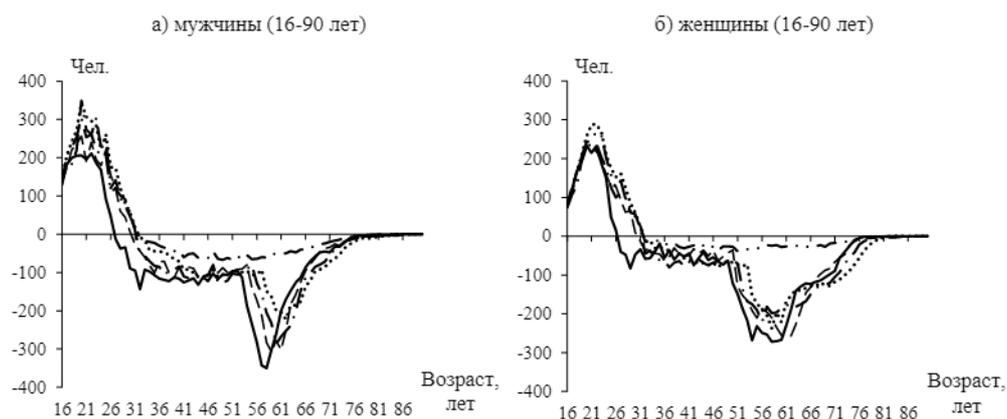


Рис. 10. Ежегодные притоки и оттоки в численности занятых по возрастам на ретроспективном и прогнозном периодах, 2020, 2022, 2024, 2027, 2030 гг.: — 2020 г.; - - - 2022 г.; - · - · - 2024 г.; - · · - · - 2027 г.; · · · 2030 г.

Источник: расчеты авторов.

На рис. 11 приведена схема повышения пенсионного возраста для населения Республики Карелия. В рамках настоящего исследования при наличии исходных данных в разрезе однолетних возрастных категорий с ежегодной периодичностью повышение пенсионного возраста осуществляется на один год раз в два года. Этот подход соответствует изменению возрастных границ трудоспособного возраста согласно методологии Росстата<sup>13</sup>.

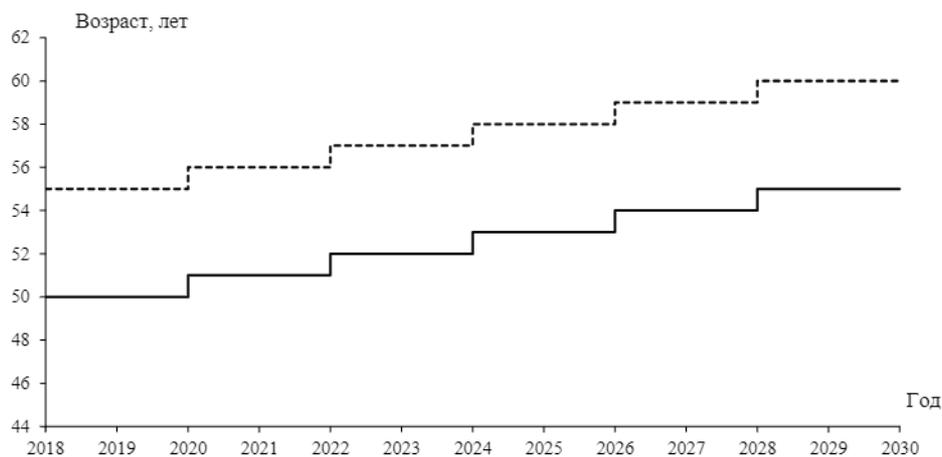


Рис. 11. Возраст выхода на пенсию мужчин (55-60 лет) и женщин (50-55 лет), 2018-2030 гг.: - - - мужчины; — женщины

Источник: составлено авторами.

На рис. 12 отражена динамика коэффициентов естественно-возрастного выбытия, сформированная на основе численности оттоков для мужчин и женщин.

<sup>13</sup> Приказ федеральной службы государственной статистики от 17 июля 2019 г. № 409 «Об утверждении методики определения возрастных групп населения». URL: <https://docs.cntd.ru/document/560682671>

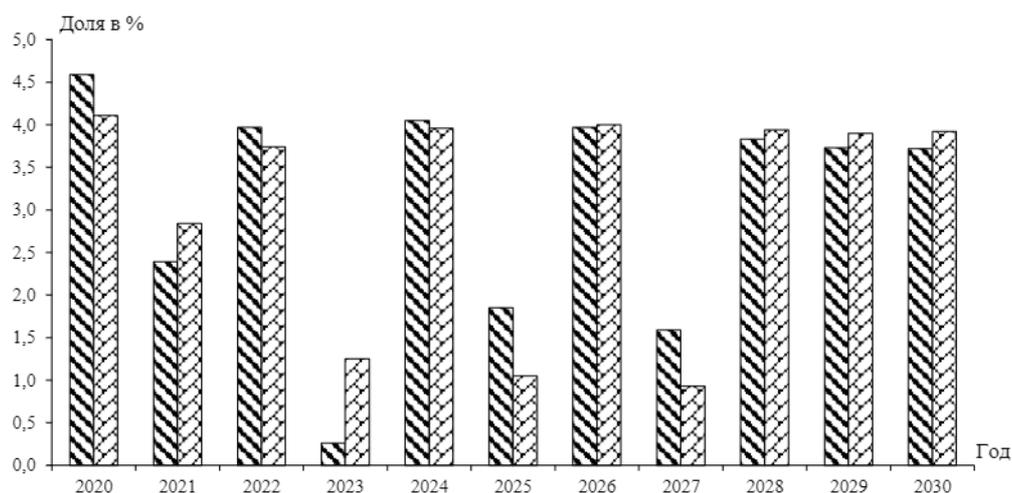


Рис. 12. Коэффициенты естественно-возрастного выбытия в численности занятого населения среди мужчин и женщин, 2020-2030 гг.:

■ мужчины; ▨ женщины

Источник: расчеты авторов.

Показатели оттоков чередуются с интервалом в два года: в нечетные годы предпенсионеры продолжают работать, и отток уменьшается. В четные годы, наоборот, отток увеличивается. Так, в 2021 г. произошло повышение пенсионного возраста, численность занятых выросла и, как следствие, отток уменьшился и составил 2,2% для мужчин и 2,7% для женщин. По завершении действия пенсионной реформы показатели оттоков мужчин и женщин выходят на стационарный уровень и находятся в интервале 3,7-3,9%.

\* \* \*

В ходе исследования разработан и апробирован новый метод расчета прогнозных показателей общей и замещающей кадровой потребности, основанный на микроданных выборочных обследований рабочей силы по регионам РФ. Метод прогнозирования базируется на использовании профилей уровней занятости по ежегодным возрастным категориям при расчетах численности занятых в разрезе однолетних половозрастных категорий на фактический и прогнозный периоды. Алгоритм реализации метода содержит следующие шаги:

- 1) выгрузка микроданных выборочных обследований рабочей силы по ежегодным возрастным категориям с учетом гендерного состава;
- 2) масштабирование результатов выборочного опроса на всю численность занятых из постоянного населения региона;
- 3) проведение процедуры двойного сглаживания масштабированных данных и формирование показателей численности занятых по ежегодным возрастным категориям;
- 4) формирование показателей численности постоянного населения по ежегодным возрастным категориям;
- 5) расчет уровней занятости постоянного населения на ретроспективном периоде;
- 6) подбор параметров модельной функции в виде суперлогнормального распределения, модифицированного степенным множителем, для аппроксимации ретроспективных расчетных уровней занятости;

7) учет в прогнозной модельной функции уровней занятости в старших возрастах «ступенек», отражающих изменение уровней занятости при изменении пенсионного возраста;

8) формирование прогнозных значений численности занятых, рассчитанных на основе модельной функции, в разрезе однолетних половозрастных категорий. Определение объема общей кадровой потребности путем суммирования прогнозных значений численности занятых по возрастам;

9) расчет притоков и оттоков в численности занятых мужчин и женщин по ежегодным возрастам на ретроспективном и прогнозном периодах. Суммирование оттоков занятых по возрастам для определения общего объема замещающей кадровой потребности экономики;

10) визуализация коэффициента естественно-возрастного выбытия на временном горизонте реализации пенсионной реформы.

Практическая значимость исследования заключается в том, что разработанный алгоритм расчета прогнозных показателей общей и замещающей кадровой потребности может быть использован другими исследователями и сотрудниками органов исполнительной власти субъектов РФ для обоснования управленческих решений в сфере регулирования рынка труда. Показатели замещающей кадровой потребности послужат основой для формирования контрольных цифр приема в образовательные организации региона.

Ограничением новой методики является допущение о сохранении динамики изменения численности постоянного населения и уровней занятости в разрезе половозрастных категорий. Направлением дальнейшего исследования является апробация предложенной методики на показателях других субъектов РФ.

#### Литература / References

1. Королев И.Б. Структурные характеристики отечественного рынка труда и оценка их изменений // Системное моделирование социально-экономических процессов: Труды 46-ой Международной научной школы-семинара. Воронеж, 2024. С. 434-438. DOI: 10.5281/zenodo.10955534. [Korolev I.B. Strukturnye kharakteristiki otechestvennogo rynka truda i otsenka ikh izmenenii. Sistemnoe modelirovanie sotsial'no-ekonomicheskikh protsessov: Trudy 46-oi Mezhdunarodnoi nauchnoi shkoly-seminara. Voronezh, 2024. Pp. 434-438. (In Russ.)]
2. Гимпельсон В.Е., Капелюшников Р.И. Российский рынок труда через призму демографии. М., ИД Высшей школы экономики. 2020. 436 с. [Gimpelson V.E., Kapelyushnikov R.I. Russian labor market through the prism of demography. M., HSE Publ. 2020. 436 p. (In Russ.)]
3. Порфирьев Б.Н., Широв А.А., Гусев М.С. Ключевые сюжеты долгосрочного социально-экономического прогноза развития российской экономики // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2024. № 1 (76). С. 12-20. DOI: 10.52897/2411-4588-2024-1-12-20. [Porfiriev B.N., Shirov A.A., Gusev M.S. Key areas of the Russian economy long-term forecast // Economy of the North-West: problems and prospects of development. 2024. No. 1 (76). Pp. 12-20. (In Russ.)]
4. Белоусов А.Р. Сценарии экономического развития России на пятнадцатилетнюю перспективу // Проблемы прогнозирования. 2006. № 1. С. 3-53. [Belousov A.R. Scenarios of economic development of Russia for a fifteen-year perspective // Problemy prognozirovaniya. 2006. No. 1. Pp. 3-53. (In Russ.)]
5. Васильева З.А., Филимоненко И.В. Проблемы моделирования кадровой потребности региональной экономики // Вестник Тихоокеанского государственного экономического университета. 2012. № 4. С. 46-57. [Vasilyeva Z.A., Filimonenko I.V. Problems of modeling the personnel needs of the regional economy // Vestnik Tikhookeanskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta. 2012. No. 4. Pp. 46-57. (In Russ.)]
6. Косоруков О.А., Петрикова Е.М., Петрикова С.М. Макроэкономические методы прогнозирования рынка труда в региональной экономике // Региональная экономика: теория и практика. 2010. № 45. С. 10-25. [Kosorukov O.A., Petrikova E.M., Petrikova S.M. Macroeconomic methods of forecasting the labor market in the regional economy // Regional Economy: Theory and Practice. 2010. No. 45. Pp. 10-25. (In Russ.)]
7. Коровкин А.Г. Динамика занятости и рынка труда: вопросы макроэкономического анализа и прогнозирования. М., МАКС Пресс. 2001. 320 с. [Korovkin A.G. Dinamika zanyatosti i rynka truda: voprosy makroekonomicheskogo analiza i prognozirovaniya: monografiya. M., MAKS Press. 2001. 320 p. (In Russ.)]
8. Коровкин А.Г. Динамика занятости и рынка труда в РФ в перспективе до 2030 г. // Проблемы прогнозирования. 2013. № 4. С. 79-96. [Korovkin A.G. Dynamics of employment and the labor market in the Russian Federation in the long term up to 2030 // Problemy prognozirovaniya. 2013. No. 4. Pp. 79-96. (In Russ.)]
9. Кузьмин В.В., Кузнецов С.Г., Кулагина Н.М., Попов А.Д. Проблемы прогнозирования параметров занятости и рынка труда // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2010. Т. 8. С. 703-726. [Kuzmin V.V., Kuznetsov S.G., Kulagina N.M., Popov A.D. Parameters of employment and labor market: problems of forecasting // Nauchnye trudy: INP RAN. 2010. Vol. 8. Pp. 703-726. (In Russ.)]

10. Кузнецов С.Г., Буданова А.И. Модели прогнозирования экономической активности населения // *Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН*. 2022. С. 360-382. DOI: 10.47711/2076-318-2022-360. [Kuznetsov S.G., Budanova A.I. Forecasting Models of Economic Activity of Population // *Scientific works: Institute of Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences*. 2022. Pp. 360-382. (In Russ.)]
11. Кашепов А.В. Россия в 2020 году: прогнозы численности населения и рабочей силы // *Вестник Российского нового университета*. 2012. № 2. С. 7-12. [Kashepov A.V. Russia in 2020: population and labor force forecasts // *Vestnik Rossiiskogo novogo universiteta*. 2012. No. 2. Pp. 7-12. (In Russ.)]
12. Омельченко И.Б., Сафонов А.С. Прогноз потребности в кадрах для формирования государственного заказа системе образования // *Социально-трудовые исследования*. 2024. № 57 (4). С. 139-149. DOI: 10.34022/2658-3712-2024-57-4-139-149. [Omel'chenko I.B., Safonov A.S. Forecast of the need for personnel for the formation of a state order for the education system // *Social and labor research*. 2024. No. 57 (4). Pp. 139-149. (In Russ.)]
13. 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. DOI: 10.15826/umpra.2017.04.056. [Gurtov V.A., Pitukhin E.A. Forecasting the economy's needs for qualified personnel: a review of approaches and application practices // *Journal University Management: Practice and Analysis*. 2017. Vol. 21. No. 4. Pp. 130-161. (In Russ.)]
14. Ширинкина Е.В., Короленко В.В. Многофакторная модель оценки текучести персонала в организации // *Управление персоналом и интеллектуальными ресурсами в России*. 2018. № 6. С. 76-80. [Shirinkina E.V., Korolenko V.V. Multifactor model for assessing staff turnover in an organization // *Upravlenie personalom i intellektual'nymi resursami v Rossii*. 2018. No. 6. Pp. 76-80. (In Russ.)]
15. 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. DOI: 10.35854/1998-1627-2025-4-411-429. [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 // *Economics and Management*. 2025. Vol. 31. No. 4. Pp. 411-429. (In Russ.)]
16. Жилин Д. Теория систем. Опыт построения курса. М., URSS, Ленанд. 2017. 176 с. [Zhilin D. Systems Theory. Experience of Course Construction. M., URSS, Lenand. 2017. 176 p. (In Russ.)]
17. Гуртов В.А., Питухин Е.А., Степусь И.С. Влияние пенсионной реформы на динамику численности лиц пенсионного возраста в арктических регионах России // *Север и рынок: формирование экономического порядка*. 2025. № 2. С. 22-37. DOI: 10.37614/2220-802X.2.2025.88.002. [Gurtov V.A., Pitukhin E.A., Stepus I.S. The impact of pension reform on the dynamics of the number of people of retirement age in the Arctic regions of Russia. Sever i ryok: formirovanie ekonomicheskogo porjadka. 2025. No. 2. Pp. 22-37. (In Russ.)]
18. Долгова И.Н., Коровкин А.Г., Синица А.Л. Макроэкономическая оценка состояния рынков труда европейской части российской Арктики после 2013 г. // *Проблемы прогнозирования*. 2023. № 1 (196). С. 117-128. DOI: 10.47711/0868-6351-196-117-128 [Dolgova I.N., Korovkin A.G., Sinitsa A.L. Macroeconomic Assessment of the State of Labor Markets in the European Part of the Russian Arctic After 2013. *Studies on Russian Economic Development*. 2023. Vol. 34. No. 1. Pp. 77-85. DOI: 10.1134/S1075700723010057 (In Russ.)]
19. Hyndman R.J., Booth H., Yasmeen F. Coherent mortality forecasting: the product-ratio method with functional time series models // *Demography*. 2013. Vol. 50. No. 1. Pp. 261-283. DOI: 10.1007/s13524-012-0145-5.
20. Jorge Nocedal, Stephen J. Wright. *Numerical Optimization*. 2nd. Berlin, New York: Springer-Verlag, 2006. ISBN 978-0-387-30303-1.



Статья поступила в редакцию 01.07.2025. Статья принята к публикации 26.09.2025.

**Для цитирования:** В.А. Гуртов, Е.А. Питухин, И.С. Степусь, И.В. Родион. Новый метод прогнозирования кадровой потребности экономики с учетом половозрастных характеристик занятости // *Проблемы прогнозирования*. 2026. № 1 (214). С. 157-171. DOI: 10.47711/0868-6351-214-157-171

## Summary

### A NEW METHOD FOR FORECASTING THE STAFFING NEEDS OF THE ECONOMY, TAKING INTO ACCOUNT AGE AND GENDER CHARACTERISTICS OF EMPLOYMENT

**V.A. GURTOV**, Doct. Sci. (Math. and Physics), Professor, Center for Budget Monitoring of Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

ORCID: 0000-0002-2442-7389

**E.A. PITUKHIN**, Doct. Sci. (Tech.), Professor, Center for Budget Monitoring of Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

ORCID: 0000-0002-7021-2995

**I.S. STEPUS'**, Cand. Sci. (Econ), Center for Budget Monitoring of Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

ORCID: 0000-0001-5070-0273

**I.V. RODION**, Center for Budget Monitoring of Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

ORCID: 0000-0002-6243-4010

**Abstract.** The article is a continuation of a series of publications by the authors on the topic of forecasting personnel needs taking into account the age and gender structure and the number of employees. The authors propose a new method for calculating forecast indicators of total and replacement personnel needs, based on the use of employment level profiles by one-year age categories. Employment level profiles are formed using indicators of the number of employed people by one-year age categories and gender factor, obtained from the results of processing and analysis of microdata from a sample survey of the labor force. The authors developed an algorithm for implementing a new method for calculating forecast indicators of general and replacement personnel needs; the proposed algorithm was tested using the example of the Republic of Karelia.

**Keywords:** personnel needs, number of employees, employment level, mathematical modeling, forecasting.

Received 01.07.2025. Accepted 26.09.2025.

**For citation:** *V.A. Gurtov, E.A. Pitukhin, I.S. Stepus', and I.V. Rodion. A New Method for Forecasting the Staffing Needs of the Economy, Taking into Account Age and Gender Characteristics of Employment // Studies on Russian Economic Development. 2026. Vol. 37. No. 1. Pp. 110–121. DOI: 10.1134/S1075700725700790*