

## РОЗДІЛ 8. МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

### СИСТЕМНО-ДИНАМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ РИНКУ ПРАЦІ УКРАЇНИ

### SYSTEM-DYNAMIC MODELING OF THE MAIN INDICATORS OF THE UKRAINIAN LABOR MARKET

УДК 519.8:331.5

<https://doi.org/10.32843/bses.55-37>

**Наумова М.А.**

к.ф.-м.н., доцент,  
доцент кафедри  
економічної та управлінської аналітики  
Донецький національний університет  
імені Василя Стуса

**Гончарук Н.С.**

к.е.н., доцент кафедри  
права, управління та адміністрування  
Філія Донецького національного  
університету імені Василя Стуса  
«Бізнес-інноваційний центр  
«ДонНУ-Поділля»»

**Naumova Maryna**

Vasyl' Stus Donetsk National University

**Honcharuk Nataliia**

Branch of Vasyl Stus  
Donetsk National University  
Business Innovation Center  
"DonNU-Podillya"

*Важливість всебічного аналізу та прогнозування динаміки основних показників ринку праці України з використанням математичних методів обумовлюється складними епідеміологічними обставинами у світі та країні, зростанням макроекономічної нестабільності, ризиків переходу економіки до кризового стану, внутрішніх та зовнішніх глобальних викликів. Метою статті є дослідження поточного стану ринку праці України, аналіз динаміки його основних показників, побудова системно-динамічної моделі та прогнозування розвитку ринку праці на її основі. У статті показано, що ринок праці України за останні роки характеризується несуттєвим покращенням деяких показників, але загалом продовжує залишатись у кризовому стані. Представлено результати моделювання розвитку сфери зайнятості за допомогою системно-динамічного моделювання. Визначено прогнозні значення основних показників ринку праці на 2021 рік. Запропоновано низку заходів у сфері державного регулювання, які спрямовані на перехід ринку праці України до інноваційного вектору розвитку.*

**Ключові слова:** системно-динамічна модель, ринок праці, соціально-економічна нестабільність, зайнятість, безробіття.

*Важность всестороннего анализа и прогнозирования динамики основных пока-*

*зателей рынка труда Украины с использованием математических методов обуславливается сложными эпидемиологическими обстоятельствами в мире и стране, ростом макроэкономической нестабильности, риском перехода экономики к кризисному состоянию, внутренним и внешним глобальным вызовам. Целью статьи является исследование текущего состояния рынка труда Украины, анализ динамики его основных показателей, построение системно-динамической модели и прогнозирование развития рынка труда на ее основе. В статье показано, что рынок труда Украины за последние годы характеризуется незначительным улучшением некоторых показателей, но в целом продолжает оставаться в кризисном состоянии. Представлены результаты моделирования развития сферы занятости с помощью системно-динамического моделирования. Определены прогнозные значения основных показателей рынка труда на 2021 год. Предложен ряд мер в сфере государственного регулирования, которые направлены на переход рынка труда Украины к инновационному вектору развития.*

**Ключевые слова:** системно-динамическая модель, рынок труда, социально-экономическая нестабильность, занятость, безработица.

*Economic and mathematical modeling is one of the key stages in the study of the functioning of complex socio-economic systems. The use of mathematical methods allows simulating the processes of functioning of socio-economic systems, conducting analysis and assessment, identifying the relationships between the elements of the system, predicting the patterns and dynamics of processes, and planning future activities. The main feature of the application of economic and mathematical methods is the ability to describe the socio-economic system using a model, in the construction of which it is possible to take into account the factors of instability of their risks, build strategies, propose management methods, and compare the results of various options for appropriate solutions. The importance of a comprehensive analysis and forecasting of the dynamics of the main indicators of the labor market in Ukraine using mathematical methods is due to complex epidemiological circumstances in the world and in the country, the growth of macroeconomic instability, and the risks of transition of the economy to a crisis state, internal and external global challenges. The purpose of the article is to study the current state of the labor market in Ukraine, analyze the dynamics of its main indicators, build a system-dynamic model and forecast the development of the labor market on its basis. The article shows that the labor market of Ukraine in recent years is characterized by an insignificant improvement in some indicators, but, in general, continues to remain in a crisis state. The paper presents the results of modeling the development of the employment sector using system-dynamic modeling. The forecast values of the main indicators of the labor market for 2021 have been determined: the size of labor force, the size of employed and unemployed population, the coefficients of the turnover of the labor force for hiring and firing, the number of hired and fired the number of vacancies. A number of measures in the field of state regulation are proposed, aimed at increasing the level of socio-economic stability and the transition of the labor market in Ukraine to an innovative vector of development.*

**Key words:** system-dynamic model, labor market, socio-economic instability, employment, unemployment.

**Постановка проблеми.** Нині ринок праці в Україні зазнає низки негативних тенденції, які підсилюються впливом глобальних змін у світовій економіці, четвертою індустріальною революцією та пандемією Covid-19. Ще більш ускладнює стан ринку праці макроекономічна нестабільність країни, яка обумовлена зростанням дефіциту державного бюджету, нераціональним використанням бюджетних ресурсів, диспропорціями між

отриманою освітою та потребами роботодавців, збільшенням обсягів нерегульованої трудової міграції населення тощо. На фоні загрози погіршення ситуації у сфері соціально-трудова відносин великого значення набувають дослідження, моделювання та прогнозування розвитку ринку праці України.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження проблем функціонування ринку

праці в Україні викладено в багатьох роботах вітчизняних науковців, таких як Е. Лібанова, Л. Лісогор [1], Ю. Маршавін, А. Колот, Д. Богиня, І. Петрова [2], С. Кожем'якіна, В. Близнюк [3], Я. Юрик [4], С. Мочерний, О. Чернявська, Г. Завиновська, В. Васильченко, П. Буряк, Б. Карпінський, М. Григор'єва, Ю. Харазишвілі, О. Цимбал. Серед зарубіжних учених, праці яких присвячені дослідженню різноманітних аспектів соціально-трудової сфери, слід відзначити Дж. Грейсона, М. Кемпбелла, К. О'Делла, П. Макконнела. Серед проблем, які висвітлюються авторами, можна відзначити дослідження якісних та кількісних показників ринку праці, трансформацію зайнятості під впливом глобальних змін, які притаманні сучасному стану світової та національної економіки, соціальні аспекти праці. Однак в умовах соціально-економічної нестабільності, в яких перебуває економіка України, параметри ринку праці в Україні постійно змінюються, основні процеси, які протікають у сфері соціально-трудових відносин, потребують подальших досліджень та прогнозування.

**Постановка завдання.** Метою статті є аналіз динаміки основних показників ринку праці та їх прогнозування за допомогою системно-динамічного моделювання.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Стан ринку праці України характеризується низкою негативних наслідків, які пов'язані з дисбалансом між попитом та пропозицією робочої сили та зростанням рівня безробіття. Динаміка рівня безробіття та відповідних інших показників ринку праці наведена на рис. 1.

Згідно з даними Державної служби статистики та Міністерства фінансів України [5; 6], за 2000–2019 роки відбулося істотне скорочення

чисельності населення нашої країни, а саме із 48 923,2 тис. осіб до 41 902,4 тис. осіб, у зв'язку з падінням народжуваності, зростанням міграції, втратою територій внаслідок військового конфлікту на сході країни та анексії Криму. Відповідно, зайняте населення скоротилося з 18 520,7 тис. осіб у 2000 році до 15 894,9 тис. осіб у 2019 році. Однак за останні три роки динаміка змінилась, відбувалось поступове збільшення чисельності зайнятих на 421,9 тис. осіб. Щодо чисельності безробітного населення країни, то аналіз його динаміки демонструє відносно позитивну тенденцію, скорочення з 2 630 тис. осіб до 1 486, 9 тис. осіб у 2019 році, причому за останні три роки відбулося скорочення на 210,3 тис. осіб. Однак якщо подивитись на рівень безробіття, що показує частку чисельності безробітного населення, розрахованого за методологією МОП, у чисельності економічно активного працездатного населення, то досить істотне скорочення відбулось у 2000–2002 рр. (на 2,1%), а за останні 17 років – тільки на 1,7%.

Якщо порівняти рівень безробіття в Україні з країнами Євросоюзу (рис. 2), то можна побачити, що з рівнем безробіття у 7,3% Україна випереджає лише Францію (8,3%), Італію (9,1%) та Іспанію (13,9%), а найкращий показник має Чехія (2,1%). Однак за сукупністю чинників рівень та якість життя в Україні значно нижче, ніж у зазначених країнах, незважаючи на краще значення показника рівня безробіття.

Це підтверджується також порівнянням рівня зайнятості в Україні з країнами ЄС (рис. 3). Україна має низький рівень зайнятості порівняно з іншими країнами ЄС, а саме 52,7%, тоді як Швейцарія має найвищий рівень, а саме 65%, Німеччина має 60,0%, Австрія – 59,1%.

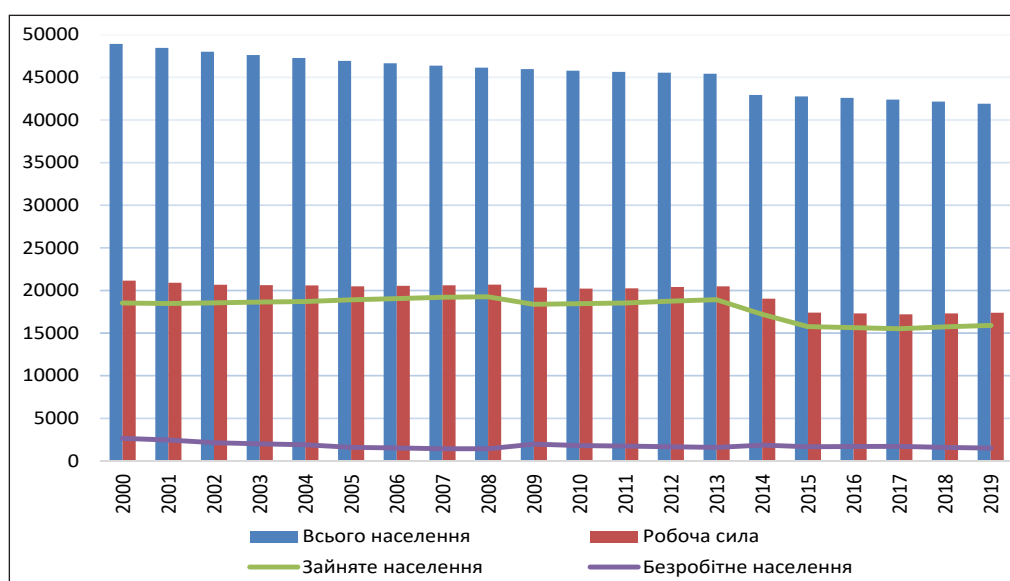


Рис. 1. Динаміка показників ринку праці в Україні за 2000–2019 рр.

Джерело: складено авторами на основі джерел [5; 6]

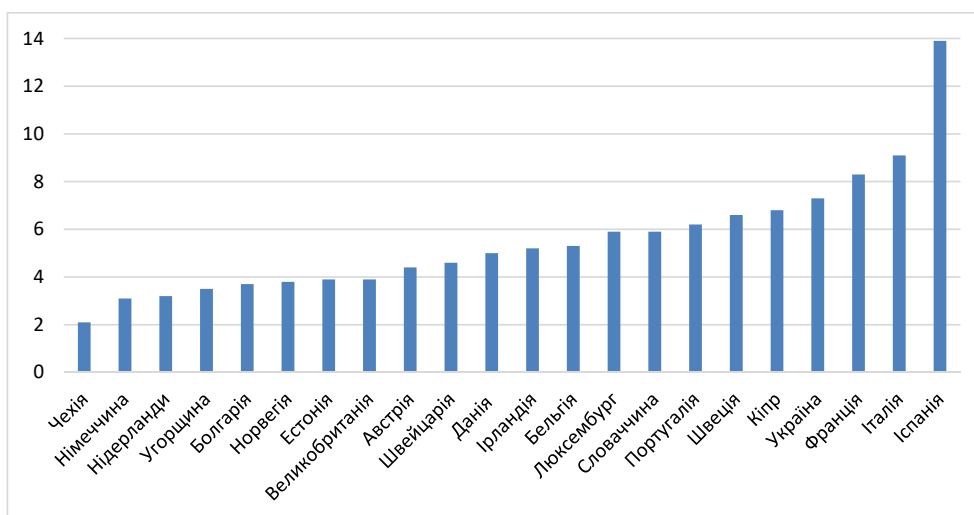


Рис. 2. Рівень безробіття в Україні та в країнах ЄС, %, III квартал 2019 року

Джерело: складено авторами на основі джерел [5; 7; 8]

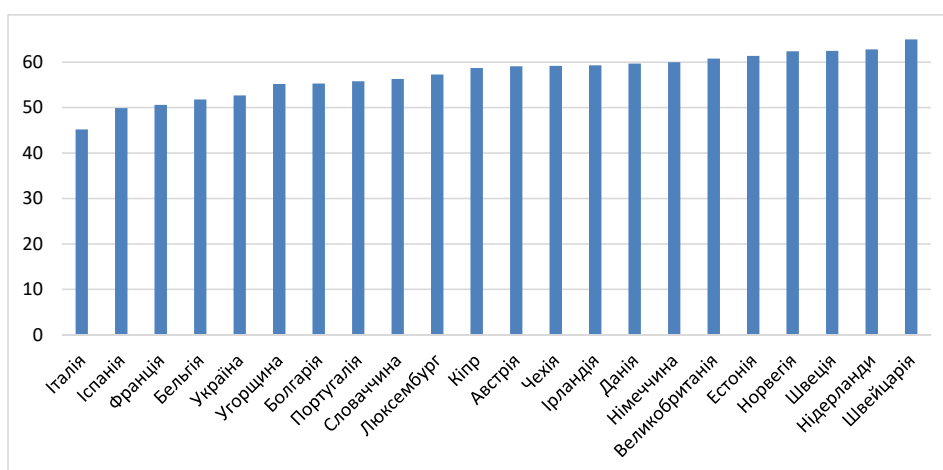


Рис. 3. Рівень зайнятості в Україні та в країнах ЄС, %, III квартал 2019 року

Джерело: складено авторами на основі джерел [5; 7; 8]

Одним з найважливіших показників ринку праці є розмір мінімальної заробітної плати, який, відповідно до Закону України «Про оплату праці», визначається на підставі середньої заробітної плати, величини мінімального споживчого бюджету, економічного стану в країні. Як видно з рис. 4 [6], Україна займає нижчу позицію за показником мінімальної заробітної плати, яка складає з 1 січня 2020 року 4 723 грн. на місяць, що на перерахунок в євро становить 170. Для порівняння, в сусідній Польщі цей показник дорівнює 611 євро, що на 441 євро більше.

Отже, система соціальних гарантій в Україні на прикладі мінімальної заробітної плати, а також основні показники функціонування ринку праці значно відстають від показників ринків праці більшості країн ЄС. До цього додається значна плинність кадрів, що негативно впливає на розвиток економіки країни загалом. Наприклад, у 2018 році

на підприємствах з кількістю зайнятих понад 10 осіб було замінено працівників на 60,8% робочих місцях (у країнах ЄС цей показник становить 30–40%) [5].

Ринок праці України функціонує в умовах соціально-економічної нестабільності та політичної невизначеності, однією з його характеристик є нестійкість по відношенню до зовнішніх факторів. У зв'язку з цим виникає потреба моделювання ринку праці з урахуванням збурень та факторів нестабільності. Як інструмент, що може забезпечити адекватний опис процесу функціонування сфери зайнятості, можна застосовувати методи імітаційного моделювання. Побудова імітаційної моделі дає змогу провести симуляцію поведінки суб'єктів ринку праці в різних ситуаціях невизначеності, оцінити динаміку основних його показників, а також спрогнозувати подальший розвиток соціально-трудої сфери.

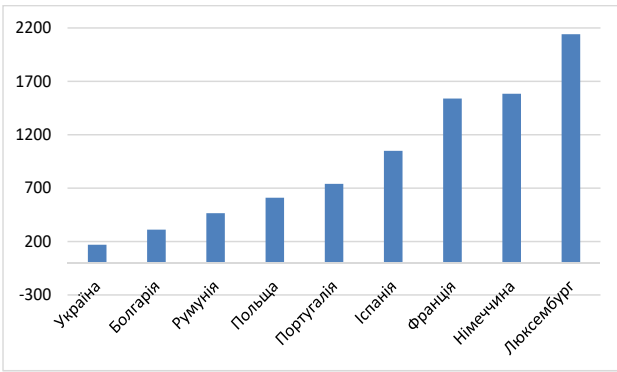


Рис. 4. Мінімальна заробітна плата в Україні та в країнах ЄС, січень 2020 року

Джерело: складено авторами на основі джерел [5; 7; 8]

Для більш детального аналізу й прогнозування основних показників ринку праці в Україні побудуємо системно-динамічну модель в ППП "Powersim" (рис. 5).

Рівняння рівнів, додаткових змінних, констант та темпів наведено на рис. 6.

Для створення імітаційної моделі використано метод Ейлера 1-го порядку, який дає змогу більш точно здійснити прогнозування з використанням початкових даних [9].

На першому кроці визначено значення змінних темпу  $F$  в момент часу  $t = T$ :

$$F_T = f(L_T), \quad (1)$$

де  $f$  – функція, яка визначає залежність  $F_T$  від  $L_T$ .

На другому кроці здійснюється розрахунок змінної рівня  $L$  у момент часу  $t = T + \Delta t$ , що здійснюється на основі початкових змінних рівня та темпу в попередній момент часу:

$$L_{T+\Delta t} = L_T + \Delta t \cdot F_T, \quad (2)$$

де  $\Delta t$  – шаг інтегрування. Таким чином, у методі Ейлера використовується інформація щодо значення змінної темпу (похідної функції  $L$  за часом) у початковій точці часового інтервалу  $[T, T + \Delta t]$ .

Побудована модель дає можливість зробити прогнозування таких важливих показників, як зайнятість населення та чисельність робочої сили України. Отже, згідно з побудованою імітаційною моделлю, чисельність зайнятого населення модель показує збільшення до 16 484 тис. осіб до 2021 року (рис. 7).

Чисельність робочої сили, згідно з отриманою моделлю, буде також зберігати тенденцію поступового зростання. Так, у 2021 році воно збільшиться до 17 969 тис. осіб (рис. 8).

Чисельність безробітного населення, згідно з моделлю, поступово спадає до 1 485 тис. осіб у 2021 році (рис. 9). Серед причин повільного спаду безробіття в Україні варто зазначити економічну та політичну нестабільність країни, низьку заробітну плату та неналежні умови праці, дисбаланс між здобутою освітою та потребами роботодавців, значну трудову міграцію населення до країн ЄС, яка збільшується з кожним роком.

Ця модель дає змогу спрогнозувати коефіцієнт обороту робочої сили по прийому (рис. 10), який

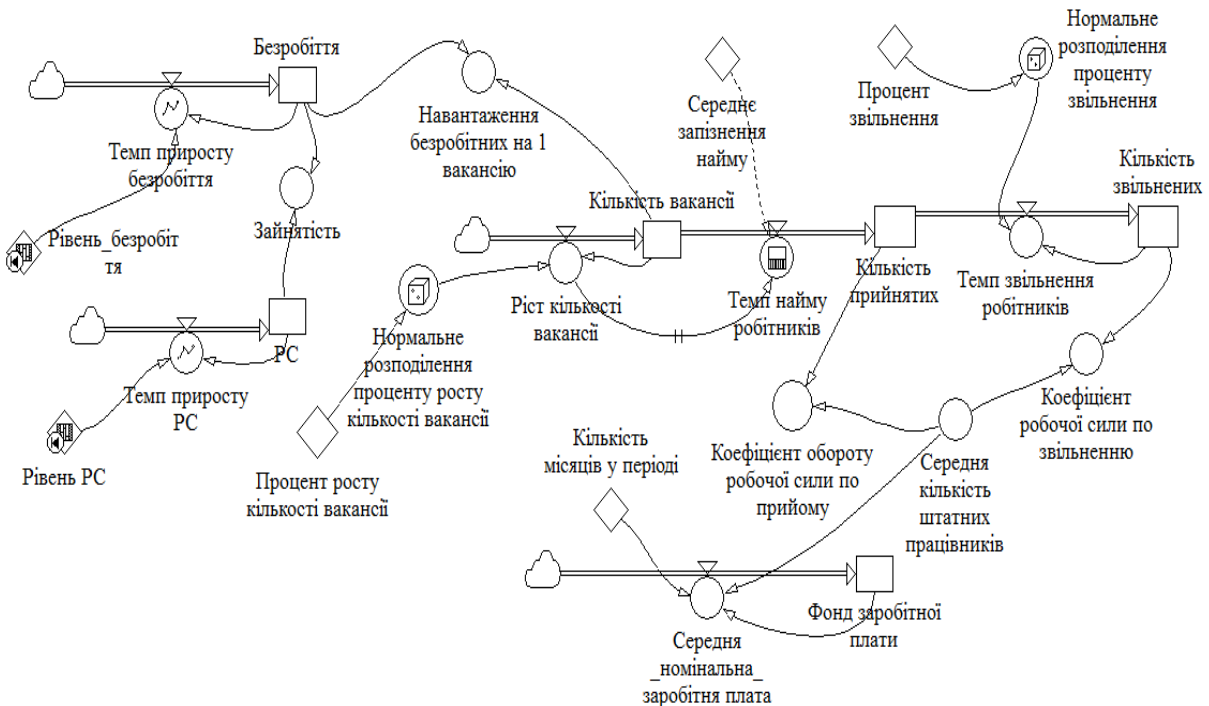


Рис. 5. Системно-динамічна модель прогнозування функціонування ринку праці в Україні

Джерело: побудовано авторами

● Нормальне розподілення проценту	NORMAL('Процент звільнення';0,02)
● Нормальне розподілення проценту	NORMAL('Процент росту кількості вакансій';0,02)
● Зайнятість	PC-Безробіття
◆ Рівень PC	0,0111
● Темп приросту PC	'Рівень PC'*PC
■ PC	17193,2
◆ Рівень_безробіття	-0,0329
● Темп приросту безробіття	Рівень_безробіття*Безробіття
■ Безробіття	1698,0
● Середня_номінальна_заробітна_пл	'Фонд заробітної плати'/('Середня кількість штатних працівників'*К
● Темп звільнення робітників	'Кількість звільнених'*Нормальне розподілення проценту звільнен
■ Кількість прийнятих	7679*0,305
◆ Середнє запізнення найму	40
● Ріст кількості вакансій	'Кількість вакансій'*Нормальне розподілення проценту росту кільк
● Середня кількість штатних працівни	7679
◆ Процент росту кількості вакансій	((58,2-50,4)/50,4)
■ Кількість вакансій	58,4*100
◆ Процент звільнення	((2441,922-2053,548)/2441,922)
◆ Кількість місяців у періоді	12
■ Фонд заробітної плати	654619392
● Темп найму робітників	DELAYPPL('Ріст кількості вакансій;'Середнє запізнення найму';5)
■ Кількість звільнених	7679*0,318
● Навантаження безробітних на 1 вак	Безробіття/'Кількість вакансій'
● Коефіцієнт робочої сили по звільн	'Кількість звільнених'/'Середня кількість штатних працівників'
● Коефіцієнт обороту робочої сили г	'Кількість прийнятих'/'Середня кількість штатних працівників'

Рис. 6. Опис змінних системно-динамічної моделі

Джерело: побудовано авторами

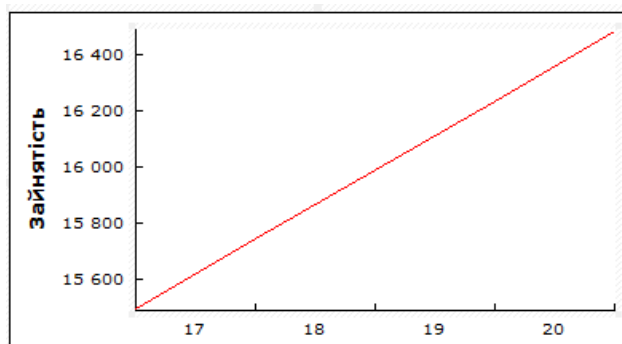


Рис. 7. Прогнозування зайнятості населення

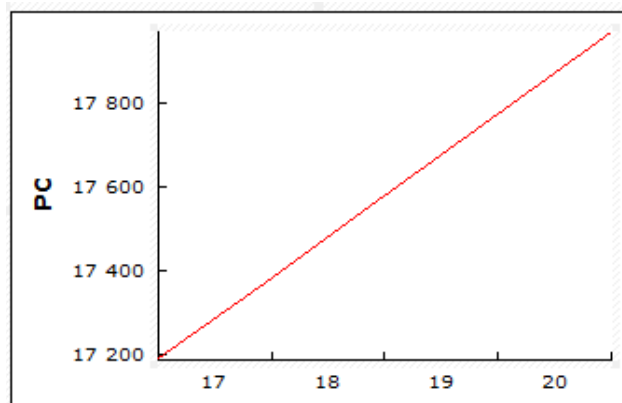


Рис. 8. Прогнозування чисельності робочої сили

буде дорівнювати 0,06 у 2021 році, а коефіцієнт обороту робочої сили по звільненню складатиме 0,58. Таким чином, низький показник коефіцієнта обороту робочої сили свідчить про кризову ситуацію на ринку праці.

У 2021 році кількість прийнятих зменшиться та буде дорівнювати 343,85 тис. осіб, кількість звільнених – 4 460,17 тис. осіб, кількість вакансій збільшиться до 9 969 тис. осіб (рис. 8).

Таким чином, згідно з проведеним прогнозуванням основних показників ринку праці України, буде спостерігатися незначне покращення таких показників ринку праці, як зайнятість, робоча сила та безробіття. Для покращення ситуації у сфері зайнятості та підвищення стійкості ринку праці до несприятливих внутрішніх та зовнішніх чинників можна запропонувати вжиття таких заходів у сфері державного регулювання [10]:

- залучення та координація дій і заходів органів влади, громадських організацій, роботодавців до розроблення та реалізації стратегії інноваційного розвитку ринку праці України;
- підвищення якості законодавчих документів щодо зайнятості населення з урахуванням пріоритетних напрямів зазначеної стратегії;
- проведення інституціональних та соціальних реформ для підтримки бізнесу та соціально незахищених верств населення задля їх найшвидшої адаптації до турбулентних умов економічного розвитку країни.



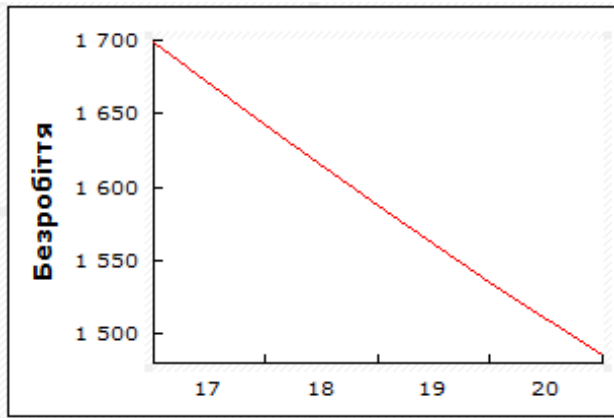


Рис. 9. Прогнозування чисельності безробітного населення

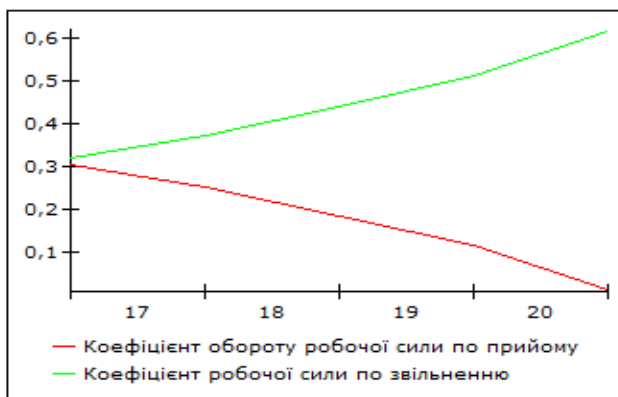


Рис. 10. Прогнозування обороту робочої сили

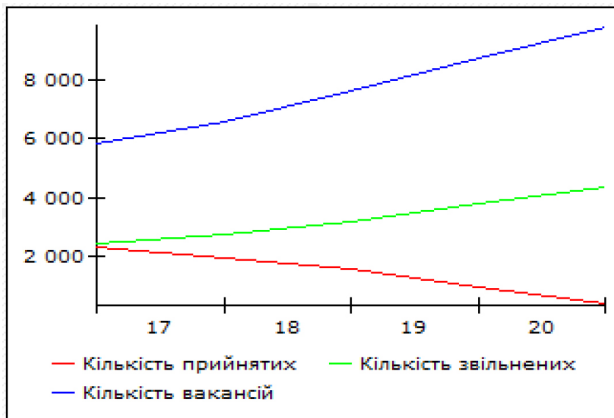


Рис. 11. Прогнозування показників звільнення та прийому робочої сили

**Висновки з проведеного дослідження.**

У статті запропоновано системно-динамічну модель, яка дає змогу спрогнозувати основні показники ринку праці в Україні на 2021 рік. Відповідно до проведеного дослідження можна відзначити, що ринок праці України залишається в критичному стані, незважаючи на покращення деяких показників за останні роки за результатами

прогнозування. Зокрема, спрогнозовано низький показник коефіцієнту обороту робочої сили на рівні 0,06, що підтверджує гіпотезу про продовження кризи на ринку праці, низький рівень адаптованості соціально-трудої сфери до несприятливого впливу зовнішнього середовища. Таку ситуацію на ринку праці України необхідно негайно вирішувати уряду країни шляхом покращення соціально-економічного життя населення, створювати відповідні умови праці гідною оплатою, надавати соціальну підтримку та нарощувати нові робочі місця.

**БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:**

1. Лісогор Л. Європейський досвід прогнозування потреби у робочій силі в контексті формування інноваційних перспектив трансформації зайнятості в Україні. *Ринок праці та зайнятість населення*. 2016. № 1. С. 17–20.
2. Петрова І. Інноваційний сегмент ринку праці: оцінка тенденцій та перспектив. *Демографія та соціальна економіка*. 2018. № 1. С. 166–180.
3. Близнюк В. Український ринок праці: історичні виклики та нові завдання. *Український соціум*. 2016. № 3 (58). С. 58–71.
4. Юрик Я., Близнюк В. Якість робочої сили як ключовий фактор інноваційного розвитку України. *Економіка і прогнозування*. 2014. № 1. С. 67–86.
5. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <http://ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 27.07.2020).
6. Офіційний сайт Мінфіну України. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/labour/unemploy> (дата звернення: 27.07.2020).
7. Офіційний сайт Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України. URL: <https://www.me.gov.ua/News/Detail?lang=uk-UA&id=43f858ca-bfdc-4ea5-843a-b6378ae7a163&title=Min ekonomikiZapochatkovuPublikatsiiuSchokvartalnogoog liaduRinkuPratsi> (дата звернення: 27.07.2020).
8. Офіційний сайт Євростату. URL: <https://ec.europa.eu> (дата звернення: 27.07.2020).
9. Сидоренко В. Системно-динамическое моделирование в среде POWERSIM : справочник по интерфейсу. Москва : МАКС-ПРЕСС, 2001. 159 с.
10. Наумова М. Аналіз трансформацій у сфері зайнятості України в умовах соціально-економічної нестабільності. *Вісник ОНУ імені І.І. Мечникова*. 2018. Т. 23. Вип. 2 (67). С. 82–90.

**REFERENCES:**

1. Lisohor L. Yevropeiskyi dosvid prohnouzuvannya potreby u robochii syli v konteksti formuvannya innovatsiinykh perspektiv transformatsii zainiatosti v Ukraini [The European experience of workforce demand forecasting in the context of innovative prospects for transformation of employment in Ukraine]. *Rynok pratsi ta zainiatist naseleння*. 2016. № 1. S. 17–20.
2. Petrova I. Innovatsiinyi sehment rynku pratsi: otsinka tendentsii ta perspektiv [Innovative segment of the labor market: assessment of trends and prospects].

ment of labour market: evaluation of trends and prospects]. *Demohrafiia ta sotsialna ekonomika*. 2018. № 1. S. 166–180.

3. Blyzniuk V. Ukrainskyi rynek pratsi: istorychni vyklyky ta novi zavdannia [Ukrainian labor market: historical challenges and new tasks]. *Ukrainskyi sotsium*. 2016. № 3 (58). S. 58–71.

4. Yuryk Ya., Blyzniuk V. Yakist robochoi syly yak kliuchovyi faktor innovatsiinoho rozvytku Ukrainy [The quality of the workforce as a key factor of Ukraine's innovative development]. *Ekonomika i prohnozuvannia*. 2014. № 1. S. 67–86.

5. State Statistics Service of Ukraine. Available at: <http://www.ukrstat.gov.ua> (accessed 27 July 2020).

6. Ministry of Finance of Ukraine. Available at: <https://index.minfin.com.ua/ua/labour/unemploy> (accessed 27 July 2020).

7. Ministry for Development of Economy, Trade and Agriculture of Ukraine. Available at: <https://www.me.gov.ua/News/Detail?lang=uk-UA&id=43f858ca-bfdc-4ea5-843a-b6378ae7a163&title=Minekonomik+iZapochatkovuPublikatsiiuSchokvartalnoogliaduRinkuPratsi> (accessed 27 July 2020).

8. Eurostat. Available at: <https://ec.europa.eu> (accessed 27 July 2020).

9. Sidorenko V. Sistemno-dinamicheskoe modelirovanie v srede POWERSIM : Spravochnik po interfeysu. M.: MAKSPRESS. 2001. 159 p.

10. Naumova M. Analiz transformatsii u sferi zainiatosti Ukrainy v umovakh sotsialno-ekonomichnoi nestabilnosti [Analysis of transformations in the sphere of employment of Ukraine in the conditions of social-economic instability]. *Visnyk ONU imeni I.I. Mechnykova*. 2018. T. 23. Vyp. 2 (67). S. 82–90.