

Захарченко В.І.

*д.е.н., професор,
професор кафедри менеджменту зовнішньоекономічної
та інноваційної діяльності,
Одеський національний політехнічний університет*
Zakharchenko Vitaliy
Odesa National Polytechnic University

Сорока Л.М.

*к.е.н., доцент, завідувач кафедри управління підприємницької
та туристичної діяльності,
Ізмаїльський державний гуманітарний університет*
Soroka Larisa
Izmail State Humanities University

Гутарева Ю.В.

*к.е.н., старший викладач кафедри менеджменту
зовнішньоекономічної та інноваційної діяльності,
Одеський національний політехнічний університет*
Gutareva Yuliya
Odesa National Polytechnic University

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ НА ОСНОВІ МЕТОДУ МАКСИМАЛЬНОЇ ПРАВДОПОДІБНОСТІ¹

ESTIMATE OF EFFECTIVENESS AND RELIABLENESS FOR SYSTEM MANAGEMENT OF INTERPRISE ON THE BASIS OF METHOD MAXIMUM PROBABLE

Анотація. Розглянуто сучасне промислове підприємництво як економіко-технологічну систему, яка реалізує складне перетворення набору вхідних ресурсів у кінцеву продукцію для ринку. Всі ресурси умовно розподілені на живий труд, засоби праці, предмети праці. Кінцевий результат господарської діяльності підприємства проявляється тільки в момент завершення процесу реалізації продукції. При цьому основне призначення системи управління капіталом підприємства розглянуто на протязі усього циклу кругообігу капіталу, який охоплює його авансування, викори-

стання у виробництві, реалізацію виробленої продукції та повернення капіталу у грошовій формі. Отримуючи інформацію з зовнішнього середовища, підприємство повинно відповідно вносити корекцію у бізнес-процеси з ціллю максимізувати результат – прибуток від реалізації. Для успішного динамічного управління капіталом підприємства в цілях повного його використання і отримання максимального прибутку система управління повинна отримувати і обробляти інформацію, яка повинна бути максимально повна за змістом, та виконувати рішення менеджменту з найменшими викривленнями. Велике значення мають засоби визначення якісного складу і обсягу інформації, процеси її зберігання і передачі по відповідним каналам зв'язку, наявності моделі для реалізації різних сценаріїв керуючих дій.

¹ Статтю підготовлено в межах виконання НДР «Конкурентна розвідка в безпекоорієнтованому управлінні інноваційно-інвестиційним розвитком підприємств стратегічного значення для національної економіки і безпеки держави» (№ ДР 0119U002005).

На основі використання методу максимальної правдоподібності, який за обмеженнями типу регулярності дозволяє отримувати асимптотично ефективні оцінки, була на практиці реалізована економетрична модель з розрахунку надійності системи управління. Комп'ютерна модель достатньо універсальна і може бути доопрацьована до потреб будь якого підприємства з урахуванням специфіки його управлінських операцій, незалежно від форми власності та розмірів господарської діяльності.

Ключові слова: система, управління, модель, ресурс, капітал, інформація, надійність, ефективність, ймовірність, множина.

Постановка проблеми. В умовах ринкової економіки основною задачею господарської діяльності промислових підприємств є отримання прибутку. Але ситуація з початку 2020 р. дуже ускладнюється. Безумовно, всесвітня криза, яка була викликана у тому числі коронавірусною пандемією, чинитиме тиск на економіку України. За макропрогнозами, які зробило Міністерство економіки, падіння ВВП становитиме – 4.8% (із заяви прем'єр міністра України від 05.05.2020 р. [12]). Це доволі глибока просадка для української економіки. Тому слід працювати над удосконаленням виробництва в реальному секторі економіки, створенням великої кількості робочих місць.

Слід враховувати, що світовій економіці знадобиться мінімум три роки, щоб відновитися після пандемії COVID-19. Масштаб і протяжність кризи, покликаної пандемією коронавірусу, буде залежати від того, як довго будуть зберігатися локдауни, яким чином вони будуть впливати на різні сектори економіки, та також від того, з якою швидкістю буде відбуватися нормалізація економічної активності, оживлення виробництва.

Існуюче ринкове середовище характеризується жорсткою конкуренцією, та відповідною ефективністю виконання прийнятих менеджментом рішень, але реальні результати дій значно збільшують конкурентоспроможність підприємства, а отже, можливість проводити господарські операції більш оперативно та отримувати більший прибуток.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Під час підготовки даної статті автори

спіралися на наукові та навчально-методичні праці наступних фахівців: Горчаков О. і Орлова І. [1], Гужева І. [2], Жданов С. [3], Зібров П. і Зібров А. [5], Ларіонов А. [6], Лисенко Ю. та його колеги [7], Поляков П. [8], Шовкун І. [9], Юхименко Б. [10], Якубовський М. і Солдак М. [11]. Так Шовкун І. відмічає: «Українська промисловість, слабкість якої зумовлена її низькою продуктивністю, надмірною фінансовою уразливістю (з огляду на високу боргову залежність і низьку платоспроможність підприємств галузі), втратою капіталів, недостатнім для відтворення рівнем рентабельності, низькотехнологічною структурою виробництва, потребує залучення інвестицій для посилення її конкурентоспроможності та розвитку» [9, с. 95]. Гужева І. наполягає: «Питання модернізації та розвитку промисловості України потребує вжиття системи заходів державної політики, спрямованої на надання підтримки вітчизняному виробництву» [2, с. 23]. Якубовський М. і Солдак М. підтверджують: «Враховуючи, що одночасно з активізацією розвитку промисловості повинен зростати і технологічний рівень виробництва, при визначенні пріоритетів державної підтримки неможливо захищати осторонь критерій інноваційності, точніше інноваційної інтенсивності» [11, с. 16].

Поляков П. підкреслює: «Надійність прогнозу розвитку виробництва можливо оцінювати показниками, які характеризують ймовірність співпадіння фактичних результатів з областю прогнозованих значень» [8, с. 120]. Ларіонов А. з колегами наполягають: «Забезпечення необхідної надійності моделі покликано гарантувати безпеку роботи з нею, достовірність отриманих результатів, розумний інтервал розузгодженості результатів моделювання з реальними показниками діючої економічної системи» [6, с. 9]. А Юхименко Б. більше уваги приділяє оптимізації в моделях виробничих процесів: «Оптимізація це знаходження всіх максимізованих або мінімізованих елементів, що складають сутність системи або об'єкту, що розглядаються» [10, с. 9]. Жданов С. класифікує: «Моделі з управління підприємства можливо умовно

розподілити на моделі, що забезпечують планування діяльності підприємства, і на ті моделі, що забезпечують прийняття рішень з управління функціонування підприємства» [3, с. 23]. Лисенко Ю. попереджає, що оцінка стійкості економічної системи відображає загальну динаміку функціонування підприємства за досліджений період в цілому, але така оцінка ні в якому разі не дає уявлення про надійність прийнятих планових рішень [7, с. 129]. Горчаков О. і Орлова І. попереджають: «Традиційний спосіб вивчення економіко-математичних методів міститься не тільки у визначенні їх призначення і сутності, алей і у освоєнні техніки реалізації...» [1, с. 4].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Ефективне управління капіталом можливо у тому випадку, коли інформаційний стан капіталу, діючий потенціал, наявні резерви – достовірно характеризують його статус. Це є важливішим призначенням системи управління підприємством. Щоб керівники підприємств були впевнені у своїх управлінських рішеннях, вони повинні постійно за допомогою комп'ютерної моделі мати змогу оцінювати якість своїх рішень. Дана робота спрямована на обґрунтування комп'ютерної моделі, яка б була достатньо універсальна і працювала таким чином, щоб була можливість використання в аналізі системи управління будь-яким підприємством.

Мета статті – запропонувати економічну модель для проведення на комп'ютері реальних експериментів з розрахунків надійності системи управління промисловим підприємством.

Виклад основного матеріалу. Будь-яке підприємство незалежно від його розмірів або характеру виробництва можна розглядати як об'єкт господарської діяльності, що складається з двох основних систем: економіко-технологічної системи виробничого процесу та системи управління підприємством. Економіко-технологічна система виробничого процесу реалізує складне перетворення деякого набору вихідних ресурсів у кінцевий результат, тобто готову продукцію, призначену для реалізації. Уявімо спрощений опис економіко-технологічної системи виробничого процесу (рис. 1).

В якості вихідного моменту процесу розглядається забезпеченість ресурсами у необхідних для нормального ходу виробничої діяльності пропорціях. Узагальнимо усі споживані ресурси у три основні види – по принципу їх невзаємозамінності, натурально-речовому складу, функціональній ролі: жива праця (1), засоби праці (2), предмети праці (3).

1. До ресурсів живої праці, які має підприємство, відноситься його персонал, робоча сила, що обумовлено як здатність людини до праці. Робоча сила у процесі спо-



Рис. 1. Економіко-технологічна система промислового виробничого процесу

Джерело: розробка авторів

живається у форматі витрат живої праці, що вимірюється робочим часом як природною мірою цілеспрямованої діяльності робітників. Відповідно робоча сила на ринку праці є специфічним товаром, що має вартість, яка дозволяє в кінці-кінців виразити об'єм витраченої праці у єдиній грошовій оцінці. Інтереси керівництва підприємства вимагають достатньо детальної та різносторонньої інформації про загальний об'єм наявних ресурсів робочої сили, її якісних характеристик, наприклад, професіонального складу, кваліфікації та специфіки формування витрат праці. В результаті в системі управління підприємством обов'язково присутні управлінські дії, що контролюють процеси придбання та використання ресурсів праці.

2. Ресурси засобів праці, які має підприємство, з точки зору їх грошової оцінки його основним капіталом, а з точки зору їх натурально-речового складу – сукупністю різноманітних основних виробничих фондів, тобто основними засобами підприємства. Специфічна особливість засобів праці – їх функціонування протягом декількох виробничих циклів. Саме тому засоби праці переносять свою вартість на продукт частинами в міру зносу та до витрат виробництва одного виробничого циклу входять тільки по відповідній частці свого зносу, що визначається в грошовому вираженні відповідною сумою амортизаційних відрахувань.

3. Ресурси предметів праці підприємства – це необхідні для нормального ходу виробничих процесів запаси сировини, матеріалів, палива та інших матеріальних ресурсів, враховуючи напівфабрикати, комплектуючі вироби та запаси товарів, що забезпечують безперебійний хід процесів виробництва. В грошовій оцінці ресурси предметів праці утворюють найважливішу частину оборотного капіталу підприємства, до якого входять також засоби у розрахунках, тобто дебіторська заборгованість, вільні грошові засоби та деякі інші види фінансових активів.

В результаті технологічних процесів витрати, що пов'язані з використанням факторів виробництва, трансформуються не тільки у спільну суму витрат, але і у вартість виробленого продукту, яка повинна

перевищувати спільну суму витрат, у розмірах, задовольняючих інтереси власника. Якщо вартість виробленого продукту не задовольняє цій основній умові, власник не стане фінансувати виробництво та прийме рішення про переміщення засобів у іншу, більше вигідну для нього сферу діяльності.

Остаточний результат господарської діяльності підприємства з'ясовується тільки у момент завершення процесу реалізації товару, тобто у момент надходження грошової виручки, отриманої від покупців продукції підприємства у готівковій або безготівковій формі.

Грошова виручка, яка отримана в результаті завершення циклу виробництва та обороту товару, витрачається власником у декількох напрямках: перш за все на відшкодування витрат, пов'язаних з необхідністю відновлення виробництва у колишньому або збільшуваному об'ємі (просте або розширене виробництво), що потребує вкладення фінансових ресурсів у відновлення запасів предметів праці, у підтримку та відновлення ресурсів засобів праці та до оплати витрат, обумовлених поточним споживанням ресурсів живої праці. Частина виручки виробництва використовується власником; частина – в порядку, що передбачено податковим законодавством та іншими нормативними актами, надходить до зовнішньої по відношенню до підприємства середовища, у тому числі платежі процентів по банківським кредитам та на їх погашення, платежі у позабюджетні та спеціальні фонди.

Зробимо спробу розглянути ресурси праці та ресурси предметів праці більш узагальнено, як капітал підприємства, та оцінимо значення управління капіталом підприємства. Капітал підприємства є основним фактором виробництва. Зовні капітал підприємства представлений у кінцевих формах: засоби праці, або виробничий капітал; предмети праці; грошові засоби та інші фінансові активи, або оборотний капітал; нематеріальна складова капіталу підприємства – елементи, що відносяться до ресурсів живої праці.

Частина виробничого капіталу – будівлі, споруди, машини та обладнання, так звані

основні засоби, зазвичай становлять на промислових підприємствах близько 60–70% всього капіталу підприємства у грошовому вираженні. Джерелом утворення основних засобів є довгострокові фінансові вкладення, а відмінною ознакою – достатньо тривалий період використання вкладених засобів з метою вилучення прибутку. Інша частина виробничого капіталу, що складає від 30 до 40%, – оборотний капітал. Це – сировина, матеріали, енергетичні ресурси, грошові засоби, короткострокові фінансові вклади. Джерелом оборотного капіталу є фінансові ресурси, вкладені в об'єкти, які використовуються підприємством або у рамках одного відтворюваного циклу, або у рамках відносно короткого календарного періоду часу, як правило, не більше одного року. Фінансові ресурси можуть бути як власними засобами, тобто статутний капітал або спеціальні фонди, що утворені за рахунок прибутку, так і залученими, тобто отримані у комерційних банках позики, кредиторська заборгованість постачальникам та залучені засоби від юридичних та фізичних осіб.

Нематеріальна складова капіталу підприємства, що визначає ресурси живої праці на практиці, не оцінюється у грошовому вираженні. Хоча у міжнародних стандартах бухгалтерського обліку існує таке поняття, як «гудвіл», тобто додаткова вартість, що входить у повну вартість підприємства у разі покупки або продажу бізнеса цілком новим власником. Різниця між вартістю речового виразу капіталу та повною ціною придбання підприємства відображає вартість торгової марки, репутацію та, головне, потенціал людських ресурсів.

Таким чином, основним призначенням системи управління підприємством є динамічне управління капіталом підприємства на протязі всього циклу кругообігу капіталу, який охоплює його авансування, застосування у виробництві, реалізацію виробничої продукції та повернення капіталу до початкової грошової форми. Отримуючи інформацію із зовнішнього середовища, тобто ринку товарів та послуг, державних установ, підприємство повинно відповідно вносити коригування у бізнес-процеси з метою максимізувати результат роботи

капіталу – прибуток, отриманий від реалізації продукції.

Ефективне управління капіталом можливе у тому випадку, якщо інформація про стан капіталу, його діючий потенціал та наявні резерви, достовірно характеризує його стан.

Для успішного динамічного управління капіталом підприємства з метою повного його використання та отримання максимального прибутку система управління повинна отримувати та обробляти інформацію, максимально повну за змістом, та виконувати рішення менеджменту з найменшим спотворенням.

У систему управління підприємством надходить різна економічна інформація, на основі якої приймаються оптимальні управлінські рішення. Інформація складається в основному з потоків, що включають планові, нормативні, статистичні, бухгалтерські та оперативні відомості.

Велике значення мають способи визначення якісного складу та кількості інформації, процеси зберігання та передачі її по каналах зв'язку.

Основу формування раціонального потоку інформації системи управління підприємством складають наступні принципи: виявлення інформаційних потреб та способів їх найбільш ефективного задоволення; об'єктивність відображення процесів виробництва, обігу, розподілу та споживання трудових та матеріальних ресурсів; єдність інформації, що надходить з реального джерела і передається далі у підсистемі бухгалтерського, статистичного та оперативного обліку; усунення дублювання інформації; оперативність інформації, тобто відображення реального статусу капіталу підприємства; всебічна та повна обробка інформації із виведенням документів встановленого формату; зберігання конфіденційності службової інформації та при необхідності її захист від несанкціонованих дій.

Особливо важливою для систем управління є задача зберігання та автоматичної обробки первісних даних. Вона зазвичай вирішується єдиною інформаційною системою підприємства. На основі отриманих вхідних даних у системі управління підприємством встановлюються єдині форми бух-

галтерської звітності. Для більшості керівників дані бухгалтерського обліку є єдиним відносно надійним засобом інформації про стан підприємства та відображення результативності прийнятими ними рішень. Однак у сучасних умовах жорсткої конкуренції на ринках товарів та послуг ці дані не можуть повністю задовільнити вимоги динамічного управління капіталом підприємства. По-перше, через свою специфіку бухгалтерський облік являє собою моментальний знімок стану підприємства на кінець звітної періоду, зазвичай місяця, а частіш за весь квартал. Тому можливе спотворення інформації, а також накопичення помилок у системі управління, за самий великий проміжок часу. Це головний недолік системи управління, який не дає можливості оперативного приймати управлінські рішення і корегувати протікання господарських процесів. По-друге, бухгалтерський облік відображає інформацію в особливій, специфічній формі. Так, бухгалтерська звітність, що складена за українськими стандартами, відрізняється від звітності, що підготовлена за міжнародними стандартами бухгалтерського обліку [4, с. 219–221].

Оперативність інформації системи управління – одна з найважливіших умов динамічного управління капіталом підприємства. Діючи у теперішній час на більшості промислових підприємств системи бухгалтерського та статистичного обліку не відповідають у повній мірі цій вимозі. Тому вказана звітність, що надходить у підрозділи підприємства, як правило, не використовується у оперативному керівництві. Для поточного управління діяльністю підприємства необхідним є оперативний облік.

Використовувані у системі управління технічні засоби дозволяють раціонально зменшити об'єм переданих даних та за допомогою спеціального програмованого забезпечення єдиної інформаційної системи підприємства забезпечити адресну передачу необхідної інформації та управлінських дій. У даному випадку система управління може вирішувати багатоскладну задачу визначення корисності економічної інформації в умовах систематичного наростання інфор-

маційного потоку. По мірі заглиблення ринкових відносин та існуючого ускладнення взаємозв'язків господарюючих суб'єктів між собою, зовнішнє середовище та держава в системі управління повинні постійно уточнювати функціональні залежності між економічними явищами, виробничими процесами, зв'язками господарських показників що змінюються. Перелічені умови можуть бути реалізовані, якщо система управління володіє гнучкістю, можливістю саморегулювання, динамічно реагує на зовнішній та внутрішній вплив. Таким чином, оптимальне управління потенціалом підприємства вимагає вирішення задач швидкої та якісної переробки інформації, прогнозування, вдосконалення технології прийняття та виконання управлінських рішень.

Юридична або фізична особа, що виступає як власник підприємства в умовах ринкових відносин, що характеризуються наявністю товарно-грошових зв'язків та конкуренцією між господарюючими суб'єктами у рамках спільної задачі – отримання прибутку, зацікавлені у досягненні двох цілей.

По-перше, власник прагне не тільки зберегти, але й збільшити спочатку вкладений у справу капітал, що змушує його спрямовувати частину отриманого чистого доходу (валовий дохід за вирахування витрат виробництва та обігу) від інвестицій (у фонд накопичення) з метою підтримки та розширення масштабів своєї діяльності.

По-друге, для підтримки та підвищення досягнутого рівня свого індивідуального добробуту власник спрямовує частину чистого доходу у фонд споживання, що формується за рахунок оплати праці за виконані роботи, дивідендів та інших виплат з чистого доходу.

І в першому, і в другому випадку власник зацікавлений в найбільш ефективному використанні своєї власності завдяки механізму системи управління підприємством.

Менеджери підприємства у сучасних умовах можуть бути власниками або високооплачуваними працівниками, які найняті для управління власністю. У даному випадку вони зацікавлені у виконанні своїх службових обов'язків та в надійності механізмів управ-

ління, відображенні реального стану потенціалу підприємства. Керівники підприємства повинні бути впевнені, що управлінські рішення, прийняті ними, будуть виконані відповідним чином та своєчасно, а інформація про результати буде отримана з найменшим спотворенням.

Як було вказано, технологія процесу управління промисловим підприємством – це процес, серія безперервних, взаємопов'язаних дій (елементарних управлінських операцій), які згруповані по своєму призначенню у блоки – елементи технології управління. Виділимо основні з них.

1. Управління матеріальними запасами.
2. Управління кредиторською заборгованістю.
3. Управління дебіторською заборгованістю.
4. Управління грошовими засобами.
5. Управління обліком заробітної плати та інших витрат на працівників та співробітників підприємства.
6. Управління обліковою політикою підприємства. Ведення основних реєстрів бухгалтерського обліку.
7. Управління основними засобами.
8. Управління розрахунками по оподаткуванню.
9. Управління торговими операціями.
10. Управління фінансами підприємства
11. Управління інформаційною системою підприємства.
12. Управління виробничим процесом.

Далі кожний елемент технології управління представлений вектором X_i ($i = 1, 2, \dots, n$) багатомірному простору управлінських операцій x_{ij} ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$). Можливі проблеми, виникаючі при недостатньо точному дотриманні технології управління, представлені полем векторів Y_i ($i = 1, 2, \dots, n$), компонентами яких є y_{ij} ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$). Результати правильного застосування технології управління представляють поле векторів Z_i ($i = 1, 2, \dots, n$), компонентами яких є z_{ij} ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$).

Поняття «надійність системи управління підприємством» істотно пов'язано з поняттям її якості. Якістю системи називають сукупність властивостей, що визначають

ступінь придатності системи для її використання за призначенням.

Під надійністю системи розуміють здібність зберігати якість у певних умовах її функціонування, тобто надійність це якість, яка розгорнута у часі. Надійність визначається якістю та умовами роботи. Проблема підвищення надійності системи управління стає все більш важливою та актуальною у різних областях бізнесу, так як недостатня надійність систем управління призводить до більших економічних витрат. Недооцінка факторів, пов'язаних із надійністю, призводить до істотних витрат у процесі виробництва і відповідно втрати частини прибутку. Теорія надійності надає два шляхи підвищення якості систем управління. Перший полягає у підвищенні якості та надійності окремих складових складної системи управління. Другий полягає у розробці спеціальних методів побудування складних надійних систем із недостатньо надійних елементів, а також у розробці методів обслуговування таких систем. Таким чином, в теорії надійності встановлюються та аналізуються кількісні характеристики – критерії надійності та досліджуються зв'язки між ними за показниками економічної ефективності.

Поряд з вказаними в теорії надійності розробляються методи режимів та вибору характеристик, відповідних оптимальній надійності, методи оптимальних структур, методи пошуку причин спотворення управлінського впливу [7, с. 129–131].

У поняття надійності системи управління підприємством будемо включати, тобто своєчасне, безпомилкове виконання управлінських операцій та здатність до виправлення допущених збоїв або вчасно не виконаних технологічних операцій управління.

Характеристики якості і надійності системи управління пов'язані з економічними показниками окупності витрат та прибутком підприємства. Тому в теорії надійності виявляються та досліджуються кількісні критерії, встановлюється зв'язок між надійністю та характеристиками економічності та ефективності, а також розробляються методи аналізу обробки, результатів досліджень, контролю та оптимізації системи управління підприємством.

Для створення математичних моделей теорії надійності використовується теорія ймовірностей, математична статистика, теорія інформації, теорія масового обслуговування, лінійне та нелінійне програмування, математична логіка, статистичне модулювання та інші розділи математики [3; 6; 8].

При дослідженні поставленої проблеми виникає необхідність розглянути співвідношення між поняттями надійності та ефективності складних систем. Це пов'язано з тим, що під якістю складної системи, побудованої для роботи у мінливому середовищі, розуміється сукупність десятків або сотень властивостей, що визначають якість. Багато з них виявляються важливими тільки за певних обставин. Тому поняття відмови, що пов'язане з повною або суттєвою втратою працездатності системи, є дещо штучним. У цьому аспекті більш прийнятним буде використання комплексного показника якості – ефективності, що є мірою продуктивності з урахуванням зовнішніх факторів та способів її взаємодії. Отже, ефективність та надійність у деякому сенсі незалежні. Дійсно, можна розглядати ефективність абсолютно надійних систем та порівнювати їх за кількісними показниками ефективності. У тому випадку, коли складові частини системи не є абсолютно надійними, їх якість суттєво відбивається на ефективності. У таких випадках під надійністю системи розуміють стабільність ефективності з урахуванням надійності її складових частин. Тому введене поняття кількісних характеристик вимагає їх ймовірнісного трактування при математичному моделюванні.

Розглянемо множину станів системи управління $\Xi = \{X\}$, що відрізняються між собою надійністю. Множина Ξ є фазовим простором системи. Якщо система складається з n елементів, кожен з яких може функціонувати або абсолютно надійно, або з відхиленням від вказаних вимог, то фазовий простір буде представлений точками $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$, де $X_i = \{x_{ijk}\} x_{ijk} = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$. Тут $x_{ijk} = 1$, якщо управлінська операція виконана, та $x_{ijk} = 0$, коли не виконана або припущена помилка. Якщо помилка може виправлятися

протягом випадкового часу, то стан системи у цей період буде також випадково залежним від часу. Тому слід задавати $X_i(t) = \{x_{ijk}, t_{ijk}\}$ та відповідний простір, у якому визначається випадковий процес, що описує еволюцію системи в часі за допомогою вектору $X(t)$.

Наступний етап моделювання передбачає вибір чисельних характеристик надійності системи, який залежить від умов її функціонування. Зазвичай в якості характеристик надійності використовують математичне очікування від функціоналу Φ , що визначений траєкторією $X(t)$. Вважається, що Φ визначений у процесі $X(t)$, якщо кожній його траєкторії відповідає деяке число. Тоді показник надійності визначається як математичне очікування від даного функціоналу:

$$\varphi = M \Phi [X(t)]. \quad (1)$$

Тут кожній траєкторії процесу приписується певна вага, та за показник надійності приймається її середнє значення. Наприклад, ймовірність безпомилкового виконання управлінських операцій $P(t)$ можна отримати наступним чином. У просторі Ξ визначається підмножина $\Xi_0 \subset \Xi$, де система визнається не працездатною, якщо її стан відповідає $X(t) \in \Xi_0$.

Нехай функціонал $\Phi_1[X(t)] = 0$, якщо хоча б при одному значенні $\xi \leq t$ траєкторія $X(\xi)$ проходить через точки множини $\Xi_{0ш}$, в іншому випадку $\Phi_1[X(t)] = 1$, тоді $M(\Phi_1 X(t)) = P(t)$, тобто математичне очікування дорівнює ймовірності безпомилкової роботи у проміжку $[0, t]$. Функціонал $\Phi_2[X(t)]$ дорівнює тривалості інтервалу часу від початку роботи системи до першого попадання траєкторії у підмножину Ξ_0 . Параметр $T = M(\Phi_2[X(t)])$ характеризує середній час надійної роботи системи управління.

Використовуються й інші методики обчислення оптимальної надійності систем з позицій їх ефективності [1, с. 73–80]. У цьому випадку можливі порівняння показників надійності систем різних підприємств та вибір найкращих з них.

Економетрично задачу теорії надійності можливо сформулювати наступним чином: надійність системи характеризується фун-

ціоналом $\Phi[X(t), T]$, де T – час виробничого циклу, а $U\{\Phi X(t)T\}$ – збиток за вказаний час, та якщо вартість усунення помилки C та їх число $N(T)$ за час T , то витрати R через ненадійність системи у вказаний проміжок часу в середньому можна оцінити так:

$$R = M(u\{\Phi[X(t), T]\} + CM(N(T))). \quad (2)$$

У процесі експлуатації систем управління можна виходити з вимоги, що сума витрат приймає мінімальне значення. Можливі й інші підходи у постановці вказаних задач.

Метод моментів можна використовувати при обробці результатів випробувань, яких спостережуване число збоїв достатньо велике. Якщо протягом часу T проводяться випробування N без виправлення помилок, то умовна щільність ймовірності розподілу моментів збоїв за вказаний час випробувань T дорівнює $\frac{f(t, \alpha, \beta)}{F(T, \alpha, \beta)}$. Тоді для моменту k -го порядку має місце:

$$\int_0^T t^k \left[\frac{f(t, \alpha, \beta)}{F(T, \alpha, \beta)} \right] dt = \varphi_k(\alpha, \beta). \quad (3)$$

Якщо $d(T)$ – число збоїв, що відбулися за час T у часі $0 \leq t \leq \dots \leq td(T) \leq T$, то емпіричні моменти першого та другого порядків обчислюються як:

$$\frac{\sum_{i=1}^{d(T)} t_i}{d(T)} \text{ та } \frac{\sum_{i=1}^{d(T)} t_i^2}{d(T)}. \quad (4)$$

Коли $d(T)$ достатньо велике, то через закон великих чисел значення емпіричних моментів вони близькі до теоретичних. Прирівнявши вирази теоретичних моментів до їх емпіричних значень, отримують рівняння для знаходження оцінок $\tilde{\alpha}, \tilde{\beta}$:

$$\varphi_i(\tilde{\alpha}, \tilde{\beta}) = \frac{\sum_{i=1}^{d(T)} t_i^j}{d(T)}, j = 1, 2. \quad (5)$$

Якщо контроль припиняється після закінчення часу tr , без виправлення помилок, то відповідні рівняння для оцінок отримуються від середніх значень для членів варіаційного ряду, тобто:

$$\gamma_i(\alpha, \beta) = Mt_i = \quad (6)$$

$$= \frac{N!}{(i-1)!(N-i)!} \int_0^\infty t^i f(t, \alpha, \beta) F(t, \alpha, \beta)^{i-1} \times [1 - F(t, \alpha, \beta)]^{N-i} dt.$$

Обравши два порядкових номера $l < k \leq r$, вирішують рівняння для знаходження оцінок:

$$\gamma_l(\tilde{\alpha}, \tilde{\beta}) = t_{(l)}; \gamma_k(\tilde{\alpha}, \tilde{\beta}) = t_{(k)}, \quad (7)$$

де $\gamma_j(\alpha, \beta)$ визначається з попереднього виразу.

У загальному випадку можна використовувати й змішані методи для знаходження оцінок, коли одне з рівнянь вирішується за методом квантилів, а інше – згідно методу моментів. Ефективність подібних підходів можна визначити у результаті порівняння дисперсії отриманих оцінок. Можливе використання асимптотичних підходів за допомогою розкладання в ряд Тейлора та подальшого використання асимптотичної нормальності відхилень.

Для ілюстрації використання методу моментів при оцінці параметрів α, β розглянемо щільності ймовірності збоїв, що належать гама розподілу $f(t, \alpha, \beta) = \frac{\beta^\alpha t^{\alpha-1}}{\Gamma(\alpha)} e^{-\beta t}$, з урахуванням –

$$\varphi_1(\alpha, \beta) = \frac{\alpha}{\beta}; \varphi_2(\alpha, \beta) = \frac{\alpha(\alpha+1)}{\beta^2}. \quad (8)$$

При цьому оцінками для φ_1 та φ_2 будуть величини:

$$\bar{t} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_j; \bar{t}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_j^2. \quad (9)$$

Замінивши моменти оцінками, отримують рівняння:

$$\bar{t} = \frac{\tilde{\alpha}}{\tilde{\beta}}; \bar{t}^2 = \frac{\tilde{\alpha}(\tilde{\alpha}+1)}{\tilde{\beta}^2}. \quad (10)$$

Їх рішення мають вид:

$$\tilde{\beta} = H_1(\bar{t}, \bar{t}^2); \tilde{\alpha} = H_2(\bar{t}, \bar{t}^2) = \frac{(\bar{t}^2)}{\bar{t}^2 - (\bar{t}^2)}. \quad (11)$$

Якщо ввести позначення $\delta \bar{t} = \bar{t} - \frac{\alpha}{\beta}$;

$\bar{t}^2 = \bar{t}^2 - \frac{\alpha(\alpha+1)}{\beta^2}$ та розкласти в ряд Тейлора:

$$\begin{aligned} \tilde{\beta} &= \beta + \left[\frac{\partial H_1(\bar{t}, \bar{t}^2)}{\partial t} \right] \delta \bar{t} + \left[\frac{\partial H_1(\bar{t}, \bar{t}^2)}{\partial t^2} \right] \delta \bar{t}^2; \\ \tilde{\alpha} &= \alpha + \left[\frac{\partial H_2(\bar{t}, \bar{t}^2)}{\partial t} \right] \delta \bar{t} + \left[\frac{\partial H_2(\bar{t}, \bar{t}^2)}{\partial t^2} \right] \delta \bar{t}^2, \end{aligned} \quad (12)$$

то вирази $\left[\frac{\partial H_i}{\partial \bar{t}} \right], \left[\frac{\partial H_i}{\partial \bar{t}^2} \right]$ будуть відповідати значенням похідних при $\bar{t} = \frac{\alpha}{\beta}; \bar{t}^2 = \frac{\alpha(\alpha+1)}{\beta^2}$.

Враховуючи, що:

$$M(\delta \bar{t})^2 = D[\bar{t}] \cong \frac{\alpha}{N\beta^2};$$

$$M(\delta \bar{t}^2)^2 \cong D[\bar{t}^2] = \frac{1}{N} \frac{2\alpha(\alpha+1)(2\alpha+3)}{\beta^4}; \quad (13)$$

$$M(\delta \bar{t} \delta \bar{t}^2)^2 \cong \frac{1}{N} \frac{2\alpha(\alpha+1)}{\beta^3},$$

вирази для дисперсій та коваріації оцінок, знайдений методом моментів, наступне:

$$\left\{ \begin{aligned} D(\tilde{\alpha}) &= M(\tilde{\alpha} - \alpha)^2 \approx \frac{2\alpha(\alpha+1)}{N}; \\ cov(\tilde{\alpha}, \tilde{\beta}) &= M(\tilde{\alpha} - \alpha)(\tilde{\beta} - \beta) \approx \frac{2\beta(\alpha+1)}{N}; \\ D(\tilde{\beta}) &= M(\tilde{\beta} - \beta)^2 \approx \frac{(2\alpha+3)\beta^3}{N\alpha}. \end{aligned} \right. \quad (14)$$

Для оцінки параметрів розподілів достатньо часто застосовують метод максимальної правдоподібності, який при обмеженнях типу регулярності дозволяє отримувати асимптотично ефективні оцінки. У випадку перевірки N управлінських операцій без виправлення допущених помилок отримана множина даних, що мають однорідну структуру. У результаті кожного випробування є N чисел $t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_n$, що відповідають моментам збоїв. У загальному випадку структура множини отриманих даних може

змінюватися від досліду до досліду. Наприклад, за час випробувань T не відбулося жодного збою(подія A_0) або відбулося d помилок (подія A_d), $d \leq r$. У випадку події A_0 має місце порожня множина. При A_d , $d \leq r$ множина даних є наборами d чисел $0 \leq t_1 \leq \dots \leq t_d \leq T$. Одержувані дані належать підмножинам певного виду, що залежать від невідомих значень параметрів. Якщо виконання операцій перевіряється до r помилок протягом часу T , то цей розподіл ймовірностей для події A_0 має вид $p(A_0, \alpha, \beta) = [1 - F(T, \alpha, \beta)]^N$. Щільність ймовірності того, що відбулася подія A_d , $d < r$ та збої спостерігалися у моменти t_1, \dots, t_d дорівнює:

$$\begin{aligned} p(A_d, t_1, \dots, t_d, \alpha, \beta) &= \\ &= N(N-1)\dots(N-d+1) \prod_{i=1}^d p(t_i, \alpha, \beta) \times \\ &\times [1 - F(T, \alpha, \beta)]^{N-d}; \end{aligned} \quad (15)$$

щільність ймовірності того, що відбулася подія A_r та відмови спостерігалися у моменти t_1, \dots, t_r приймає вид:

$$\begin{aligned} p(A_r, t_1, \dots, t_r, \alpha, \beta) &= \\ &= N(N-1)\dots(N-r+1) \prod_{i=1}^r p(t_i, \alpha, \beta), \end{aligned} \quad (16)$$

де $p(t, \alpha, \beta) = \frac{dF(t, \alpha, \beta)}{dt}$. Враховуючи, що результати випробувань представляють собою набір випадкових чисел, ймовірність або щільність ймовірностей результатів випробувань вважають випадковими величинами. Для оцінки параметрів α, β підбирають пару чисел $\tilde{\alpha}, \tilde{\beta}$ таких, що значення функції правдоподібності досягає максимуму при фіксованих значеннях результатів досліду. Такі оцінки називають оцінками максимальної правдоподібності.

Необхідною умовою існування екстремуму функції двох змінних є звернення в нуль її часткових похідних по α та β . Для зручності пошуку значень, при яких функція досягає максимуму, прирівнюються до нуля часткові похідні від логарифму цієї функції. При вказаному підході рівняння максималь-

ної правдоподібності записують для події A_d , $d \leq r$ у вигляді:

$$\frac{\partial L(A_d, t_1, \dots, t_d, \alpha, \beta)}{\partial \alpha} = 0; \quad (17)$$

$$\frac{\partial L(A_d, t_1, \dots, t_d, \alpha, \beta)}{\partial \beta} = 0,$$

де $L(A_d, t_1, \dots, t_d, \alpha, \beta) = \ln p(A_d, t_1, \dots, t_d, \alpha, \beta)$. Рівняння є трансцендентними, та їх рішення пов'язане з певними труднощами. При систематичному контролю виконання однотипних управлінських операцій ефективність даного метода досягається у результаті використання персонального комп'ютера. Тільки попередньо необхідно переконатися в існуванні рішень: коли воно не єдино, то залучаються додаткові умови відбору оптимального серед них.

Для проведення реальних експериментів з розрахунку надійності систем управління економетрична модель була реалізована на персональному комп'ютері. Перевага даного підходу полягає у можливості застосування комп'ютерної моделі у реальних умовах керівником підприємства.

Комп'ютерна модель універсальна та розробляється таким чином, що її використання можливе при аналізі системи управління будь-якого підприємства, незалежно від форми власності та розмірів господарської діяльності. Вона містить практично усі розглянуті управлінські операції, але їх перелік можна доповнити для більш детального відображення специфіки системи управління конкретним підприємством.

Висновки і пропозиції. Розглянуто сучасне промислове підприємство як економіко-технологічну систему, яка реалізує складне перетворення набору вхідних ресурсів у кінцеву продукцію для ринку. Всі ресурси умовно розподілені на живий труд, засобі праці, предмети праці. Кінцевий результат господарської діяльності підприємства проявляється тільки в момент завершення процесу реалізації продукції. При цьому основне призначення системи управління капіталом підприємства на протязі усього циклу кругообігу капіталу, який охоплює його авансування, викори-

стання у виробництві, реалізацію виробленої продукції та повернення капіталу у грошовій формі. Отримуючи інформацію з зовнішнього середовища, підприємство повинно відповідно вносити корекцію у бізнес-процеси з ціллю максимізувати результат – прибуток від реалізації. Для успішного динамічного управління капіталом підприємства в цілях повного його використання і отримання максимального прибутку система управління повинна отримувати і обробляти інформацію, яка максимально повна за змістом, та виконувати рішення менеджменту з найменшими викривленнями. Велике значення мають засоби визначення якісного складу і обсягу інформації, процеси її зберігання і передачі по відповідним каналам зв'язку, наявності моделі для реалізації різних сценаріїв керуючих дій.

На основі використання методу максимальної правдоподібності, який за обмеженнями типу регулярності дозволяє отримувати асимптотично ефективні оцінки, була на практиці (ПАТ «Одескабель») реалізована економетрична модель з розрахунку надійності системи управління. Комп'ютерна модель достатньо універсальна і може бути доопрацьована до потреб будь якого підприємства з урахуванням специфіки його управлінських операцій, незалежно від форми власності та розмірів господарської діяльності.

Література:

1. Горчаков А. А., Орлова И. В. Компьютерные экономико-математические модели: учебное пособие. Москва: ЮНИТИ, 1995. 136 с.
2. Гужева І.Ю., Гончаренко К.О. Промисловість України: сучасні тенденції та фактори розвитку. *Формування ринкових відносин в Україні*. 2020. № 1 (224). С. 18–24.
3. Жданов С.А. Экономические модели и методы в управлении: справочное пособие. Москва: Дело и Сервис, 1998. 176 с.
4. Захарченко В.І., Меркулов М.М., Балахонова О.В., Моделі і методи прийняття рішень в аналізі та аудиті: навчальний посібник. Львів: Магнолія – 2006, 2012. 352 с.
5. Зибров П.Ф., Зибров А.П. Оценка надежности системы управления промышленным предприятием. *Машиностроитель*, 2003. № 5. С. 42–48.
6. Ларионов А.И., Юрченко Т.И., Новоселов А.Л. Экономико-математические методы в планировании: учебное пособие. Москва: Высшая школа, 1991. 240 с.
7. Лысенко Ю.Г. и др. Методология моделирования жизненноспособных систем в экономике: монография. Донецк: Юго-Восток, 2009. 350 с.
8. Поляков П.И. Экономико-математические модели развития промышленных предприятий: учебное пособие. Киев: Вища школа, 1984. 168 с.

9. Шовкун І.А. Інвестиційний клімат як чинник промислового розвитку України. *Економіка і прогнозування*. 2019. № 4. С. 70–103.
10. Юхименко Б.И. Методы оптимизации: учебное пособие. Одесса: Интерсервис, 2012. 268 с.
11. Якубовский Н.Н., Солдак М.А. Выбор структурных акцентов активизации развития промышленности Украины. *Економіка промисловості*. 2017. № 2 (78). С. 5-21.
12. Газета «Урядовий кур'єр». URL: www.ukurier.gov.ua (дата звернення: 20.08.2020).
5. Zibrov P.F., Zibrov A.P. (2003) Otsenka nadezhnosti sistemy upravleniya promyshlennym predpriyatiem [Assessment of the reliability of the industrial enterprise management system]. *Mashinostroitel*. No. 5. Pp. 42–48.
6. Larionov A.I., Urchenko T.I., Novosyolov A.L. (1991) Ekonomiko-matematicheskiye metody v planirovanii: uchebnoye posobiye [Economic and mathematical methods in planning: academic manual]. Moscow : Vysshaya shkola, 240 p.
7. Lysenko U.H. and other. (2009) Metodologiya modelirovaniya zhiznesposobnykh sistem v ekonomike: monografiya [Methodology for modeling viable systems in economics: monograph]. Donetsk : YUgo-Vostok, 350 p.
8. Polyakov P.I. (1984) Ekonomiko-matematicheskiye modeli razvitiya promyshlennykh predpriyatiy: uchebnoye posobiye [Economic and mathematical models of the development of industrial enterprises: academic manual]. Kyiv : Vyshcha shkola, 168 p.
9. Shovkun I.A. (2019) Investytsiynyy klimat yak chynnyk promyslovoho rozvytku Ukrainy [Investment climate as a factor of industrial development of Ukraine]. *Економіка і прогнозування*. No. 4. Pp. 70–103.
10. Ukhimenko B.I. (2012) Metody optimizatsii: uchebnoye posobiye [Optimization techniques: academic manual]. Odessa : Interservis, 268 p.
11. Yakubovskiy N.N., Soldak M.A. (2017) Vybory strukturnykh aktsentov aktivizatsii razvitiya promyshlennosti Ukrainy [The choice of structural accents for enhancing the development of Ukrainian industry]. *Економіка промисловості*. No. 2 (78). Pp. 5–21.
12. Hazeta «Uriadovyi kurier». Available at: www.ukurier.gov.ua (accessed 20 August 2020).

References:

1. Gorchakov A.A., Orlova I.V. (1995) Komp'yuternoye ekonomicheskoye-matematicheskoye modeli: uchebnoye posobiye [Computer economic and mathematical models: academic manual]. Moscow : UNITY, pp. 136.
2. Huzheva I.U., Honchrenko K.O. (2020) Promyslovist' Ukrainy: suchasni tendentsiyi ta faktory rozvytku [Industry of Ukraine: current trends and factors of development]. *Formuvannya rynkovykh vidnosyn v Ukraini*. No. 1 (224). Pp. 18–24.
3. Zhdanov S.A. (1998) Ekonomicheskoye modeli i metody v upravlenii: spravochnoye posobiye [Economic models and methods in management: a reference manual]. Moscow : Delo i Servis, 176 p.
4. Zakharchenko V.I., Merkulov M.M., Balakhonova O.V., (2006, 2012) Modeli i metody pryunyattya rishen' v analizi ta audyti: navchal'nyy posibnyk [Models and methods of decision making in analysis and audit: academic manual]. Lviv : Mahnolia, 352 p.

Аннотация. Рассмотрено современное промышленное предприятие как экономико-технологическую систему, которая реализует сложное преобразование набора входных ресурсов в конечную продукцию на рынке. Все ресурсы условно разделены на живой труд, средства труда, предметы труда. Конечный результат хозяйственной деятельности предприятия проявляется только в момент завершения процесса реализации продукции. При этом основное назначение системы управления капиталом предприятия во время всего цикла кругооборота капитала, который охватывает его авансирование, использование в производстве, реализацию произведенной продукции и возвращение капитала в денежной форме. Получая информацию из внешней среды, предприятие должно соответственно вносить коррекцию в бизнес-процессы с целью максимизировать результат – прибыль от реализации. Для успешного динамичного управления капиталом предприятия в целях полного его использования и получения максимальной прибыли система управления должна получать и обрабатывать информацию, которая должна быть максимально полной по содержанию, и выполнять решения менеджмента с наименьшими искажениями. Большое значение имеют средства определения качественного состава и объема информации, процессы её сохранения и передачи по соответствующим каналам связи, наличие модели для реализации разных сценариев управленческих действий. На основе использования метода максимального правдоподобия, который по ограничениям типа регулярности позволяет получать асимптотически эффективные оценки, была на практике реализована эконометрическая модель из расчета надежности системы управления. Компьютерная модель достаточно универсальна и может быть доработана до потребностей любого предприятия с учетом специфики его управленческих операций, независимо от формы собственности и размеров хозяйственной деятельности.

Ключевые слова: система, управление, модель, ресурс, капитал, информация, надежность, эффективность, вероятность, множество.

Summary. A modern industrial enterprise is considered as an economical and technological system that implements a complex transformation of a set of input resources into final products on the market. All resources are conditionally divided into living labor, means of labor and subject of labor. The final result of the enterprise's economic activity manifests itself only at the completion of the process of selling products. While the capital management system of an enterprise during the entire cycle of capital circulation covers its fund advances, use in production, sale of completed products and return of capital in cash. Receiving information from the external environment, the company must accordingly make adjustments to business processes in order to maximize the result - profit from sales. For successful dynamic management of the enterprise's capital in order to fully utilize it and maximize profit, the management system must receive and process information that is as complete as possible in content, and implement management decisions with the smallest distortions. The means for determining the qualitative composition and volume of information, the processes of its storage and transmission through the appropriate communication channels and the availability of a model for the implementation of various scenarios of management actions are of great importance. Based on the use of the maximum likelihood estimation method, which, according to constraints such as regularity, allows one to obtain asymptotically efficient estimates, an econometric model was implemented in practice based on a calculation of reliability of the control system. The computer model is quite versatile and can be modified to meet the needs of any enterprise, taking into account the specifics of its management operations, regardless of the form of ownership and the size of economic activity. The basic principles for the formation of a rational information flow of the enterprise management system consist of: identification of the information needs and ways of their most effective response; objectivity in reflecting the production processes, circulation, distribution and consumption of labor and material resources; unity of information coming from a real source and transmitted further to the accounting, statistical and operational subsystems; elimination of duplication of the information; efficiency of the information, that is, a reflection of the real status of the enterprise's capital; comprehensive and complete processing of the information with the derivation of documents of the established format; maintenance of the confidentiality of service information and, if it's necessary, protection from unauthorized actions.

Keywords: system, management, model, resource, capital, information, reliability, efficiency, probability, set.