

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАНЯТОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ: АНАЛИЗ ДИНАМИКИ И ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

О. В. Зайцева

кандидат экономических наук, доцент, Витебский государственный технологический университет, г. Витебск, Республика Беларусь, olgazaitseva@gmail.com

В статье проведен анализ динамики численности занятых в Республике Беларусь за период 1994–2023 гг., выявлены устойчивый отрицательный тренд, сезонные колебания и нестационарность ряда. На основе модели градиентного бустинга разработан прогноз занятости до 2028 года, который указывает на стабилизацию численности занятых на уровне около 4140 тыс. человек. Результаты исследования могут быть полезны для разработки стратегий регулирования рынка труда.

Ключевые слова: занятость; прогнозирование; временные ряды; машинное обучение; рынок труда.

STATISTICAL PORTRAIT OF THE BELARUSIAN SCIENTIST

O. V. Zaitseva

PhD in Economics, Associate Professor, Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Republic of Belarus, olgazaitseva@gmail.com

The article analyzes the dynamics of employment in the Republic of Belarus for the period 1994–2023, identifying a steady negative trend, seasonal fluctuations, and non-stationarity of the series. Based on the gradient boosting model, an employment forecast until 2028 was developed, indicating stabilization of employment levels at approximately 4140 thousand people. The results of the study can be useful for developing labor market regulation strategies.

Keywords: employment; forecasting; time series; machine learning; labor market.

Актуальность темы исследования обусловлена значительными изменениями на рынке труда Республики Беларусь, вызванными структурными трансформациями в экономике, а также демографическими факторами. Обзор научной литературы показывает, что вопросы прогнозирования занятости активно изучаются в контексте применения современных методов анализа данных, однако для Беларуси подобные исследования остаются недостаточно разработанными.

Проблема снижения численности занятых требует глубокого анализа и разработки эффективных прогностических моделей для принятия управленческих решений. В связи с чем в качестве цели исследования было выбрано прогнозирование численности занятых на период до 2028 года с использованием методов машинного обучения. Задачи включают анализ динамики занятости, выявление трендов и сезонных компонент, а также оценку точности прогностических моделей. В качестве информационной базы для прогнозирования занятости на рынке труда Республики Беларусь выступили годовые данные Национального статистического комитета за 1994–2023 годы.

На основе проведенного разведочного анализа временного ряда численности занятого населения за период 1994–2023 гг. можно сделать следующие выводы:

1. Дескриптивный анализ демонстрирует, что среднее значение численности занятых со-

ставляет 4444 тыс. человек при стандартном отклонении 141,5 тыс. человек. Коэффициент вариации, равный 3,2 %, свидетельствует о высокой степени однородности исследуемой совокупности, что подтверждает репрезентативность средних показателей;

2. Анализ динамических характеристик ряда выявил устойчивую тенденцию к снижению: за исследуемый период абсолютное сокращение численности занятых составило 546,4 тыс. человек (-11,6 %) (рис. 1). Среднегодовой абсолютный прирост характеризуется отрицательной величиной –18,8 тыс. человек, при среднегодовом темпе снижения 0,4 % (рис. 2);

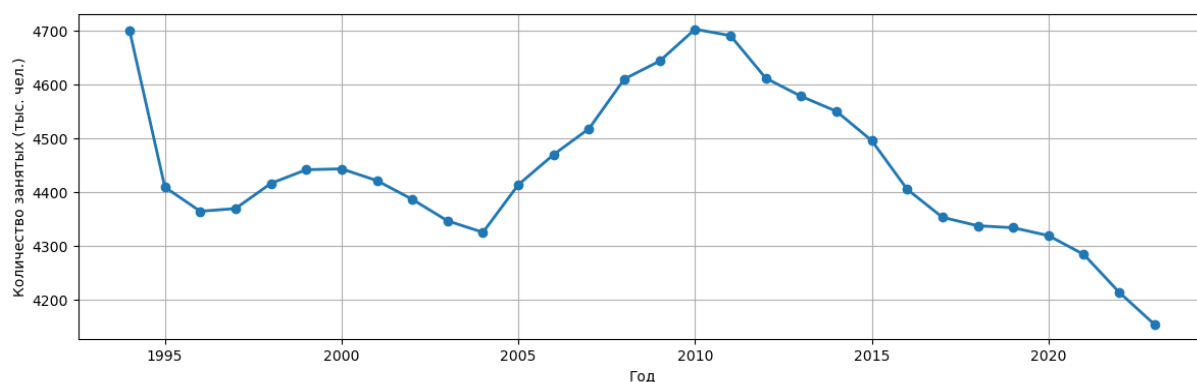


Рис. 1. Динамика численности занятых в Республике Беларусь в 1994 – 2023 гг., тыс.чел.

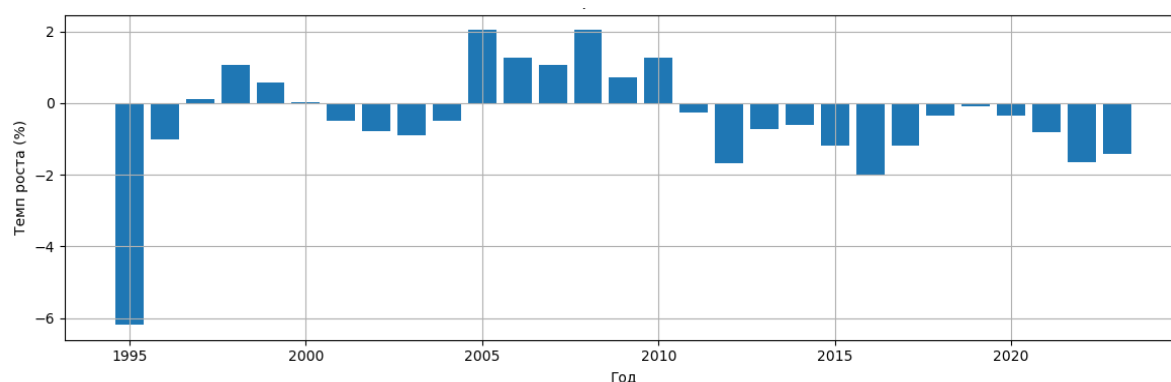


Рис. 2. Темпы роста численности занятых, %

3. Исследование характеристик распределения показало наличие слабо выраженной правосторонней асимметрии (коэффициент асимметрии 0,280) и незначительной плосковершинности распределения (коэффициент эксцесса -0,412). Данные параметры указывают на несущественное отклонение распределения от нормального закона;

4. Тест Дики-Фуллера на стационарность ($p\text{-value} = 0,864 > 0,05$) не позволяет отвергнуть нулевую гипотезу о наличии единичного корня, что свидетельствует о нестационарности временного ряда;

5. На основе анализа автокорреляционной (ACF) и частной автокорреляционной функций (PACF) временного ряда численности занятых (рис. 3) можно сформулировать следующие выводы:

- наблюдается медленное экспоненциальное затухание автокорреляционной функции, значения коэффициентов автокорреляции остаются статистически значимыми на протяжении длительного периода, присутствует выраженная периодичность в структуре ACF, отчетливо проявляются пики на лагах, кратных 12, что свидетельствует о наличии годовой сезонности, амплитуда сезонных пиков демонстрирует постепенное затухание;
- значимые коэффициенты частной автокорреляции наблюдаются на первых лагах,

структура PACF указывает на присутствие авторегрессионной составляющей, выявлена комбинация сезонных и несезонных компонент.

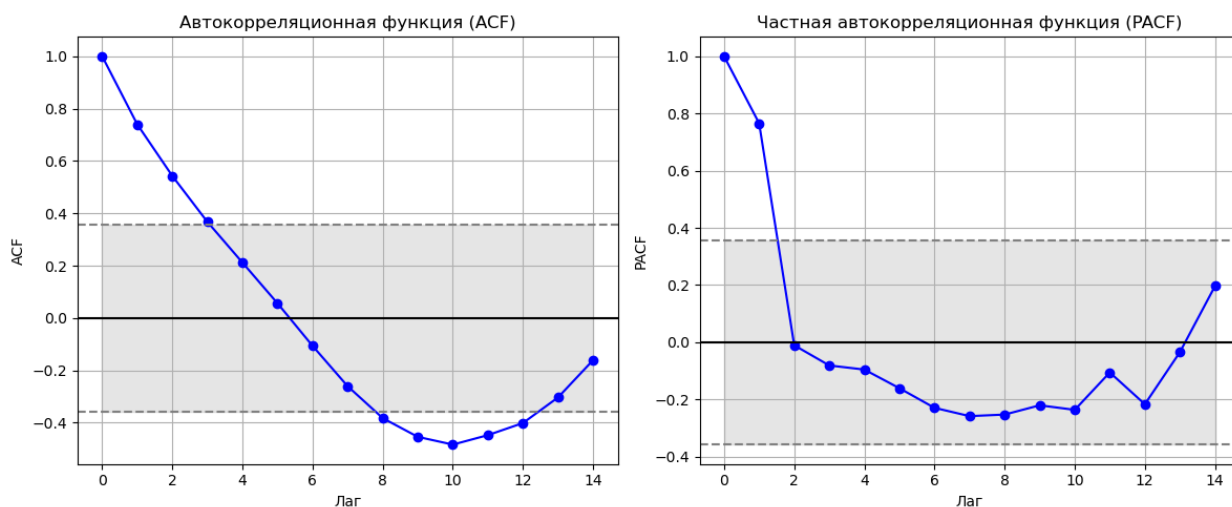


Рис. 3. Автокорреляционная (ACF) и частная автокорреляционная функция (PACF) временного ряда численности занятых

Таким образом, нестационарность временного ряда подтверждается также анализом автокорреляционной функции, которая демонстрирует статистически значимые коэффициенты автокорреляции для 14 лагов, что указывает на наличие долговременной памяти в исследуемом процессе.

6. Анализ декомпозиции временного ряда (рис.4) позволил сделать выводы о том, что наблюдается устойчивая нисходящая траектория тренд-циклической составляющей, характеризующейся монотонным убыванием с относительно стабильным темпом регрессии. Данная тенденция свидетельствует о структурной трансформации рынка труда, обусловленной совокупностью макроэкономических и демографических факторов. В структуре временного ряда выявлена отчетливая сезонная компонента с годовой периодичностью и относительно постоянной амплитудой колебаний. Стабильность сезонного паттерна указывает на устойчивость секторальной структуры экономики и воспроизводимость сезонных колебаний занятости. Анализ случайной составляющей демонстрирует умеренную волатильность при отсутствии значимых выбросов, что свидетельствует об относительной устойчивости рынка труда к краткосрочным шокам и эффективности институциональных механизмов регулирования занятости.

Таким образом, выявленные характеристики временного ряда позволяют констатировать наличие устойчивого отрицательного тренда в динамике занятости населения, что может быть обусловлено структурными изменениями в экономике и демографическими факторами. Нестационарность ряда и значимая автокорреляция свидетельствуют о необходимости применения специальных методов прогнозирования, учитывающих данные особенности при построении прогностических моделей.

При нестационарности ряда и значимой автокорреляции применяются, как правило, следующие методы машинного обучения: Random Forest (Случайный лес), XGBoost, LightGBM, CatBoost, SARIMA + ML.

В результате реализации методов «случайный лес», SARIMA и «градиентный бустинг» (XGBoost), наилучшие результаты показала модель «градиентный бустинг».

В ходе исследования была выполнена комплексная оценка эффективности разработанной прогностической модели с использованием ключевых метрик качества. Анализ полученных результатов демонстрирует достаточно высокую точность модели по всем исследуемым параметрам.

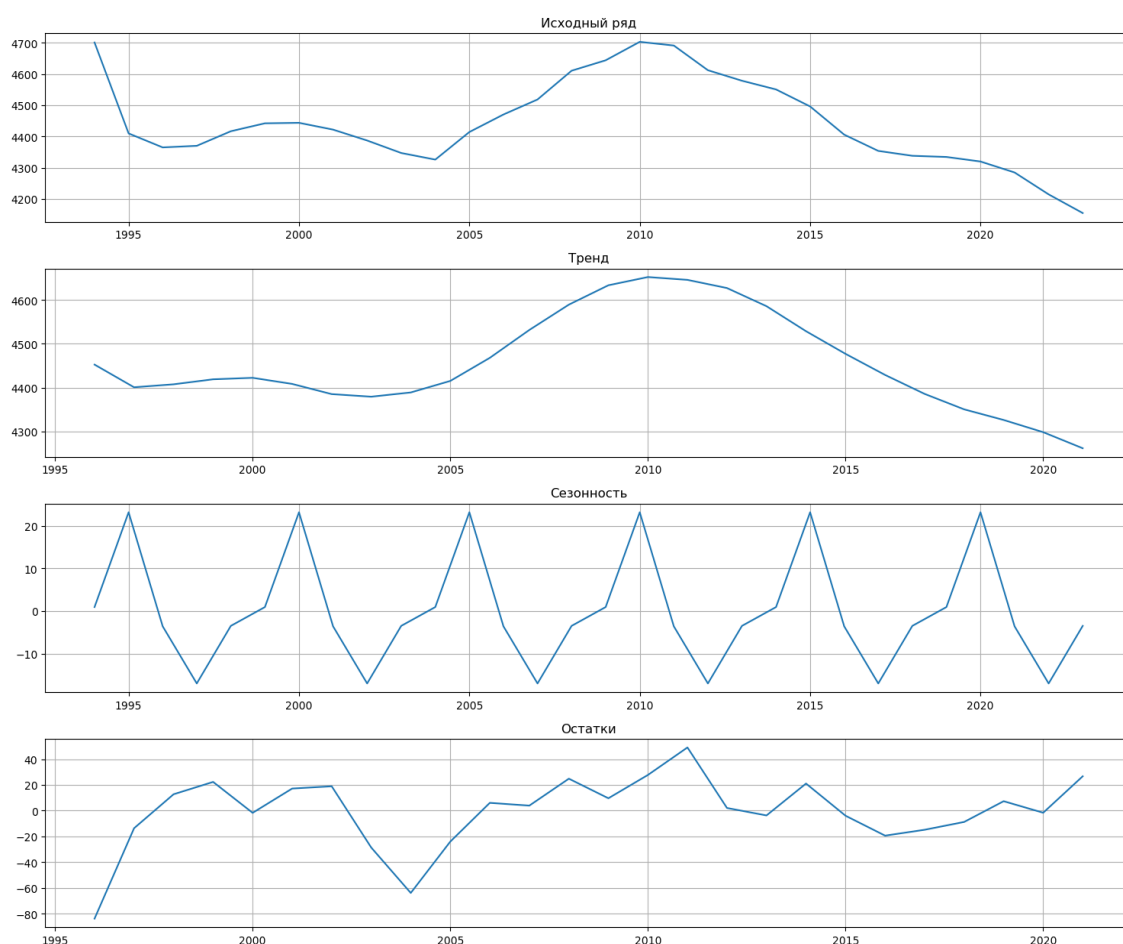


Рис. 4. Декомпозиция временного ряда численности занятых

Количественная оценка точности прогнозирования показала, что среднеквадратическая ошибка (MSE) составляет 13,12, а её корень (RMSE) – 3,62, что свидетельствует о минимальном расхождении между прогнозируемыми и фактическими значениями. Средняя абсолютная ошибка (MAE), равная 2,60, дополнительно подтверждает высокую прогностическую способность модели в абсолютном выражении. Особого внимания заслуживает полученное значение коэффициента детерминации ($R^2 = 1,00$), указывающее на максимально возможную объяснительную способность модели.

То есть модель демонстрирует довольно высокую точность прогнозирования, что подтверждается комплексом статистических метрик.

Прогноз на период до 2028 года представлен на рисунке 5.

В целом можно отметить, что прогноз на 2024-2028 годы показывает продолжение снижения численности занятых, но более плавными темпами.

Динамика прогнозных значений:

- 2024 год: 4154,49 тыс. человек (практически без изменений к 2023 году);
- 2025 год: 4137,71 тыс. человек (снижение на 16,78 тыс. человек);
- 2026 год: 4138,83 тыс. человек (небольшой рост на 1,12 тыс. человек);
- 2027 год: 4142,69 тыс. человек (рост на 3,86 тыс. человек);
- 2028 год: 4140,59 тыс. человек (снижение на 2,1 тыс. человек).

Исходя из динамики показателей занятости, прогнозируется стабилизация показателя около отметки 4140 тыс. человек, а колебания в прогнозном периоде станут менее выраженными ($\pm 3-16$ тыс. человек). Кроме того, не ожидается возврата к высоким значениям, наблю-

давшимися в начале периода (1994 год – 4700,9 тыс. человек).

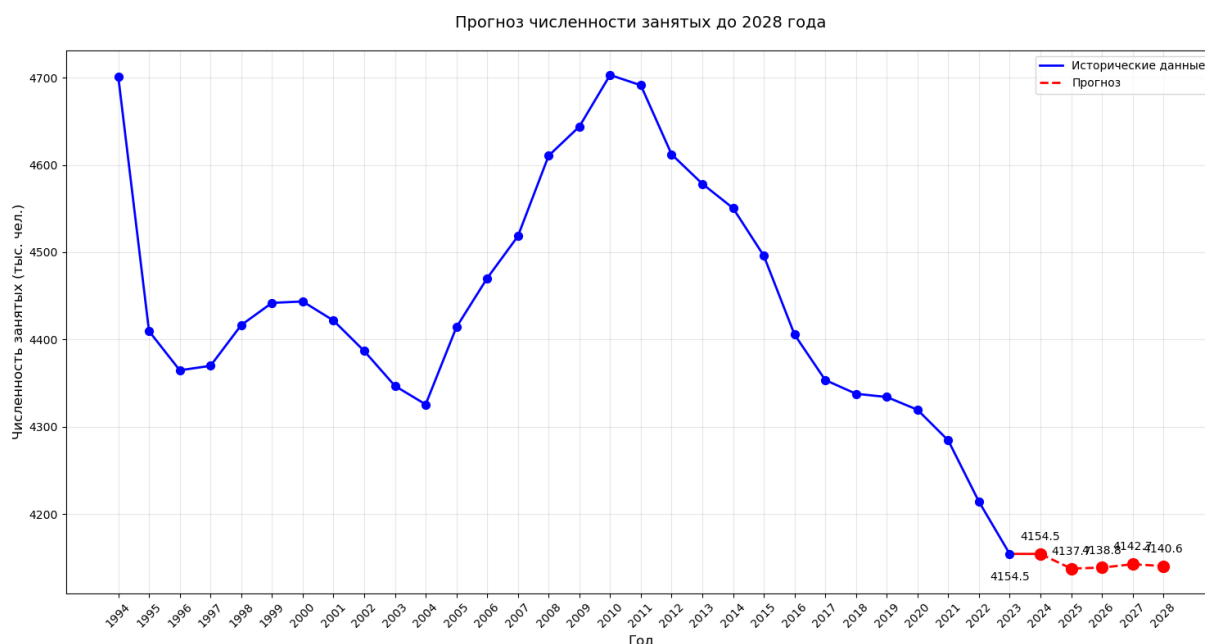


Рис. 5. Прогноз численности занятых в Республике Беларусь до 2028 года

В качестве возможных факторов дальнейшего влияния на численность занятых могут стать: демографические тенденции, автоматизация производства, структурные изменения в экономике, миграционные процессы.

Таким образом, учитывая довольно высокую точность примененной модели, прогноз указывает на стабилизацию численности занятых на уровне около 4140 тыс. человек с незначительными колебаниями. Это говорит о возможном достижении определенного равновесного состояния на рынке труда, хотя и на существенно более низком уровне по сравнению с историческими максимумами.

Проведенное исследование позволило выявить устойчивый отрицательный тренд в динамике занятости населения Республики Беларусь, обусловленный структурными изменениями в экономике и демографическими факторами. Применение модели градиентного бустинга показало высокую точность прогнозирования, что подтверждается комплексом статистических метрик. Прогноз на период до 2028 года указывает на стабилизацию численности занятых на уровне около 4140 тыс. человек с незначительными колебаниями. Полученные результаты могут быть использованы для разработки стратегий регулирования рынка труда и принятия решений в области экономической политики.