

СЦЕНАРНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІН СТАНУ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ НА ОСНОВІ ЙМОВІРНІСНИХ МЕТОДІВ

В. Я. Швець, д. е. н., професор, НТУ «Дніпровська політехніка», svu@ntu.one, orcid.org/0000-0001-7261-5993,

Г. В. Баранець, к. е. н., доцент, НТУ «Дніпровська політехніка», baranets.g.v@ntu.one, orcid.org/0000-0003-3172-3001,

Д. О. Гребенко, здобувач, НТУ «Дніпровська політехніка», hrebenko.d.o@ntu.one

Методологія дослідження. Результати отримано за рахунок використання таких методів: системний і порівняльного аналізу – при визначенні змін у складі зовнішніх факторів впливу на діяльність металургійних підприємств в умовах війни; абстрагування – під час визначення скоригованої ймовірності розвитку подій за кожним сценарієм; моделювання – при побудові апостеріорних ймовірностей реалізації сценаріїв змін стану металургійних підприємств України.

Результати. Обґрунтовано можливість використання ймовірнісних методів у розробленій моделі сценарного прогнозування змін стану промислових підприємств в умовах воєнного часу. Метод Байеса дозволяє кількісно оцінити вірогідність реалізації кожного сценарію. На основі дослідження факторів впливу на діяльність металургійних підприємств у першому півріччі 2023 року в моделі сценарного прогнозування зроблено коригування в прогнозних оцінках поведінки окремих індикаторів. З урахуванням напряду змін індикаторів визначено скориговану ймовірність розвитку подій за кожним сценарієм. За формулою Байеса розраховано апостеріорні ймовірності реалізації сценаріїв змін стану металургійних підприємств України.

Новизна. Розвинуто науково-методичний підхід до сценарного прогнозування змін стану металургійних підприємств в умовах воєнного часу на основі використання методів ймовірнісного моделювання, зокрема методу Байеса.

Практична значущість. Отримані результати сценарного прогнозування змін у стані металургійних підприємств України в умовах війни, які доповнено визначенням ймовірності реалізації кожного сценарію на основі розрахунку апостеріорної ймовірності за методом Байеса, дають можливість керівникам металургійних підприємств розробляти програми виходу з кризи, спричиненої воєнною агресією та її наслідками, з урахуванням найбільш ймовірного сценарію розвитку подій.

Ключові слова: гірничо-металургійний комплекс, металургійні підприємства, війна, аналіз, ймовірність, прогнозування, метод Байеса, сценарне моделювання.

Постановка проблеми. Забезпечення життєдіяльності промислових підприємств в умовах ведення повномасштабної війни є складним завданням. Війна є суспільно-політичним явищем, яке має динамічний, часто абсолютно непередбачуваний характер. Окрім шкоди тим, хто бере в ній участь, вона

неодмінно супроводжується руйнуваннями житлових, громадських, сільськогосподарських та промислових об'єктів та, як наслідок, несе значні збитки їх власникам та користувачам.

Прогнозування, що ставить за мету окреслення подальшої траєкторії у

діяльності виробничих підприємств в умовах ведення війни, є задачею підвищеної складності і не допускає розроблення одного варіанту розвитку подій або використання детермінованих методів в оцінці. Навпаки, надмірно високий ступінь невизначеності та ризику, який знижує масштаби і горизонти прогнозування, вимагає використання методів стохастичного (ймовірнісного) моделювання, які мають будуть грамотно поєднані з методами експертної оцінки.

В умовах ринкової економіки для прогнозування промисловими підприємствами можуть бути використані інструменти, які ґрунтуються на ймовірнісному аналізі за класичним підходом – дані накопичуються у процесі виконання експериментів (або збору статистики) і обробляються так званими частотними методами теорії ймовірностей, а також ті, які не вимагають наявності значних об'ємів історичних даних, на яких можна було б побудувати необхідні моделі для їх подальшого використання. Такими є методи байєсівського аналізу, які ґрунтуються на коротких вибірках, окремих фактах, експертних оцінках, окремих вимірах тощо [1].

З урахуванням непередбаченості, динаміки війни, неможливості проведення багатьох експериментів з метою отримання необхідних для моделювання вибірок даних, виконання необхідних обчислень та усереднення результатів для прогнозування змін у стані промислових підприємств, метод Байєса представляється прийнятним, оскільки дозволяє визначити ймовірність події за умови, що відбуваються інші, статистично залежні з нею події. Іншими словами, байєсівська статистика дає можливість враховувати нестачу даних і оновлювати прогнози залежно від нових спостережень [2].

Стосовно методів експертної оцінки, то слід надати перевагу колективним методам, що дозволяє знизити рівень суб'єктивізму в оцінках. Зокрема, при прогнозуванні змін у стані підприємств певної галузі слід надати перевагу думці експертів, які входять до складу професійних об'єднань, консалтингових, інформаційно-аналітичних агентств тощо.

Формулювання мети статті. Мета дослідження – удосконалити науково-методичний підхід до сценарного прогнозування змін

у стані металургійних підприємств в умовах воєнної агресії на основі використання методу Байєса.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Використання ймовірнісних методів в прогнозуванні й моделюванні економічних систем на підприємствах та з метою підтримки прийняття рішень в системах управління є поширеним інструментом у наукових дослідженнях. За останні роки ці питання зокрема розглянуто в роботах таких вчених, як: Бідюк П. І., Гожий О. П., Калінін І. О., Тимошук О. Л., Коваленко Є. І., Коршевніюк Л. О. та іншими.

Так, у роботі Бідюка П. І. та Коршевніюка Л. О. розроблено систему, за допомогою якої можна провести аналіз стану підприємства за допомогою використання мереж Байєса та встановлено, що даний метод є потужним високоресурсним ймовірнісно-статистичним інструментом, що дає можливість враховувати структурні і статистичні невизначеності досліджуваних процесів [3]. Пізніше Бідюк П. І., Калінін І. О. та Гожий О. П. у монографії [1] комплексно досліджують сучасні методи і технології аналізу даних з позицій байєсівського підходу, кожний розділ монографії автори супроводжують прикладами моделювання.

В роботах Ковалюка З. О. запропоновано оцінку ефективності стратегії підприємств за допомогою ймовірнісних методів оцінки, а саме: методом теорії ігор та сценарного аналізу [4, 5].

Особливу увагу слід відвести дослідженням, які з'явилися під час введення «гібридної» війни з державою-агресором та були сфокусовані на розробці прогнозних моделей розвитку вітчизняних підприємств та секторів економіки з використанням ймовірнісних методів. Одне з перших таких досліджень проведено Хорошко В. О. та Браїловським М. М., які використали метод теорії ігор для оцінки безпеки інформаційного простору в інформаційному протиборстві сторін у гібридній війні [6].

Ю. Луцик, С. Коротін, О. Кучмєєв, І. Якименко за допомогою сценарного аналізу розробили чотири прогнозних сценарії розвитку економіки України в умовах ведення «гібридної» війни Російською Федерацією [7].

Починаючи з 2022 року, увага вітчизняних вчених-економістів прикута до моделювання та прогнозування розвитку різних секторів економіки України в умовах повномасштабних воєнних дій. Так, Макаров В. М., Каплін М. І., Білан Т. Р. проаналізувавши вплив кризи, викликаної війною, використали сценарний підхід для прогнозування розвитку вугільної галузі, зробили припущення стосовно можливих сценаріїв розвитку та розрахували можливі обсяги виробництва, яких можна досягти у рамках визначених сценаріїв протягом наступних 10–15 років, зважаючи на ті руйнування, які зазнали підприємства даної галузі з початку війни [8].

Швачич Г. Г., Мамузич І., Мороз Б. І., Алексеев О. М., Харь А. Т. та Мироненко М. А. для підприємств гірничо-металургійного комплексу запропонували використання поліноміального регресійного аналізу для прогнозу розвитку виробництва труб, а також проаналізували вплив кризи, викликаної воєнними діями на території України [9].

Виклад основного матеріалу дослідження. У дослідженні [10], проведеному наприкінці 2022 року, авторами розроблено модель сценарного прогнозування стану вітчизняних підприємств гірничо-металургійного комплексу (ГМК). Згідно побудованої моделі, прогнозування майбутніх змін пропонується здійснювати за песимістичним, реалістичним та помірно-оптимістичним сценарієм. В якості основних індикаторів, зміна яких впливає на діяльність підприємств ГМК і визначає можливість реалізації певного сценарію їх розвитку, стабілізації або занепаду, обрано такі: динаміка курсу гривні, ціни на електроенергію, зміна логістичних витрат, визначення державного курсу підтримки ГМК, зміна конкурентних позицій на міжнародних ринках.

Для унаочнення логіки міркувань в таблиці 1 наведено опис кожного сценарію з урахуванням напряму змін ключових індикаторів.

Таблиця 1

Опис сценаріїв для підприємств ГМК [1]

Назва сценарію	Характеристика сценарію з урахуванням змін індикаторів	Наслідки для підприємств ГМК
Песимістичний	Динаміка курсу гривні – зниження	Має високу загрозу для існування більшості підприємств ГМК України. Доцільність тимчасового «заморожування» операційної діяльності підприємств.
	Ціна на енергоресурси – зростання	
	Логістичні витрати – збільшення	
	Визначення державного курсу підтримки ГМК – відхилена пропозиція	
	Конкурентні позиції на міжнародних ринках – погіршуються	
Реалістичний (найбільш ймовірнісний)	Динаміка курсу гривні – не зазнає істотних змін	Загроза для операційної діяльності підприємств ГМК. Продовження операційної діяльності у скорочених масштабах.
	Ціна на енергоресурси – незначне зростання	
	Логістичні витрати – незначне збільшення	
	Визначення державного курсу підтримки ГМК – досягнуто частково	
	Конкурентні позиції на міжнародних ринках – не демонструють подальшого зниження	
Помірно-оптимістичний	Динаміка курсу гривні – незначне збільшення	Більшість підприємств знаходиться в фазі стабілізації. Відбувається поступове завантаження більшої частини виробничих потужностей підприємств, зростають обсяги виробництва та реалізації продукції
	Ціна на енергоресурси – не зазнає істотних змін	
	Логістичні витрати – не зазнають істотних змін	
	Визначення державного курсу підтримки ГМК – досягнуто частково	
	Конкурентні позиції на міжнародних ринках – незначне покращення	

Доповнити експертні оцінки змін індикаторів в межах кожного сценарію можна за допомогою використання методів, які дозволяють кількісно оцінити ймовірність реалізації того чи іншого сценарію. Відповідно до вищевикладених міркувань, авторами пропонується розрахувати вірогідність реалізації кожного зі сценаріїв відповідно до зміни ключових індикаторів за допомогою методу Байєса.

Даний метод передбачає використання двох типів ймовірностей – апіорних та апостеріорних. У загальному вигляді ймовірність гіпотези до експерименту вважають апіорною ймовірністю, в той час, як апостеріорна ймовірність – це ймовірність гіпотези після проведення експерименту.

Формула Байєса має вигляд

$$P_A(H_i) = \frac{P(H_i) \cdot P(A/H_i)}{P(A)}, \quad (1)$$

де $P(H_i)$ – апіорна ймовірність;

$P(H_i|A)$ – апостеріорна ймовірність;

$P(A)$ – повна ймовірність розрахованої події.

У дослідженні [14] апіорні ймовірності реалізації прогнозних сценаріїв були визначені експертно з урахуванням найбільш значущих ризиків зовнішнього середовища, які впливали на діяльність підприємств гірничо-металургійного комплексу в 2022 році, а саме: песимістичний (H_1) – 15%, реалістичний (H_2) – 50%, помірньо-оптимістичний (H_3) – 35%.

Дослідження було продовжене у першому півріччі 2023 року, що дозволило врахувати зміни у складі зовнішніх факторів впливу та зробити коригування в прогнозних оцінках. Основна увага була приділена двом індикаторам – «Визначення державного курсу підтримки ГМК» та «Конкурентні позиції на міжнародних ринках», оскільки саме ці індикатори або не демонструють розбіжностей між окремими прогнозами або їх зміни складно оцінити швидко та однозначно в діапазоні «покращення - не погіршення».

В умовах повномасштабної війни визначення державного курсу підтримки підприємств ГМК є найважливішою умовою забезпечення можливості підтримання їх

функціонування, циклу індивідуального відтворення принаймні у скорочених масштабах.

Характеризуючи індикатор «Визначення державного курсу підтримки ГМК», слід зазначити, що станом на кінець травня 2023 року уряд України в рамках державної програми підтримки підприємств ГМК реалізував декілька програм. Зокрема, запущено додатковий прикордонний пункт пропуску з Молдовою, а також разом з країнами ЄС реалізуються залізничні проєкти у рамках інтеграції до Транс'європейської транспортної мережі TEN-T, що дасть змогу отримати доступ до різних видів допомоги Євросоюзу. Так, разом з Литовським урядом планується з'єднати порти Одеси та Клайпеди залізницею для транспортування, зокрема, залізничної сировини до країн Південної Європи. Для цього українські залізничники разом з групою компаній Литовських залізниць LTG, LTG Cargo, а також з польською компанією Laude Smart Intermodal SA домовилися про реалізацію спільного проєкту «Операційна модель FREE Rail» [11].

За ініціативи ЄС уряди Молдови, Румунії, Словаччини реалізують будівництво та модернізацію залізничної інфраструктури з тим, щоб полегшити транспортування вантажів залізницею з України до європейських країн. Так, словацькі залізничники розпочали модернізацію сортувального парку по колії 1520 мм станції Чіерна над Тісою [12].

З метою підтримки національних виробників, зокрема і підприємств ГМК, відбувається розширення пропускної спроможності Дунайських портів Ізмаїл, Рені та Усть-Дунайськ. У 2022 році у дунайські порти було інвестовано \$15 млн [13]. За пріоритетний напрям обрано збільшення обсягів переробки вантажів шляхом введення в дію нових причалів, збільшення кількості якірних місць, поліпшення дорожньої інфраструктури на під'їзді до портів. Як результат, у лютому 2023 обсяги перевалки вантажів в Ізмаїльському порті перевищували заплановані показники на 274%, а станом на 09.05.2023 р. підприємство виконало річний план з вантажопереробки та досягнуло рекордних за всю історію існування порту темпів виконання річних показників. Загалом Міністерство інфраструктури планує збільшити

загальну пропускну спроможність Дунайських портів у 1,7 рази – до 25 млн т на рік [14].

Одним з позитивних факторів змін є рішення уряду США, прийняте у червні 2023 року, про надання нового пакету допомоги Україні на 1,3 млрд доларів, в якому 657 млн дол буде спрямовано на допомогу в модернізації пунктів пропуску на кордоні України, її залізничних ліній, портів та іншої критичної інфраструктури [15].

Разом з тим ряд проблем залишаються не вирішеними і позиція держави тут є визначальною. Серед них: відміна екологічного податку на СО та скасування податків на СО₂ та інші викиди на період війни і на шість місяців після завершення бойових дій; відміна ренти для залізничної сировини; заміна податків із заробітної плати та зборів (ПДФО, ЄСВ) на лише один соціальний податок за ставкою 10%; зниження або принаймні недопущення підвищення ціни електроенергії для підприємств ГМК. Отже, за результатами проведеного дослідження можна констатувати, що позитивні зміни індикатора «Визначення державного курсу підтримки ГМК» досягнуто частково.

Вагомим індикатором, зміна якого обумовлює ймовірність реалізації певного сценарію змін у стані підприємств ГМК, є міжнародна конкурентоспроможність. Важливість даного індикатора зумовлена тим, що обсяги попиту та пропозиції на продукцію міжнародних ринків впливають на цінові зміни та конкурентоспроможність вітчизняних експортоорієнтованих підприємств.

По-перше, слід зазначити той факт, що велика кількість західних країн-партнерів анулювали імпорتنі мита та скасували квоти на металургійну продукцію для підтримки українського експорту. Так, перший крок зробила Великобританія, яка ще у квітні 2022 року оголосила про дострокове анулювання всіх імпорتنих мит та квот [16]. Згодом Канада дозволила імпорт українського гарячекатаного прокату без сплати антидемпінгового мита, а Великобританія скасувала його наприкінці серпня 2022 року строком на дев'ять місяців на гарячекатаний плоский прокат для торговельного захисту та підтримки українського сектору ГМК. Останнє рішення

про скасування антидемпінгового мита на гарячекатаний плоский прокат ухвалили в ЄС у лютому 2023 року.

За даними консалтингового агентства GfK Center [17], виробництво сталі в країнах Євросоюзу в лютому 2023 року впало на 12,6%, до відмітки 10,5 млн т в порівнянні з аналогічним періодом минулого року. Зокрема, ArcelorMittal Europe за підсумками 2022 року знизив виробництво сталі на 13,3% – до 31,9 млн т. Відвантаження сталі скоротилося на 9% і становило 30,18 млн т.

За даними асоціації WorldSteel [18], виробництво сталі в країнах ЄС за підсумками перших п'яти місяців 2023 року скоротилося на 16,3% порівняно з аналогічним періодом минулого року. Загалом світове сталеливарне виробництво впало в 2022 році на 3,9% до рівня 1885 млн т [19]. Більшість європейських та світових виробників сталі почали зменшувати обсяги виробництва у 2023 році через нестабільну кон'юнктуру ринку, а саме високу волатильність цін та попиту (при цьому ключову роль зіграли побоювання стосовно зменшення попиту на металургійну продукцію), високі ціни на енергоресурси. Очевидно, що частково зміни у кон'юктурі ринку були спричинені військовою агресією РФ проти України.

Натомість результати у першому кварталі 2023 року свідчать про те, що ринок ЄС потребує таких самих обсягів сталі, як і в попередні роки [20]. Прогнозні оцінки виявилися хибними, оскільки реальний попит на металургійну продукцію не впав, як очікувалось більшістю виробників. Через зменшення обсягів виробництва протягом останнього кварталу 2022 року поточних запасів підприємств виявилось недостатньо для задоволення попиту споживачів, тому на ринку ЄС мав місце розрив між реальним попитом і пропозицією. Негативним фактором для збільшення розриву стала зупинка доменної печі №2 на заводі в Домброва Гурничі (Польща), а також пожежі на доменних печах на заводах у Хіхоні (Іспанія) та Дюнкерк (Німеччина), через що виробництво на даних потужностях було призупинене (дані заводи належать другій у світовому рейтингу виробників сталі корпорації ArcelorMittal).

Посилила розрив між реальним попитом і пропозицією на європейському ринку

металургійної продукції серія потужних землетрусів, яка вразила південну та центральну Туреччину та частини північної Сирії на початку лютого 2023 року. Спричинивши десятки тисяч жертв у регіоні, землетрус призвів також до масштабних руйнувань виробничого сектору, зокрема підприємств, які виробляли третину сталі в країні. Якщо у 2022 році Туреччина експортувала до ЄС 2,5 млн т плоского прокату, то в 2023 році пріоритетом для турецьких підприємств був визначений внутрішній ринок через необхідність відбудови країни після стихійного лиха.

З економічних позицій ситуація з руйнуванням підприємств у Туреччині, зростання попиту на сталеву продукцію для подолання наслідків землетрусу, зменшення виробництва сталі у країнах Близького сходу є економічно вигідною для вітчизняних виробників сталі. Враховуючи прогнозні оцінки фінансового агентства Fitch [21] відносно зростання вартості на залізну руду до \$125/т, є підстави очікувати збільшення розриву між ціною та витратами на виробництво і реалізацію металургійної продукції. Отже, зміни індикатора «Кон’юнктура на міжнародному ринку» для українських підприємств з точки зору збільшення попиту на їх продукцію можна визначити як сприятливі.

Далі для наявних трьох сценаріїв необхідно визначити скориговану ймовірність розвитку подій за кожним з них. Спираючись на логіку міркувань, описаних вище, вести мову про відсутність державної підтримки (A₁) та погіршення конкурентних позицій

підприємств ГМК на міжнародному ринку (B₁) немає підстав, тому песимістичний сценарій не буде реалізовано. Отже, надамо значення ймовірності 0%.

Натомість вірогідність збільшення підтримки державою підприємств ГМК за реалістичним сценарієм складає 80% (A₂), через те, що уряд України задля ефективної допомоги підприємствам вже працює щонайменше у двох напрямках: збільшення завантаження Дунайських портів та збільшення можливостей транспортування продукції за рахунок інтегрування української залізниці до системи TEN-T і відкриття нових пропускних пунктів. Відповідно, ймовірність збільшення допомоги від держави у рамках помірно-оптимістичного сценарію, а саме запровадження більшої кількості заходів для підтримки підприємств, становить 20% (A₃).

Ймовірність покращення конкурентних позицій вітчизняних підприємств на міжнародних ринках (помірно-оптимістичний сценарій) внаслідок сприятливих змін кон’юнктури міжнародного ринку складає 70% (B₃); відповідно ймовірність непогіршення ситуації за реалістичним сценарієм становить 30% (B₂).

Вихідні дані для розв’язання задачі, розрахунок апостеріорних ймовірностей реалізації сценаріїв на основі зміни ключових індикаторів здійснюється за формулою (1) на основі використання теореми множення ймовірностей. Результати розрахунків наведено у вигляді таблиці 2.

Таблиця 2

Розрахунок ймовірностей реалізації сценаріїв змін стану підприємств ГМК за методом Байєса

Показники	Умовні позначення (формула для розрахунку)	Сценарії		
		Песимістичний	Реалістичний	Помірно-оптимістичний
Ймовірність настання сценарію	$P(H_i)$	0,15	0,5	0,35
Ймовірність допомоги від держави (подія A)	$P(A_i/H_i)$	0	0,8	0,2
Ймовірність зміни конкурентних позицій (подія B)	$P(B_i/H_i)$	0	0,3	0,7
Повна ймовірність	$P(A \cdot B) = \sum P(H_i) \cdot P(A_i/H_i) \cdot P(B_i/H_i)$	0	0,12	0,049
Апостеріорна ймовірність	$P_{AB}(H_i) = \frac{P(H_i) \cdot P(A_i/H_i) \cdot P(B_i/H_i)}{P(A \cdot B)}$	0	0,71	0,29

Отже, результати розрахунку ймовірності реалізації сценаріїв змін на підприємствах ГМК на основі зміни ключових індикаторів за допомогою метода Байєса та теореми множення ймовірностей доводять, що можливість на існування мають два сценарії розвитку подій, а саме реалістичний та помірно-оптимістичний з ймовірністю реалізації 71% та 29% відповідно.

Виходячи з даних таблиці 1 слід очікувати, що навіть у рамках втілення реалістичного сценарію діяльність підприємств ГМК не буде повернута до масштабів виробництва, які були встановлені у докризовий період. Підприємства продовжать операційну діяльність у скорочених масштабах, зробивши основну ставку на виробництво та реалізацію технологічно нескладної продукції, такої як залізорудний концентрат, сляби, квадратна заготовка для зменшення собівартості продукції.

Висновки. Використання методу Байєса для розрахунку ймовірності реалізації сценаріїв зміни стану металургійних підприємств є досить ефективним підходом. Провівши аналіз ключових індикаторів, використавши експертні оцінки для встановлення апіорних ймовірностей реалізації прогнозних сценаріїв та враховувавши зміни в зовнішньому середовищі, які обумовлюють поведінку двох найбільш невизначених індикаторів з позицій оцінки в діапазоні «покращення – не погіршення» – «Визначення державного курсу підтримки ГМК» та «Конкурентні позиції на міжнародних ринках», стало можливим скоригувати ймовірність розвитку подій за кожним сценарієм та розрахувати ймовірність настання кожного з них.

Перспективи майбутнього дослідження включають можливість врахування додаткових індикаторів та використання більш складних методів ймовірнісного моделювання, зокрема, методу байєсівських мереж. Це дасть можливість збільшити масштаби і горизонт прогнозування, а також оцінити вплив додаткових факторів на діяльність металургійних підприємства під час війни.

Література

1. Бідюк П.І., Калініна І.О., Гожий О.П. Байєсівський аналіз даних : монографія. Херсон : ФОП Вишемирський В.С., 2021. С. 208. URL: <https://dspace.chmnu.edu.ua/jspui/handle/123456789/526>
2. Обушний С.М., Новіков А.В. Генезис та розвиток моделювання в аспекті соціально-економічного розвитку проєктів. *Європейський науковий журнал Економічних та Фінансових інновацій*. 2023. №1. С. 165-176. URL : <https://www.journal.eae.com.ua/index.php/journal/article/download/193/156>.
3. Бідюк П.І., Коршевніюк Л.О. Система для оцінювання і прогнозування стану підприємства на основі мереж Байєса. *Наукові праці Чорноморського державного університету імені Петра Могили. Сер. : Комп'ютерні технології*. 2010. Т. 134, Вип. 121. С. 60-74. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npchduct_2010_134_121_8.
4. Коваль З.О. Оцінювання стратегії підприємства методом теорії ігор. *Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та проблеми розвитку*. 2021. №2. С. 47-55. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2021/nov/25481/nzmened-47-55.pdf>.
5. Коваль З.О. Оцінювання ефективності стратегії підприємства методами сценарного аналізу. *Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та проблеми розвитку*. 2020. №2. С. 43-52. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2020/dec/22730/200991menpidpr-43-52.pdf>.
6. Хорошко В.О., Браїловський М.М. Використання теорії ігор при аналізі гібридних війн. *Інформатика та математичні методи в моделюванні*. 2020. Т. 10, Вип. 3-4. С. 222-229. URL : [http://immm.op.edu.ua/files/archive/n3-4_v10_2020/2020_3-4\(10\).pdf](http://immm.op.edu.ua/files/archive/n3-4_v10_2020/2020_3-4(10).pdf).
7. Луцик Ю., Коротін С., Кучмєєв О., Якименко І. Прогнозування можливих сценаріїв розвитку економіки України в умовах ведення «гібридної» війни Російською Федерацією. *Social development & Security*. 2020. Vol. 10, Issue 1. С. 156-170. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/socdevsec_2020_10_1_18.
8. Макаров В.М., Каплін М.І., Білан Т.Р. Прогнозування розвитку вугільної галузі в умовах воєнного стану в Україні. *The VI International Scientific and Practical Conference «Modern ways of solving the problems of science in the world», February 13–15, Warsaw, Poland*. 2023. С. 407-410. URL : <https://eu-conf.com/ua/events/modern-ways-of-solving-the-problems-of-science-in-the-world>.
9. Швачич Г.Г., Мамузіч І., Мороз Б.І., Алексєєв О.М., Харь А.Т., Мироненко М.А. Прогнозування виробничних процесів на основі поліноміального регресійного аналізу. *Науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво»*. Луцьк, 2023. Вип. № 50. С. 27-35. URL: <http://eadnurt.diit.edu.ua/bitstream/123456789/17161/1/S hvachych.pdf>.
10. Баранець Г.В., Гребенко Д.О., Клодчик О.О. Особливості антикризового управління гірничо-металургійними підприємствами України в умовах воєнної агресії. *Економічний вісник Дніпровської політехніки*. 2022. №4(80). С. 94-106. URL: <https://ev.nmu.org.ua/docs/2022/EV20224.pdf>.
11. Єрмоленко Г. УЗ та LTG формуватимуть незалежну систему експлуатації залізниці на мережі колій 1520 мм. GMK Center, Київ. 2023. URL:

<https://gmk.center/ua/news/uz-ta-ltg-formuvatimut-nezalezhnu-sistemu-eksploatatsii-zalznici-na-merezhi-1520-mm/>.

12. Колісниченко В. Словаччина модернізує залізничну інфраструктуру на кордоні з Україною. GMK Center, Київ, 2023. URL : <https://gmk.center/ua/news/slovachchina-modernizuie-zalznichnu-infrastrukturu-na-kordoni-z-ukrainoju/>.

13. Єрмоленко Г. У порти Дунаю в 2022 році інвестували \$15 млн – АМПУ. GMK Center, Київ, 2023. URL : <https://gmk.center/ua/news/u-porti-dunaju-v-2022-roci-investuvali-15-mln-ampu/>.

14. Колісниченко В. Ізмаїльський порт з початку року перевалив 6,2 млн т вантажів. GMK Center, Київ, 2023. URL: <https://gmk.center/ua/news/izmailskij-port-z-pochatku-roku-perevaliv-6-2-mln-t-vantazhiv/>.

15. Єрмоленко Г. США нададуть Україні додаткову допомогу в \$1,3 млрд. GMK Center, Київ, 2023. URL: <https://gmk.center/ua/news/ssha-nadadut-ukraini-dodatkovu-dopomogu-v-1-3-mlrd/>.

16. Агапова В. Що лишилося від української металургії. Економічна правда, Київ, 2023. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2023/03/29/698540/>.

17. Колісниченко В. «ArcelorMittal розширює потужності з виробництва електротехнічної сталі у Франції». GMK Center, Київ, 2023. URL: <https://gmk.center/ua/news/arcelormittal-rozshirjuie-potuzhnosti-z-virobnictva-elektrotehnicnoi-stali-u-francii/>.

18. Crude Steel Production. World Steel Association, Brussels, Belgium, 2023. URL: <https://worldsteel.org/steel-topics/statistics/steel-data-viewer/CSP-PERC/>.

19. World Steel in Figures 2023. World Steel Association, Brussels, Belgium, 2023. URL: <https://worldsteel.org/steel-topics/statistics/world-steel-in-figures-2023/>.

20. Глущенко А. Ринок сталі в ЄС перебуває під тиском обмежених поставок. GMK Center, Київ, 2023. URL: <https://gmk.center/ua/posts/rynok-stali-v-ies-perebuvaie-pid-tyskom-obmezhenykh-postavok/>.

21. Колісниченко В. Fitch переглянуло прогноз цін на залізну руду в 2023 році в бік зростання. GMK Center, Київ, 2023. URL: <https://gmk.center/ua/news/fitch-pereglyanulo-prognoz-cin-na-zaliznu-rudu-v-2023-roci-v-bik-zrostannya/>.

References

1. Bidiuk, P.I., Kalinina, I.O., & Hozhyi, O.P. (2021). Baiiesivskyi analiz danykh. Kherson: FOP Vyshemyrskyi V.S. Retrieved from <https://dspace.chmnu.edu.ua/jspui/handle/123456789/526>

2. Obushnyi, S.M., & Novikov, A.V. (2023). Henezys ta rozvytok modeliuвання v aspekti sotsialno-ekonomichnoho rozvytku proektiv. Yevropeyskyi naukovyi zhurnal Ekonomichnykh ta Finansovykh innovatsii, (1), 165-176. Retrieved from <https://www.journal.eae.com.ua/index.php/journal/article/download/193/156>.

3. Bidiuk, P.I., & Korshevniuk, L.O. (2010). Systema dlia otsiniuvannya i prohnozuvannya stanu

pidpriemstva na osnovi merezh Baiiesa. Naukovi pratsi Chornomorskoho derzhavnoho universytetu imeni Petra Mohyly. Ser.: Kompiuterni tekhnologii, T. 134, Issue 121, 60–74. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npchduct_2010_134_121_8.

4. Koval, Z.O. (2021). Otsiniuvannya stratehii pidpriemstva metodom teorii ihor. Menedzhment ta pidpriemnytstvo v Ukraini: etapy stanovlennia ta problemy rozvytku, (2), 47-55. Retrieved from <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2021/nov/25481/nzmened-47-55.pdf>.

doi.org/10.23939/smeu2021.02.047

5. Koval, Z.O. (2020). Otsiniuvannya efektyvnosti stratehii pidpriemstva metodamy stsenarnoho analizu. Menedzhment ta pidpriemnytstvo v Ukraini: etapy stanovlennia ta problemy rozvytku, (2), 43-52. Retrieved from <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2020/dec/22730/200991menpidpr-43-52.pdf>.

doi.org/10.23939/smeu2020.02.043

6. Khoroshko, V.O., & Brailovskyi, M.M. (2020). Vykorystannia teorii ihor pry analizi hibridnykh viyn. Informatyka ta matematychni metody v modeliuванні, Issue 10(3-4), 222-229. Retrieved from [http://immm.op.edu.ua/files/archive/n3-4_v10_2020/2020_3-4\(10\).pdf](http://immm.op.edu.ua/files/archive/n3-4_v10_2020/2020_3-4(10).pdf).

DOI 10.15276/imms.v10.no 3-4.222

7. Lutsik, J., Korotin, S., Kuchmeyer, O., & Yakymenko, I. (2020). Prediction of possible scenarios for the development of the Ukrainian economy in the context of a «hybrid» war the Russian Federation. Journal of Scientific Papers «Social Development and Security», 10(1), 156-170. DOI : <https://doi.org/10.33445/sds.2020.10.1.16>. [In Ukrainian].

8. Makarov, V.M., Kaplin, M.I., & Bilan, T.R. (2023). Prohnozuvannya rozvytku vuhilnoi haluzi v umovakh voiennoho stanu v Ukraini. Proceedings from MIIM'23: The VI International Scientific and Practical Conference «Modern ways of solving the problems of science in the world», February 13-15, Warsaw, Poland. pp. 407-410. Retrieved from <https://eu-conf.com/ua/events/modern-ways-of-solving-the-problems-of-science-in-the-world>.

9. Shvachych, G., Mamuzich, I., Moroz, B., Aleksieiev, O., Khar, A., & Myronenko, M. (2023). Prognostication of production processes based on polynomial regression analysis. COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGIES: EDUCATION, SCIENCE, PRODUCTION, 50, 27-35. DOI : <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2023-50-04>.

10. Baranets, H.V., Hrebenko, D.O., & Klodchuk, O.O. (2022). Osoblyvosti antykrizovoho upravlinnia hirnycho-metallurhiynymy pidpriemstvamy Ukrainy v umovakh voiennoi ahresii. Ekonomichnyy visnyk Dniprovskoi politekhniki, 4(80), 94-106. DOI : <https://doi.org/10.33271/ebdu/80.094>.

11. Yermolenko, H. (2023). UZ ta LTG formuvatymut nezalezhnu systemu eksploatatsii zaliznytsi na merezhi kolii 1520 mm. GMK Center, Kyiv. Retrieved from <https://gmk.center/ua/news/uz-ta-ltg-formuvatimut-nezalezhnu-sistemu-eksploatatsii-zalznici-na-merezhi-1520-mm/>.

12. Kolisnichenko, V. (2023). Slovachchyna modernizuie zaliznychnu infrastrukturu na kordoni z

Ukrainoiu. GMK Center, Kyiv. Retrieved from <https://gmk.center/ua/news/slovachchina-modernizuiie-zaliznichnu-infrastrukturu-na-kordoni-z-ukrainoju/>.

13. Yermolenko, H. (2023). U porty Dunaiu v 2022 rotsi investuvaly \$15 mln – AMPU. GMK Center, Kyiv. Retrieved from <https://gmk.center/ua/news/u-portidunaju-v-2022-roci-investuvali-15-mln-ampu/>.

14. Kolisnichenko, V. (2023). Izmailskiy port z pochatku roku perevalyv 6,2 mln t vantazhiv. GMK Center, Kyiv. Retrieved from <https://gmk.center/ua/news/izmailskij-port-z-pochatku-roku-perevaliv-6-2-mln-t-vantazhiv/>.

15. Yermolenko, H. (2023). SShA nadadut Ukraini dodatkovu dopomohu v \$1,3 mlrd. GMK Center, Kyiv. Retrieved from <https://gmk.center/ua/news/ssha-nadadut-ukraini-dodatkovu-dopomogu-v-1-3-mlrd/>.

16. Ahapova, V. (2023). Shcho lysholosa vid ukrainskoi metalurhii. Ekonomichna pravda, Kyiv. Retrieved from <https://www.epravda.com.ua/publications/2023/03/29/698540/>.

17. Kolisnichenko, V. (2023). «ArcelorMittal rozshyriuie potuzhnosti z vyrobnytstva

elektrotekhnichnoi stali u Frantsii». GMK Center, Kyiv. Retrieved from <https://gmk.center/ua/news/arcelormittal-rozshirjuie-potuzhnosti-z-virobnictva-elektrotekhnichnoi-stali-u-frantsii/>.

18. Crude Steel Production. (2023). World Steel Association, Brussels, Belgium. Retrieved from <https://worldsteel.org/steel-topics/statistics/steel-data-viewer/CSP-PERC/>.

19. World Steel in Figures 2023. (2023). World Steel Association, Brussels, Belgium. Retrieved from <https://worldsteel.org/steel-topics/statistics/world-steel-in-figures-2023/>.

20. Hlushchenko, A. (2023). Rynok stali v YeS perebuvaie pid tyskom obmezhenykh postavok. GMK Center, Kyiv. Retrieved from <https://gmk.center/ua/posts/rynok-stali-v-ies-perebuvaie-pid-tyskom-obmezhenykh-postavok/>.

21. Kolisnichenko, V. (2023). Fitch perehliano prohnos tsin na zaliznu rudu v 2023 rotsi v bik zrostannia. GMK Center, Kyiv. Retrieved from <https://gmk.center/ua/news/fitch-pereglyanulo-prognoz-cin-na-zaliznu-rudu-v-2023-roci-v-bik-zrostannia/>.

SCENARIO FORECASTING OF CHANGES IN THE STATE OF UKRAINIAN STEEL PLANTS IN THE CONDITIONS OF WAR ON THE BASIS OF PROBABILISTIC METHODS

V. Ya. Shvets, D.E., Professor, H. V. Baranets, Ph. D (Econ.), Associate Professor, D. O. Hrebenko, Post-graduate Student, Dnipro Univrsity of Technology

Methods. The results were obtained through the use of the following methods: systematic and comparative analysis – when determining changes in the composition of external factors influencing the activity of metallurgical enterprises in wartime conditions; abstraction – when determining the adjusted probability of the development of events under each scenario; modeling – when constructing a posteriori probabilities of the realization of scenarios of changes in the status of metallurgical enterprises of Ukraine.

Results. The possibility of using probabilistic methods in the developed model of scenario forecasting of changes in the state of industrial enterprises in wartime is substantiated. The Bayesian method allows to quantify the probability of implementation of each scenario. Based on the study of the factors influencing the activities of steel plants in the first half of 2023, the scenario forecasting model is corrected in the forecast estimates of the performance of individual indicators. Taking into account the direction of changes in the indicators, the corrected probability of events under each scenario was determined. The a posteriori probabilities of realization of the scenarios of changes in the state of steel plants of Ukraine are calculated using the Bayes formula.

Novelty. A scientific and methodological approach to scenario forecasting of changes in the state of steel enterprises in wartime conditions is developed based on the use of probabilistic modeling methods, in particular the Bayesian method.

Practical value. The obtained results of the scenario forecasting of changes in the state of steel enterprises of Ukraine in the conditions of war, which are supplemented by determining the probability of implementation of each scenario based on the calculation of a posteriori probability using the Bayesian method, allow managers of steel enterprises to develop programs of recovery from the crisis caused by military aggression and its consequences, taking into account the most likely scenario of events.

Keywords: mining and steel industry, steel enterprises, war, analysis, probability, forecasting, Bayesian method, scenario modeling.

Надійшла до редакції 10.06.23 р.