

**Авторський колектив**

*Устенко С. В.*, д.е.н., проф., *Рамазанов С. К.*, д.е.н., д.т.н., проф., *Степаненко О. П.*, д.е.н., проф., *Іванченко Г. Ф.*, к.т.н., проф., *Сендзюк М. А.*, к.е.н., проф., *Ситник Н. В.* к.е.н., проф., *Шевченко К. Л.*, д.т.н., проф., *Ріппа С. П.* д.е.н., проф., *Тішков Б. О.*, к.е.н., доц., *Галузинський Г. П.*, к.т.н., доц., *Городній О. В.*, к.т.н., доц., *Денісова О. О.*, к.е.н., доц., *Гордієнко І. В.*, к.е.н., доц., *Краснюк М. Т.*, к.е.н., доц., *Курков М. С.*, к.е.н., доц., докторант, *Помазун О. М.*, к.е.н., доц., *Зінов'єва І. С.*, к.е.н., доц., *Держук О. В.*, к.е.н., доц., *Кривошеєв К. В.*, к.т.н., доц., *Бірко О. О.*, асис., *Кустаровський О. Д.*, асп., *Ріппа М. Б.*, к.е.н., доц., *Гіваргізов І. Г.*, асп., *Погореловська І. Д.*, к.е.н., доц., *Бадер Омар Ахмад Далайін*, к.е.н. (Йорданія)

**Рецензенти**

*Дивак М. П.* докт.техн.наук, проф.

Тернопільський національний економічний університет

*Горбовий А. Ю.* докт.техн.наук, проф.

Інститут інформаційних технологій Державної фіскальної Служби України

*Джаладова І. А.* докт.фіз.-мат.наук, проф.,

Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

*Рекомендовано до друку Вченою радою КНЕУ*

*Протокол № 10 від 30.05.2019*

I-74 **Інформаційні управляючі системи та технології / За заг.**  
ред. докт. екон. наук, професора Устенко С. В. — Київ :  
КНЕУ, 2019. — 419 с., [5] с.  
**ISBN 978-966-926-307-0**

У монографії розглянуто концепції та методології проектування та розвитку інформаційних управляючих систем на підприємствах, у наукових інститутах, ІТ-сфері, виробництві, логістиці, освітньому процесі; методи, моделі та алгоритми вирішення завдань управління високотехнологічних виробничих систем, систем еволюційного прогнозування синергетичного ефекту злиття та поглинання підприємств, інтелектуальних систем прийняття рішень; принципи та стратегії проектування інформаційних систем з використанням технологій криптоекономіки та блокчейн, інформаційно-комунікаційних технологій підтримки інформаційної безпеки систем, створення гібридних інтелектуальних систем; упровадження технічних аспектів підвищення надійності пам'яті, методів отримання вимірювальної інформації, розроблення спеціалізованих систем цифрової обробки інформації.

Для викладачів, наукових працівників, аспірантів, студентів, спеціалістів, які займаються проблемами впровадження сучасних технологій при проектуванні та впровадженні інформаційних систем в управлінні підприємствами, організаціями, а також в ІТ-бізнесі, освіті.

**УДК 004.9:33:62**

*Розповсюджувати та тиражувати  
без офіційного дозволу КНЕУ заборонено*

# ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	5
<b>РОЗДІЛ 1. КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНИХ УПРАВЛЯЮЧИХ СИСТЕМ</b>	
<b>КОНЦЕПЦІЯ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНИХ УПРАВЛЯЮЧИХ СИСТЕМ</b> <i>Устенко С. В.</i> , д.е.н., проф., <i>Курков М.С.</i> , к.е.н., доц., докторант . . . . .	7
<b>КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНИМИ РЕСУРСАМИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ДІЯЛЬНОСТІ УНІВЕРСИТЕТУ В КОНТЕКСТІ РОЗВИТКУ ЦИФРОВОЇ ЕКОНОМІКИ</b> <i>Степаненко О. П.</i> , д.е.н., проф. ....	26
<b>КОНЦЕПЦІЯ ТА МЕТОДОЛОГІЇ СИСТЕМНОГО ІНЖИНІРИНГУ</b> <i>Денісова О. О.</i> , к.е.н., доц. ....	50
<b>КОНЦЕПЦІЯ ТА МЕТОДОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ АДАПТИВНОЇ ЛОГІСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ</b> <i>Краснюк М. Т.</i> , к.е.н., доц. <i>Кустаровський О. Д.</i> , асп. ....	75
<b>РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ УПРАВЛЯЮЧИХ СИСТЕМ</b>	
<b>МОДЕЛЮВАННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА СТВОРЕННЯ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ</b> <i>Устенко С. В.</i> , д.е.н., проф., <i>Тішков Б. О.</i> , к.е.н., доц., <i>Зінов'єва І.С.</i> , к.е.н., доц., <i>Помазун О. М.</i> , к.е.н., доц., <i>Бірко О. О.</i> , асис. ....	84
<b>СИНТЕЗ СИСТЕМИ ЕВОЛЮЦІЙНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ СИНЕРГЕТИЧНОГО ЕФЕКТУ ЗЛИТТЯ ТА ПОГЛИНАННЯ ПІДПРИЄМСТВ</b> <i>Іванченко Г. Ф.</i> , к.т.н., проф., <i>Бадер Омар Ахмад Далайін</i> , к.е.н. . .	148
<b>ДОСЛІДЖЕННЯ СУТНОСТІ ТА ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ РОЗВИТКУ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ДЕРЖАВНИМИ ФІНАНСАМИ З ПОЗИЦІЇ ЇХ АВТОМАТИЗАЦІЇ</b> <i>Сендзюк М. А.</i> , к.е.н., проф., <i>Держук О. В.</i> , к.е.н., доц. ....	165
<b>МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРИЙНЯТТЯ ЕКСПЕРТНИХ РІШЕНЬ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ТА РИЗИКУ</b> <i>Кривошеєв К. В.</i> , к.т.н., доц. ....	201

## **МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ УПРАВЛЯЮЧИХ СИСТЕМ**

---

*Устенко С. В., д.е.н., проф.,  
Тішков Б. О., к.е.н., доц.,  
Зінов'єва І. С., к.е.н., доц.,  
Помазун О. М., к.е.н., доц.,  
Бірко О. О., асис.*

### **МОДЕЛЮВАННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА СТВОРЕННЯ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ**

#### **1.1. Предметна характеристика, фактори та принципи створення високотехнологічних виробничих систем**

Проблеми економіки України головним чином характеризуються низькою ефективністю високотехнологічних виробничих систем і як наслідок — низькою ефективністю економіки загалом. Високі енергетичні та матеріальні витрати виробництва, низька ефективність менеджменту на всіх рівнях, неадекватність діяльності багатьох економічних об'єктів зумовлюють завдання вдосконалення їх функціонування в царині керування процесом розвитку й використання виробничого потенціалу в умовах трансформаційної економіки. Це зумовлює широту сфер удосконалення чинників зростання ефективності виробництва, особливо в галузях наукомістких технологій. Одним з реальних аспектів, ініційованих процесами глобалізації, є об'єднання (інтеграція) підприємницьких структур у різних галузях економіки. Конкретні рішення у цій сфері відрізняються масштабністю організаційних заходів, високою витратністю та значними економічними

наслідками. Тому прийняттю рішень щодо інтеграції повинне передувати серйозне обґрунтування доцільності проектів інтеграції. Також останні позитивні політичні події в Україні, зокрема прагнення України до євроінтеграційних процесів, дасть змогу не тільки зберегти результати в галузі наукомістких технологій, таких як машинобудування, літакобудування, атомна енергетика, космічна галузь, комп'ютерна техніка, телекомунікації, а й надати значні інвестиційні ресурси для їх розвитку. З огляду на стан справ в Україні в цьому процесі, на її можливості й наявні ресурси, а також перспективи розвитку, стає зрозумілою актуальність проблеми інтеграції високотехнологічних виробничих систем у різних галузях економіки.

**Високотехнологічна виробнича система (ВВС)** — це система, що здатна освоїти й реалізувати інноваційні, технічні та технологічні знання нового покоління наукомістких технологій у процесі створення проміжних і кінцевих продуктів. ВВС має розвинуту інфраструктуру у формі об'єднання, створює складну конкурентоспроможну продукцію, наприклад літаки, космічні апарати, системи управління об'єктами тощо. Структурно ВВС складається з модулів: науковий, виробничий, науково-виробничий, ресурсний, ремонтний, сервісний, логістичний, маркетинговий та ін.

**Високотехнологічна продукція** — це продукція, для створення якої залучені рідкісні (унікальні) на цей період часу ресурси (інтелектуальні та матеріальні) і яка має здатність отримати технологічні чи економічні переваги порівняно з ідентичними. До основних факторів і чинників визначення рівня наукомісткості високотехнологічної продукції ВВС віднесені складові інтелектуального потенціалу (питома вага зайнятих у ВВС), питома вага високотехнологічного експорту, питома вага інноваційної продукції на ринку, питома вага інноваційної продукції на підприємстві, питома витрати на НДДКР, питома вага інвестицій на інноваційну діяльність, питома вага реформ (компетенцій), а розрахунок індексу інноваційної спроможності здійснюється за методикою Європейської комісії, трансформованої до рівня підприємства [46].

Високий рівень наукомісткості продукції та її конкурентоспроможності зумовлюється передусім пріоритетними, тобто прогресивними з погляду рівня значущості для піднесення вітчизняної економіки, напрямками розвитку науки й техніки та ефективністю їх реалізації у виробництві. Наявність таких пріоритетів є вихідним орієнтиром для концентрації національних ресурсів

на напрямках технологічного прориву, проведення за участю держави не лише фундаментальних, а й частини прикладних досліджень і розробок, щоб зробити їхні результати придатними для подальшого використання в корпоративних структурах з метою комерційної реалізації. Хоча формально таку систему в Україні вже створено, проте її конкретне наповнення не відповідає ні вимогам перспективного розвитку, ні потребам захисту світових ринків вітчизняних виробників. Недієвість системи пріоритетів набуває стратегічного значення, оскільки блокує узгодження науково-технічної, бюджетно-фінансової, грошово-кредитної, податкової, виробничої та зовнішньоторговельної політики. При цьому, за розрахунками науковців [1], майже 70 % коштів на науково-технічні розробки припадає в Україні на IV технологічний уклад і тільки 23 % — на V; 60 % інноваційних витрат — на IV технологічний уклад, 30 % — на III, 8,6 % — на V. За випуском продукції [2] III технологічний уклад в Україні становить 58 % виробництва, IV технологічний уклад — 38 % і лише 4 % — V технологічний уклад. Інвестиції переважно (до 75 %) вкладаються у III технологічний уклад і, відповідно, лише 20 % і 4,5 % — у IV і V технологічні уклади. Домінуючими серед галузей промисловості щодо інноваційної діяльності є хімічна та нафтохімічна промисловість — 24 % і машинобудування — 23,9 %, але ці галузі, що мають бути лідерами інновацій, за період з 2000 року значно втратили свої позиції. Слід зазначити, що в загальному обсязі реалізованої інноваційної продукції машинобудування найбільшу питому вагу становить високотехнологічне виробництво — машин та устаткування, електричного та електронного устаткування. В інших видах промислового виробництва рівень інноваційності майже вдвічі менший, ніж у машинобудуванні та хімічній промисловості [4]. Таким чином, негативні процеси в галузевій структурі України перетворюються на деградацію технологічної структури діючих підприємств. А частка бюджетних витрат на науку у відсотках ВВП не тільки не зросла за останні п'ять років, а продовжувала знижуватися і зараз становить близько 1 % ВВП. Для розвинутих країн вона становить 2,5–3 % ВВП. Фактичні статистичні дані міністерств і відомств України свідчать про те, що використання в економіці науково-технічних та організаційних заходів, спрямованих на реалізацію пріоритетних напрямів, забезпечує високу соціально-економічну ефективність, тобто значний рівень окупності витрат на кожний проект відповідного призначення, що становить 3–3,5 роки. Така ефективність значно перевищує банківський коефіцієнт рефінансування

інвестицій у виробництво. Але, незважаючи на такі позитивні можливості зростання економіки на основі її науково-технічного розвитку, масштабність впровадження ефективних розробок у виробництво є ще доволі низькою, про що свідчить співвідношення між обсягом витрат на науково-технічну діяльність у країні та впровадження її результатів, трансформованих в інновації, у виробництво, яке становить 1:1,06. Водночас, згідно із зарубіжними даними, таке співвідношення може бути не менш як 1:10. Останніми роками в Україні фактично не було впроваджено жодної вітчизняної інновації загальнодержавного масштабу та галузевих технологій, а також тих інновацій, які формують ядро передового VI технологічного укладу. Лише незначна кількість інноваційної продукції в аерокосмічній і літакобудівній галузях, а також у біотехнологіях і нині у військово-промисловому комплексі вирізняється принциповою новизною.

Основний внесок у поточний рівень інноваційної спроможності України робить якісний інтелектуальний потенціал. Так, питома вага населення з вищою освітою в Україні є однією з найвищих у світі і в 1,7 разу перевищує середній показник по ЄС, частка зайнятих у високотехнологічних галузях сфери послуг (НДДКР, інформаційно-комунікаційні) в Україні на 28 % вища, ніж у середньому по ЄС, а за показником кількості дослідників з розрахунку на 1000 зайнятих Україна лише на 13 % поступається середньому по ЄС значенню.

У країнах з розвинутою ринковою економікою значна частина потенціалу галузевої науки, пов'язаної з комерціалізацією результатів наукових досліджень, працює в межах великих корпоративних структур та об'єднань. Такі структури є замовниками чималої кількості наукових досліджень і розробок, вони формують ринок для наукового та конструкторського потенціалу, забезпечуючи основну частку інвестиційної складової інноваційних проектів. В Україні переважна частина галузевої науки опинилася за межами корпоративних структур і, відповідно, поза відтворювальних механізмів фінансування. Бюджетне фінансування постійно зменшується. Тому підприємства України вступають в якісно іншу стадію функціонування та економічного розвитку, що змушує їх адаптуватися до зовнішніх умов конкурентної боротьби, яка загострюється на зовнішніх і внутрішніх ринках. Однією з форм економічного розвитку підприємств за цих умов є інтегрування їх у різні корпоративні структури: фінансово-промислові групи, технопарки, асоціації, концерни, холдинги, корпорації, метакорпорації, горизонтальні та горизон-

нтально-вертикальні об'єднання, компанії та ін., які здатні розробляти нові зразки високотехнологічної продукції та виготовляти конкурентоспроможну продукцію. Реалізація структурних моделей інтеграції ВВС здійснюється на основі таких принципів: організація комерційної діяльності з метою отримання прибутку, формування «м'яких» або «жорстких» форм об'єднань на основі діючого законодавства, організація стратегічного центру управління та маркетингу.

До базових технологічних пріоритетів розвитку ВВС і видів високотехнологічної продукції належать: машинобудування та приладобудування як основа високотехнологічного оновлення всіх галузей виробництва (виробництво сучасної ракетно-космічної та авіаційної техніки, системи, засоби та обладнання нового покоління), військово-промисловий комплекс, модернізація електростанцій, нові та відновлювані джерела енергії, новітні ресурсо- та енергозберігаючі технології, біотехнології, нанотехнології, нові види матеріалів і продуктів, мікроелектроніка, інформаційні технології, телекомунікації, хімічні технології, високотехнологічний розвиток сільського господарства й переробної промисловості, діагностичні та лікувальні програмно-технічні комплекси. До цього переліку в промисловому комплексі України можна віднести й низку ВВС і технологій, які використовуються в судно- і танкобудуванні, виробництві обладнання для АПК і легкої промисловості, транспортному машинобудуванні, верстатобудуванні, інструментальній та електротехнічній промисловості. Високим рівнем наукомісткості характеризуються порошкова металургія, виробництво твердих матеріалів, електррозварювальна галузь.

На основі аналізу існуючих моделей розвитку економічних систем запропоновано концептуальну модель як результат дії (стан)  $W$  від потенціалу розвитку  $\Pi(t)$  [45, 46]:

$$W = \frac{1}{t_1 - t_0} \int_{t_0}^{t_1} \Pi(t) dt, \quad (1)$$

де  $\Pi(t) = F(EP(t), PП(t), ЗП(t), ЕКП(t), ПЗС(t))$ ,  $F$  — функціонал системи потенціалів ( $EP(t)$ ,  $PП(t)$ ,  $ЗП(t)$ ,  $ЕКП(t)$ ,  $ПЗС(t)$ ),  $EP(t) = (ВП(t), НВП(t), СЕП(t))$  — економічний потенціал,  $ВП(t)$  — виробничий потенціал,  $НВП(t)$  — науково-виробничий потенціал,  $СЕП(t)$  — соціально-економічний потенціал,  $PП(t)$  — політичний потенціал,  $ЗП(t)$  — законодавчий потенціал,  $ЕКП(t)$  — екологічний потенціал,  $ПЗС(t)$  — потенціал зовнішнього середовища.

Тоді:

$$W(t) = \Pi(t) \quad (2)$$

визначає миттєвий стан ВВС у момент часу  $t$ , а  $\Pi(t) = F(\bar{U}_1(t), \bar{U}_2(t))$ , де  $\bar{U}_1(t) = (EP(t), ПП(t), ЗП(t), ЕКП(t), ПЗС(t))$  — вектор елементів системи потенціалів,  $\bar{U}_2(t) = (u_1, u_2, \dots, u_n)$  — вектор елементів компетенцій, який змінюється за складом і змістом у часі,  $\bar{U}_2 : R^1 \rightarrow \{0,1\}$ ,  $u_i$  —  $i$ -а компетенція.

Інтеграція виробничих підприємств здійснюється з метою підвищення ефективності діяльності цих організацій і вдосконалення управління цією діяльністю. Означена проблема актуальна й має практичне значення, тому вона висвітлена в багатьох публікацій з цієї проблеми [4–6]. Поточний стан  $W$  від потенціалу розвитку ВВС на деякому інтервалі часу може зменшуватися й досягати критичного значення  $W_{кр}$ , нижче якого ВВС існувати не може. Перехід ВВС з критичного стану до майбутнього стійкого  $W_{ст}$  передбачає впровадження різних заходів (компетенцій) для досягнення очікуваного потенціалу розвитку. Швидкість зростання потенціалу залежатиме від впровадження та застосування компетенцій і управління системою потенціалів (виробничий, науково-виробничий, соціально-економічний, політичний, законодавчий, екологічний, зовнішнього середовища). Після зростання потенціалу ВВС переходить у насичений стан. Такий період означає досягнення стратегічних цілей, а ВВС працює стійко.

Для досягнення бажаних стратегічних цілей потрібно постійно оцінювати й аналізувати стан потенціалу розвитку ВВС. Такий підхід дає змогу конкретизувати напрям розроблення стратегій ВВС для забезпечення стійкого стану  $W_{ст}$  ВВС у майбутньому.

Назвемо основні компетенції забезпечення потенціалу розвитку ВВС:

1. Вироблення концепції державної політики розвитку ВВС.
2. Визначення пріоритетних напрямів і програм розвитку ВВС у галузях високих технологій.
3. Проведення економічних реформ у галузях високих технологій (упровадження індивідуальних програм реструктуризації окремих підприємств і ВВС загалом, проектування та використання процесної структури менеджменту та виробництва й застосування методу реінжинірингу бізнес-процесів, заходи щодо підвищення стабільності роботи ВВС і управління ризиками та ін.).
4. Упровадження ринкової концепції соціально-економічного розвитку держави.



5. Макроекономічний аналіз ВВС у державі та за її межами.
6. Упровадження ринкової законодавчої бази для розвитку ВВС.
7. Екологічний моніторинг ВВС і зовнішнього середовища.
8. Упровадження інтеграційних процесів (на зовнішньому й внутрішньому рівнях).

Стан і динаміка потенціалу розвитку ВВС залежатиме як від внутрішніх, так і зовнішніх характеристик усіх складових системи потенціалів. Узагалі політичний, екологічний, законодавчий потенціали і потенціал зовнішнього середовища можна віднести до зовнішніх потенціалів (і їх характеристики), які впливають на характеристики виробничого, науково-виробничого й соціально-економічного (внутрішніх) потенціалів. Щоб забезпечити розвиток ВВС, слід усвідомлювати процеси взаємодій (компетенцій) різних потенціалів, особливо виробничого з науково-виробничим, екологічним потенціалом і зовнішньоекономічними відносинами, урахувувати вплив і можливості процесів глобалізації й інтеграції, саме вони створюють умови для транскордонних потоків капіталу, технологій та інвестицій.

Інтеграційні процеси у літакобудівній і космічній галузях, військово-промислового комплексу як пріоритетних в Україні, дають змогу вирішити низку загальних проблем у галузях високих технологій промисловості держави й особливо завдань конкурентоспроможності продукції в умовах інноваційної економіки. Однак приклади створення об'єднань у світовій промисловості свідчать про необхідність винятково зваженого підходу до інтеграційних заходів, оскільки не більш як 20 % інтегрованих компаній досягають фінансових чи стратегічних цілей самої інтеграції.

При вирішенні завдань інтеграції необхідно враховувати фактори та принципи створення ВВС. Назвемо їх.

1. Організаційно-методологічні питання:

- визначити фактори, що стимулюють інтеграцію та оцінити їх кількісний характер;
- визначити фактори негативного прояву на результати інтеграції;
- зробити порівняльний аналіз спільного впливу стимулюючих і негативних факторів і зробити висновок про передбачувані дії;
- здійснити аналіз принципів та організаційно-правових форм об'єднання підприємств і обрати раціональне рішення для конкретного об'єднання;
- провести експертний аналіз фінансово-економічного стану підприємств (аудит), що входять в об'єднання на рівні мікро- і макроекономічних показників;

- проаналізувати структуру менеджменту підприємств;
- оцінити виробничий потенціал підприємств;
- сформулювати концепцію інтеграції підприємств;
- розробити модель управління об'єднання;
- розробити бізнес-план спільних дій;
- розробити статутні документи інтеграційної структури на основі існуючого законодавства України в цій царині.

Проблеми інтеграції підприємницьких структур розглянуто в роботах [7, 8], де визначено характерні фактори, що стимулюють об'єднання бізнес-структур, які доповнені також результатами аналізу підприємств України, що створюють зразки високотехнологічної продукції:

- розроблення проектів зразків нової техніки;
- створення сертифікаційних зразків нової техніки;
- авторський супровід серійного виробництва та експлуатації нової техніки;
- науково-дослідні й дослідно-конструкторські та виробничі розробки при створенні наземних видів транспортних засобів;
- виробництво серійних виробів нової техніки та її систем;
- надання транспортних послуг і послуг обслуговування техніки;
- випуск непродовольчих товарів народного споживання;
- постійний моніторинг новацій в галузі створення нової техніки.

Зрупнення підприємств здійснюється за наявності економічної вигоди для всіх учасників інтеграції та основних напрямків, що сприяють ефективності реалізації перелічених груп факторів.

В якості таких напрямів можна назвати на основі аналізу діяльності і можливостей підприємств промисловості України:

- ефект синергізму;
- прагнення використовувати ліцензії, патенти, ноу-хау, які є в розпорядженні інших підприємств інтеграції;
- отримання надійних постачальників факторів (ресурсів) виробництва;
- зменшення рівня ризику при розширенні ринку й виходу на нові ринки;
- зменшення негативного впливу конкуренції;
- податкові переваги;
- об'єднання капіталу, активів, технологічних і управлінських знань і навичок (технологічні трансферти);
- диверсифікація активів для забезпечення зменшення ризику;
- попередження захоплення компанії іншими крупними корпоративними «хижаками»;
- особисті престижні мотиви вищої ланки менеджерів.

Особливу увагу слід приділити використанню ефекту синергізму, оскільки ця проблема слабо розроблена й не підкріплена модельними результатами. Додаткові економічні переваги утворюються за рахунок ефективного використання загального фінансового потенціалу, взаємного доповнення технологій і номенклатури випущеної продукції, зниження витрат, розширення реалізації продукції шляхом використання загальної збутової мережі. У маркетингу потенціал синергізму визначається можливостями використання загальної торговельної марки, спільним проведенням рекламної компанії, одночасним використанням різних рекламних засобів і методів. Однією з переваг синергізму є ділова участь підприємств у дослідно-конструкторських розробках та інших наукових дослідженнях. У теоретичному сенсі ефект синергізму з урахуванням указаних вище основних груп ефектів дає можливість підвищити прибутковість інтегрованого підприємства у 2,59 разу [8].

2. Застосування типових процедур і правил з питань управління, функціонування та розвитку ВВС [9]. В основі структури ВВС можуть розглядатись типові багатомодульні схеми діяльності ВВС у різних прикладних сферах, де основними структурними модулями системи є:

- ресурсний модуль;
- науково-дослідні установи;
- виробничі підприємства;
- маркетинговий модуль;
- модуль безпеки: юридична, фінансова, інформаційна;
- логістичний модуль;
- модуль ремонтного забезпечення;
- модуль сервісу;
- модуль монтажу;
- модуль налагодження;
- модуль технічної підтримки;
- модуль збуту та дистрибуції.

У процесі ринкових перетворень ці модулі можна об'єднати в складніші ієрархічні функціональні одиниці для випуску різних видів високотехнологічної продукції.

У реальних умовах можливе створення та функціонування різноманітних багатоваріантних структурних моделей ВВС. Залежно від кінцевої мети та цілей створення ВВС, вони можуть включати ті чи інші представлені вище модулі або об'єднувати їх за власними потребами в загальніші структурні елементи.

Типова структурна схема функціонування ВВС складається з таких модулів: ресурсні (Р), науково-дослідні (Нд), виробничі

(промислові) (В/П), бізнес-модулі (сервіс, монтаж, налагодження, технічна підтримка, збут) і центру управління (ЦУ). Якщо Нд — структурна одиниця ППС, що забезпечує наукову та інноваційну підтримку діяльності ВВС, В/П — функціональні модулі ВВС, основне призначення яких полягає у виробництві інноваційної та конкурентоспроможної продукції певного асортименту, якості та кількості, то бізнес-модулі виконує проміжну функцію. Вони можуть бути представлені у вигляді окремого відділу (управління, департаменту) ВВС, наприклад департамент безпеки, або у вигляді окремого ринкового модуля — організації, що самостійно функціонує на ринку та входить до ВВС з метою реалізації окремих виробничих функцій, що доповнюватимуть діяльність Нд і В/П модулів, наприклад: сервісна підтримка продукції, її ремонтне обслуговування, виконання логістичних операцій, контроль екологічності та безпеки процесів виробництва, фінансова та ресурсна підтримка, розроблення маркетингової та продуктової стратегій тощо.

ЦУ — структурна одиниця ВВС, що управляє діяльністю Нд, В/П і бізнес-модулів через централізоване керування ресурсами, розробку та реалізацію загальної стратегії розвитку, керування стратегічними партнерськими зв'язками, організацію збуту продукції ВВС, підтримку основних функцій управління маркетинговою діяльністю та організацію корпоративної безпеки на всіх рівнях. ЦУ в структурі ВВС виконує такі функції:

- регулювання — забезпечення розподілу та перерозподілу ресурсів усередині ВВС. За допомогою цієї функції реалізується можливість раціонального направлення ресурсів ВВС для здійснення основної, допоміжної та супроводжуючої діяльності;

- координація — управління діяльністю структурних підрозділів (Нд, В/П і бізнес-модулів) ВВС у межах загальної стратегії розвитку та відповідно до наявних ресурсів та технологічних можливостей. Дана функція покликана забезпечити ефективне функціонування ВВС з урахуванням особливостей взаємозв'язків структурних підрозділів, уточнення їх обов'язків і компетенцій. Це дасть змогу, своєю чергою, своєчасно виявляти та попереджувати різні відхилення від заданих цільових функцій, критеріїв розвитку тощо;

- планування — конкретизація цілей і розроблення загальної стратегії розвитку ВВС, визначення спільних завдань функціонування ВВС, термін і послідовності їх реалізації, аналіз і прогноз основних показників ефективності функціонування. Виконання цієї функції ЦУ неможливо без взаємозв'язків з тими структурними підрозділами, що займаються безпекою, науковою та маркетинговою діяльністю. Таким чином, ЦУ здійснює управління

та централізований контроль виконання цілей і планів розвитку ВВС, забезпечує перерозподіл ресурсів усередині самої ВВС, а також сприяє утворенню синергетичного ефекту ВВС.

Зважаючи також на те, що ВВС має складну інфраструктуру й організаційно оформлюється зазвичай як об'єднання підприємств для досягнення кінцевої мети — створення агрегованого виду продукції, то в загальному вигляді вважатимемо, що ВВС складається з окремих функціональних модулів. Серед них можна визначити **науковий, виробничий, ресурсний, ремонтний, сервісний, маркетинговий** та ін. за базовий модуль у системі приймемо науковий, адже він спрямований на проектування й розроблення нової конкурентоспроможної продукції. В організаційно-технологічній структурі ВВС деякі модулі можуть відображати функції сектора, наприклад ресурсний модуль є фактично матеріальним сектором, а маркетинговий — споживчим. Водночас до структури виробничого модулю може входити як одне окреме підприємство, так і їх мережа. До наукового модулю можуть включатися науково-виробничі підприємства, науково-технічні комплекси, НДДКБ, академічні інститути тощо. Результатом діяльності наукового модуля є експериментальний виріб, який пройшов сертифікаційні випробування, і техніко-експлуатаційна документація на серійне виготовлення нової продукції. Наприклад, АНТК ім. О. К. Антонова як окремий науково-виробничий модуль займається проектуванням і одночасно розробкою одиночних виробів — нових типів літаків.

Високотехнологічне виробництво, що значною мірою враховує спеціалізацію виробництва, є більш продуктивним, оскільки в цьому разі використовують пристосовані до певного виробництва знаряддя праці і сучасні технології, а працівники, маючи справу з обмеженим набором операцій, виконують їх швидше за рахунок сучасних засобів автоматизації. Крім того, у такому виробництві вводяться нові технологічні процедури — замкнені виробничо-технологічні цикли «Розробка — Виробництво — Маркетинг — Обслуговування» (ЗЛВС — замкнутий ланцюг виробничої системи). Уважатимемо, що в «розробку» входить і процес «проектування», а «виробництво» означає серійний випуск нової продукції. ЗЛВС дає можливість концентрувати основні ресурси й спрямовувати їх на кінцевий результат і на його просування на ринку з урахуванням функцій обслуговування, сервісу й ремонту.

До базових процесів функціонування високотехнологічного виробництва продукції належать:

- 1) проектування;
- 2) ресурсне забезпечення;

- 3) розроблення дослідної продукції;
- 4) стандартизація;
- 5) випробування та сертифікація;
- 6) техніко-експлуатаційне забезпечення;
- 7) виробництво серійної продукції;
- 8) маркетингове супроводження;
- 9) ремонтно-сервісне обслуговування;
- 10) удосконалення високотехнологічної продукції.

Цей перелік процесів функціонування є базовим набором ЗЛВС. Виробничо-технологічну структуру ВВС можна розподілити на кілька схем: тримодульна, чотиримодульна та п'ятимодульна ВВС.

На рис. 1 (а, б, в) подано варіанти структур багатомодульних ВВС на основі реалізації базового набору процесів функціонування ВВС, де НВ — науково-виробничий модуль, В — виробничий модуль, РС — ремонтно-сервісний модуль, Р — ресурсний модуль, М — маркетинговий модуль.

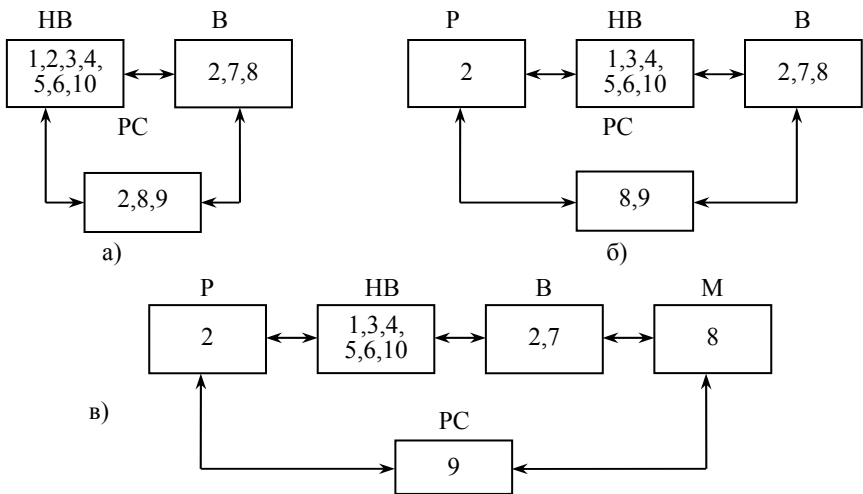


Рис. 1. Принципи побудови багатомодульних ВВС

### 3. Здійснення організаційно-методологічних компетенцій:

- упровадження індивідуальних програм реструктуризації окремих підприємств і ВВС загалом;
- адаптація структури менеджменту й ВВС до ринкових умов господарювання;
- оптимізація системи стратегічного планування й управління ВВС;

- проектування та використання процесної структури менеджменту та виробництва й застосування методу реінжинірингу бізнес-процесів;
  - забезпечення моніторингу та контролінгу технологічного переоснащення галузей і ВВС;
  - заходи щодо підвищення стабільності роботи ВВС та управління ризиками;
  - заходи щодо розвитку й впровадження лізингових і компенсаційних схем;
  - державна підтримка експортного кредитування (підтримка експорту);
  - державні інвестиції у НДДКР та ін.
4. Формування ринкових (маркетингових) компетенцій:
- упровадження продуктової програми (стратегії) ВВС;
  - інфраструктурні впливи (сегментація ринку, розроблення нової продукції, ціноутворення, збут і просування товару (рекламна діяльність));
  - кон'юнктурні дослідження (оцінювання ризиків, місткість ринку, товарні пропозиції, еластичність попиту, прогнозування попиту);
  - диверсифікація виробничих процесів, які орієнтовані на розроблення товарів широкого попиту;
  - маркетингові дослідження;
  - післяпродажний супровід продукції та ін.
5. Урахування зовнішніх компетенцій:
- створення законодавчо-правових умов для переходу ВВС на інноваційні моделі розвитку та інтеграції;
  - законодавча та правова база маркетингових досліджень;
  - упровадження законодавства про державну підтримку ВВС та об'єднань (включаючи поглиблення міжнародних форм інтеграції (спільні підприємства));
  - політичні чинники;
  - еколого-природні фактори та ін.

Тоді виробнича модель ВВС з урахуванням компетенцій для мультиплікативної виробничої функції набуде вигляду:

$$y = f(\vec{x}, \vec{a}_V) = f(\vec{x}, \vec{a} + \alpha \vec{U}_1 + \gamma \vec{U}_2 + \theta \vec{U}_3) = A_0(a_0, \vec{U}_1, \vec{U}_2, \vec{U}_3) \quad (3)$$

$$(x_1^{a_1 + \alpha_1 \vec{U}_1 + \gamma_1 \vec{U}_2 + \theta_1 \vec{U}_3} x_2^{a_2 + \alpha_2 \vec{U}_1 + \gamma_2 \vec{U}_2 + \theta_2 \vec{U}_3} \dots x_n^{a_n + \alpha_n \vec{U}_1 + \gamma_n \vec{U}_2 + \theta_n \vec{U}_3})$$

де  $\vec{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ,  $\vec{a} = (a_1, a_2, \dots, a_n)$  — відповідно ресурси та їх параметри без урахування значень компетенцій;  $\vec{U}_1 = (u_1^1, u_1^2, \dots, u_1^m)$ ,  $\vec{U}_2 = (u_1^2, u_2^2, \dots, u_k^2)$ ,  $\vec{U}_3 = (u_1^3, u_2^3, \dots, u_l^3)$  — вектори булевих значень

відповідно організаційно-методологічних, маркетингових і зовнішніх компетенцій;  $\bar{\alpha}_i = (\alpha_1^i, \alpha_2^i, \dots, \alpha_m^i)$ ,  $\bar{\gamma}_i = (\gamma_1^i, \gamma_2^i, \dots, \gamma_k^i)$ ,  $\bar{\theta}_i = (\theta_1^i, \theta_2^i, \dots, \theta_l^i)$  — вектори відповідних матриць зміни еластичнос-

$$\text{ті } \alpha = \begin{pmatrix} \alpha_1^1 & \alpha_2^1 & \dots & \alpha_m^1 \\ \alpha_1^2 & \alpha_2^2 & \dots & \alpha_m^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_1^n & \alpha_2^n & \dots & \alpha_m^n \end{pmatrix}, \quad \gamma = \begin{pmatrix} \gamma_1^1 & \gamma_2^1 & \dots & \gamma_k^1 \\ \gamma_1^2 & \gamma_2^2 & \dots & \gamma_k^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \gamma_1^n & \gamma_2^n & \dots & \gamma_k^n \end{pmatrix}, \quad \theta = \begin{pmatrix} \theta_1^1 & \theta_2^1 & \dots & \theta_l^1 \\ \theta_1^2 & \theta_2^2 & \dots & \theta_l^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \theta_1^n & \theta_2^n & \dots & \theta_l^n \end{pmatrix}$$

при обліку компетенцій (вагові коефіцієнти);  $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $m, k, l$  — розмірності векторів вагових коефіцієнтів  $\bar{\alpha}_i$ ,  $\bar{\gamma}_i$ ,  $\bar{\theta}_i$ ;  $\bar{\alpha}_i \bar{U}_1 = (\alpha_1^i u_1^1 + \alpha_2^i u_2^1 + \dots + \alpha_m^i u_m^1)$ ,  $\bar{\gamma}_i \bar{U}_2 = (\gamma_1^i u_1^2 + \gamma_2^i u_2^2 + \dots + \gamma_m^i u_m^2)$ ,  $\bar{\theta}_i \bar{U}_3 = (\theta_1^i u_1^3 + \theta_2^i u_2^3 + \dots + \theta_m^i u_m^3)$  — скалярний добуток векторів;  $A_0(a_0, \bar{U}_1, \bar{U}_2, \bar{U}_3) = a_0 + \alpha \bar{U}_1 + \gamma \bar{U}_2 + \theta \bar{U}_3$  — початковий коефіцієнт.

Упровадження інтеграційних процесів у ВВС надає переваги порівняно з функціонуванням окремих підприємств. Назвемо їх:

1. Упровадження єдиних засад економічної діяльності, спрямованої на досягнення світового рівня технології виробництва та якості високотехнологічної продукції, відновлення та модернізація основних виробничих засобів, матеріально-технічного забезпечення.

2. Здійснення заходів, спрямованих на підвищення інноваційно-інвестиційної привабливості та конкурентоспроможності нової продукції.

3. Упровадження замкнутого виробничо-технологічного циклу «Розробка — Виробництво — Маркетинг — Обслуговування».

4. Координація дій під спільними брендами, проектами, бізнес-процесами.

5. Стратегічний менеджмент і маркетинг.

6. Організація нових форм і методів просування продукції на зовнішньому та внутрішньому ринках.

7. Реалізація заходів і розроблення узагальнених моделей інвестиційного розвитку ВВС.

8. Застосування нових підходів і методів керування виробничими процесами ВВС.

## **2. Концепція розвитку високотехнологічних виробничих систем**

Ефективність ВВС визначається максимальним прибутком і стратегічним прогнозом її розвитку. Джерелом прибутку є вироблена на підприємствах високотехнологічна продукція, обсяг



випуску й реалізація якої визначається обсягом ресурсів, технологій, які використовуються, організацією роботи ВВС, зокрема якістю її менеджменту та якістю роботи інших підсистем, що забезпечують управління ризиком, контроль стійкого функціонування, контроль якості продукції, управління фінансовими ресурсами з урахуванням динаміки інвестицій, підсистем супроводу й відтворення основних засобів, технологій, кваліфікації персоналу і т. д.; реалізацію амортизаційної політики, а також вибору показників і розробкою моделей оцінювання ефективності діяльності підприємств виробничої системи.

Сутність концепції полягає в комплексному підході до аналізу, прогнозу та методів керування процесів діяльності ВВС з урахуванням її особливостей та системоутворюючих чинників у замкненому виробничо-технологічному циклі розробки високотехнологічної продукції, формуванні та розробленні виробничих моделей, які застосовано для моделювання процесів.

До системоутворюючих чинників належить процес перетворення ресурсного потенціалу ВВС у кінцевий агрегований продукт. На модельному рівні цей процес ідентифікований так званими агрегованими виробничими функціями.

Основний зміст концепції полягає у визначенні методологічних засад щодо економічного обґрунтування інтеграційних процесів як складових замкнутого технологічного циклу виробництва нової продукції шляхом моделювання та оцінювання ефективності діяльності ВВС.

Реалізація зазначеної концепції створює можливості підвищення рівня конкурентоспроможності ВВС у різних прикладних сферах виробництва за рахунок:

- визначення методологічних засад процесів інтеграції виробничих підприємств, що засновані на принципах цілісності, підпорядкованості, нелінійності розвитку, сталості внутрішніх та інфраструктурних зв'язків, синергії;

- комплексного підходу до дослідження процесів створення та розвитку ВВС з урахуванням загальної мети їх структурних особливостей, стратегічних цілей і потенціальних можливостей створення повних виробничих циклів виробництва заданих видів продукції;

- розроблення системи економіко-математичних моделей, які можуть бути застосовані при моделюванні інтеграційних процесів виробничих підприємств в умовах інноваційного розвитку.

Особливістю цієї концепції є врахування виробничих, наукових і допоміжних модулів та їх зв'язків для виробництва інноваційної продукції.

Головний акцент у зазначеній концепції зроблено на прогнозуванні результатів діяльності та розвитку ВВС. Інтегрована система як об'єкт моделювання включає в себе економічні відносини між виробничими та іншими економічними об'єктами цієї системи, що виявляються в розподілі ресурсів (фінансових, матеріальних тощо) та їх регулюванні в процесі виробництва інноваційної продукції.

Концептуальну модель дослідження процесів інтеграції виробничих підприємств подано на рис. 2.

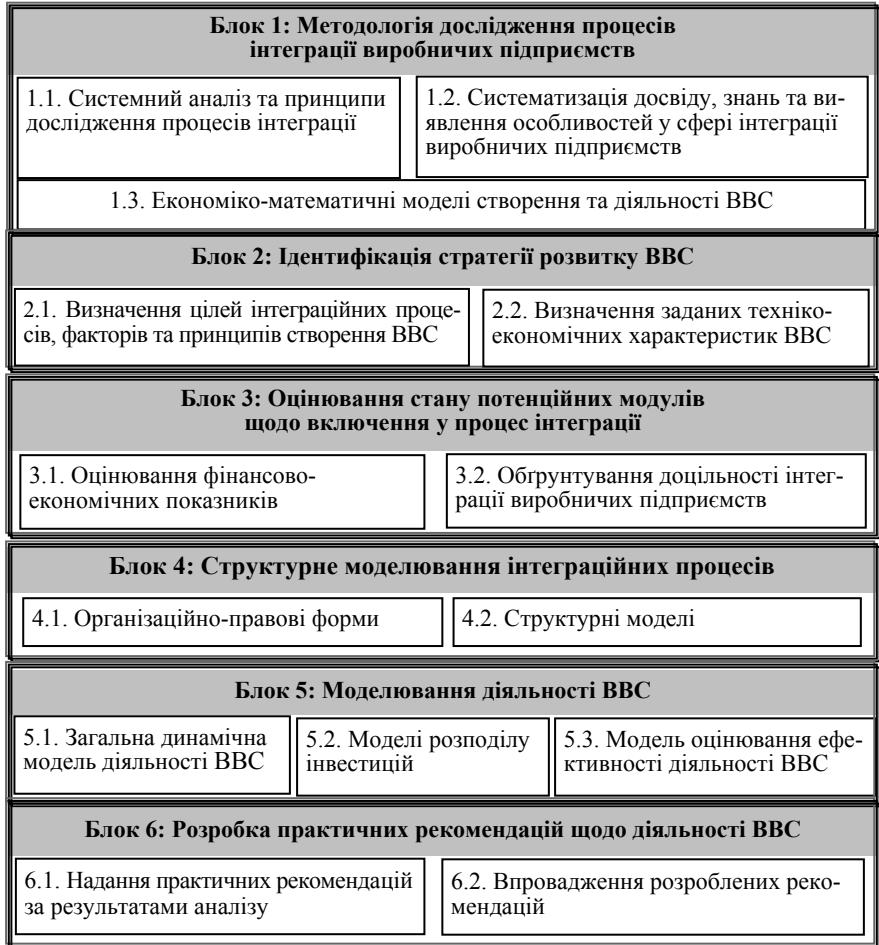


Рис. 2. Концептуальна модель дослідження процесів інтеграції виробничих підприємств

Концепція (модель) дослідження процесів інтеграції виробничих підприємств здійснюється шляхом вирішення специфічних наукових задач і прикладних проблем у відповідних блоках моделі.

**Блок 1 «Методологія дослідження процесів інтеграції виробничих підприємств».** Початковим етапом дослідження є визначення інструментарію вивчення процесів інтеграції. Здійснюється комплексне дослідження процесів інтеграції виробничих підприємств за допомогою інструментарію системного аналізу. Відбувається аналіз загальних тенденцій розвитку інтеграційних процесів у прикладних сферах виготовлення високотехнологічної продукції, виявляються структурні особливості, загальні мотиви та накопичується позитивний досвід реалізації таких процесів.

**Блок 2 «Ідентифікація стратегії розвитку ВВС».** Визначається тип стратегії розвитку виробничих підприємств системи, що включає в себе інноваційну, організаційну, ресурсну, інвестиційну та інші стратегії розвитку.

Відповідно до цілей виробничих підприємств формується структура й визначається необхідний і достатній склад її структурних модулів, кожний з яких впливає на структуру ВВС, її загальну виробничу програму та техніко-економічні показники.

**Блок 3 «Оцінювання стану потенційних об'єктів щодо включення в процес інтеграції».** Основні положення та методологія оцінювання кандидатів, що рекомендуються для використання в Україні, викладено в МСФЗ №3 «Об'єднання бізнесу». Зокрема, тут визначено, що на цьому етапі доцільно використовувати «метод покупки», який дає змогу комплексно оцінити ринкову вартість підприємства-кандидата. Крім того, можливо застосовувати методи техніко-економічного аналізу у сфері оцінювання потенціалу, а також економетричні моделі для визначення прогнозних показників діяльності й визначення факторів впливу на результативні показники.

Використовуються підхід до обґрунтування доцільності інтеграції виробничих підприємств: оцінювання доцільності інтеграції з урахуванням можливого синергетичного ефекту, визначення критеріїв доцільності інтеграційних процесів на основі визначення їх ефективності за допомогою показників рентабельності.

У результаті аналізу процесів утворення складних виробничих систем можна визначити такі групи критеріїв інтеграції:

– соціально-економічні (збільшення прибутковості; підвищення рівня рентабельності за рахунок використання синергетичного ефекту; досягнення ринкової стабільності; ефективне ресурсне забезпечення; досягнення достатнього рівня науково-технічного потенціалу; реалізація замкнутого технологічного циклу виробництва; забезпечення необхідних темпів зростання: частки ринку, обсягів виробництва, завантаженості виробничих потужностей, чисельності зайнятих; рівня мотивації та продуктивності праці тощо);

– організаційні (оптимальність складу учасників в інтеграційному процесі, оптимальність структурної моделі, необхідний рівень корпоративної культури, досягнення внутрішньої керованості та ефективного контролю, забезпечення прозорості взаємовідносин учасників інтеграційних процесів тощо);

– функціональні (пріоритетність для розвитку ВВС та економіки України загалом, узгодженість інтересів ВВС і держави; узгодженість інтересів між потенційними учасниками, що входять до складу ВВС; тотожність стратегій розвитку між потенційними учасниками тощо).

**Блок 4 «Структурне моделювання інтеграційних процесів».** Прораховуються варіанти інтеграції підприємств серед можливих учасників.

Необхідність управління складними ВВС вимагає чіткої організації системи управління, підвищення ефективності функціонування та рівня організаційно-економічної стійкості ВВС. Доцільним є виокремлення центрів управління, з дотриманням принципів децентралізації управління.

Типова структура ВВС має складатись з науково-дослідного, виробничих модулів та інших ринкових бізнес-модулів, які можуть виконувати функції ресурсного забезпечення, технічного, технологічного та логістичного супроводу). В основу такого структурного рішення покладено принцип поєднання науково-дослідного та виробничого потенціалів системи.

**Блок 5 «Моделювання діяльності ВВС».** Розроблення системи моделей, що дають змогу оцінити доцільність, ефективність і перспективність розвитку таких систем. Віднесені моделі, що засновані на підході агрегування виробничих функцій, прогнозуванні техніко-економічних результатів діяльності ВВС, побудові балансових моделей розподілу ресурсів у системі, на застосуванні теорії нечітких множин при оцінюванні можливостей розвитку таких систем.

**Блок 6 «Розроблення практичних рекомендацій щодо діяльності ВВС»** Надання та впровадження розроблених рекомендацій.

**3. Методологічні засади моделювання процесів функціонування та розвитку ВВС.**

**3.1. Узагальнена динамічна модель оптимального економічного розвитку ВВС.**

**Загальна постановка задачі.** Розглядається керуюча система (ВВС), стан якої у кожний момент часу задається вектором фазових координат (параметрів)  $x(t) = (x_1(t), \dots, x_n(t))$ . Поводженням цієї системи можна керувати за допомогою параметрів  $u(t) = (u_1(t), \dots, u_n(t))$ , де  $u \in U$ ,  $U$  — область припустимих значень керуючих параметрів. Динаміка системи описується системою диференціальних рівнянь  $\frac{dx_i}{dt} = f_i(x, u)$ ,  $i = 1, \dots, n$ . Якщо задано припустиме керування  $u = u(t)$ , то система диференціальних рівнянь набуває вигляду  $\frac{dx_i}{dt} = f_i(x, u(t))$ . Мета керування полягає в тому, щоб функціонал від фазової та керуючої траєкторій набув найбільшого значення, тобто

$$\max \int_0^T f_0(x(t), u(t), t) dt = \int_0^T f_0(x^*(t), u^*(t), t) dt. \quad (4)$$

При цьому  $u^*(t)$  — оптимальне керування, тоді фазова траєкторія  $x^*(t)$  буде оптимальною фазовою траєкторією.

Для розв'язання задачі (4) вводяться спряжені змінні  $\lambda_0, \psi_1(t), \dots, \psi_n(t)$  й будується функція Понтрягіна [10]:

$$H(\psi, x, u, t) = \sum_{i=1}^n \psi_i f_i(x, u, t) - \lambda_0 f_0(x, u, t). \quad (5)$$

Нехай  $M(\psi, x, t) = \max_U H(\psi(t), x(t), u^*(t), t)$  є гамільтоніан. Тоді необхідною умовою оптимальності керування відповідно до принципу максимуму Понтрягіна щодо задачі (1) є виконання рівності  $M(\psi, x, t) = H(\psi(t), x(t), u^*(t), t)$  та в кінцевий момент часу  $\psi(T) \geq 0$ ,

$\sum_{i=1}^n \lambda_0 \psi_i(T)(x_i(T) - x_i^T) = 0$ , де  $x_i^T$  — деякий заданий вектор, причому спряжені змінні задовольняють системі диференціальних рівнянь  $\frac{d\psi_i}{dt} = -\frac{\partial M}{\partial x_i}$ ,  $i = 0, \dots, n$ .

**Задача оптимального керування** розподілом капіталовкладень, трудових ресурсів, первісних і вторинних ресурсів ВВС.

У роботі [11] розглянуто модель функціонування ВВС на прикладі літакобудівної галузі. Основу ВВС становлять модулі: ресурсний (Р — модуль), науково-виробничий (НВ — модуль), виробничий (В — виробничий) і ремонтно-сервісний (РС — модуль) (рис. 3). Базовим модулем у ВВС є Н-модуль, який націлений на проектування та розроблення високотехнологічної продукції. До складу регулюючих елементів динамічної системи входять центр регулювання (ЦР). Як керуючий параметр  $u(\cdot)$  у моделі функціонування ВВС розглядається споживання  $c(t)$ , яке досягає максимального значення в деякій стаціонарній точці  $k^*$  за рахунок визначення в заданий момент часу оптимальних коефіцієнтів регулювання інвестицій  $a_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, 4$  в  $i$  — модулі ВВС (рис. 3). На проміжку часу  $t$  періоду  $T$  система буде знаходитись у стаціонарному стані  $k^*$  (стаціонарна траєкторія), яка задовольняє умові  $c(t) \geq c_0 > 0$ , де  $c_0$  — гранично припустимий нижній рівень питомого споживання ВВС.

Тоді на інтервалі  $T$  питоме споживання набуває значення

$$C(t) = \int_0^T c(t) dt, \quad (6)$$

де  $c(t) = (1 - \sum_{i=1}^4 \alpha_i) \Pi(k)$ .

Задача ЦР (рис. 3) як органу керування в цьому разі процесом інвестування  $\bar{\alpha}$  для досягнення максимальної корисності ВВС від отриманого чистого прибутку набуває вигляду

$$\int_0^{\infty} e^{-\delta t} U(c(t)) dt \rightarrow \max, \quad (7)$$

де  $\delta$  — параметр дисконтування, за рахунок якого майбутня корисність зводиться до теперішнього часу;  $U(c(t))$  — функція корисності від отриманого ВВС чистого прибутку.

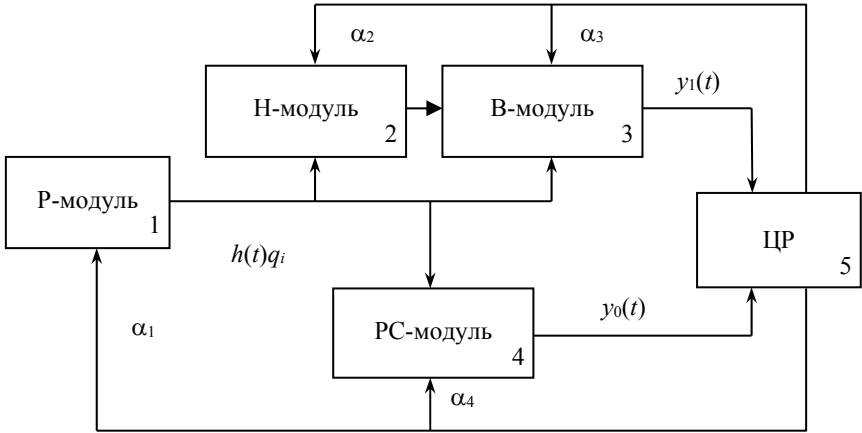


Рис. 3. Структурна схема функціонування динамічної системи

Потрібно врахувати, що функція корисності  $U(c(t))$  — додатна зростаюча функція зі спадаючою граничною корисністю, тобто це строго ввігнута монотонно зростаюча функція, яка має такі властивості

$$U(c(t)) > 0, U'(c(t)) > 0, U''(c(t)) < 0, \lim_{c \rightarrow 0} U'(c(t)) = \infty, \\ \lim_{c \rightarrow \infty} U'(c(t)) = 0.$$

Тоді модель оптимального економічного розвитку ВВС набуває вигляду

$$\max_{c(t)} \int_0^{\infty} e^{-\delta t} U(c(t)) dt, \quad (8)$$

$$\dot{k}_i(t) = \alpha_i \Pi(h(t), k_1(t), k_2(t), k_3(t), l_1(t), l_2(t), l_3(t), q_2, q_3) - \mu_i k_i(t), \\ i = 1, \dots, 4, y_0(t) - f_0(h(t), k_1(t), l_1(t), k_4(t), l_4(t), q_4) = 0, c(t) \geq 0.$$

У моделі (8) функціонал є інтегралом розвитку ВВС, коли підприємство, вкладаючи інвестиції, є рентабельним. Керуючим параметром є чистий прибуток  $c(t)$ . Фазовими параметрами є фондоозброєність  $\bar{k}(t)$ , трудові  $\bar{l}(t)$  та первісні (сировинні)  $h(t)$  ресурси,  $q_i$  — параметри регулювання ресурсів (долі),  $\mu_i$  — коефіцієнти амортизації. Розв'язкам цієї задачі є оптимальні траєкторії

$\bar{k}^*(t), \bar{l}^*(t), h^*(t)$ , для яких досягається максимальний розвиток ВВС під час виробництва високотехнологічної продукції.

Розглянемо випадок, коли у виразі (8)  $U(c(t)) = c(t)$ , тоді динамічна модель оптимального економічного розвитку ВВС має вигляд:

$$c(k_0, k^*, \alpha) = (1 - \sum_{i=1}^4 \alpha_i(t)) \Pi(k(t)) \rightarrow \max \quad (9)$$

для системи:

$$\dot{k} = \alpha \Pi(k) - Mk, \quad (10)$$

з краєвими умовами на інтервалі розвитку  $[0, T]$ :  $k(0) = k_0, k(T) = k_1$ , стаціонарним станом  $k(t) = k^*$  на проміжку часу  $t$  інтервалу  $T$  і з фазовим обмеженням

$$f_0(k) \geq y_0, \quad (11)$$

де  $\alpha$  — вектор часток інвестицій,  $\Pi(k) = p_1 f(k) - B$  — прибуток,  $B$  — витрати,  $p_1$  — ціна одиниці високотехнологічної продукції,  $M$  — діагональна матриця коефіцієнтів амортизації  $\mu_i$ ,  $k$  — вектор фондоозброєності,  $f(k)$  — агрегована виробнича функція для Р-, Н- і В-модулів,  $f_0(k)$  — агрегована виробнича функція для Р- і РС-модулів,  $y_0$  — мінімально необхідний рівень ремонтно-сервісного обслуговування. Уважається, що коли  $\sum_{i=1}^4 \alpha_i = 1$ , то весь прибуток іде на інвестиції і чистого прибутку немає, тобто  $c(t) = (1 - \sum_{i=1}^4 \alpha_i) \Pi(k) = 0$ . При  $\sum_{i=1}^4 \alpha_i < 1$ ,  $c(t) > 0$  чистий прибуток є і виробництво рентабельне.

Задача полягає в тому, щоб з початкової точки фондоозброєності  $k_0$  вийти на стаціонарну траєкторію, коли зберігається оптимальність  $k = k^*$ , а в кінці інтервалу перейти в кінцеву точку розвитку  $k_1$ . У цьому разі йтиметься про використання якісних методів досягнення оптимальних траєкторій. Як зазначено в літературі [10, 12–16] при аналізі секторних моделей до їх числа можна віднести магістральну теорію, методи досягнення стаціонарних точок, які засновані на принципах Лагранжа й максимуму Понтрягіна та теорії оптимального керування.

**Задача оптимального керування інвестиціями.** Для моделювання оптимальних траєкторій проводимо дискретизацію за-



дачі (9, 10, 11). Для цього інтервал  $[0, T]$  розіб'ємо на  $N$  рівних частин і вважатимемо управління на кожному інтервалі (кроці)  $h = \frac{T}{N}$  сталим, тобто  $u^n = (\alpha_1^n, \alpha_2^n, \alpha_3^n, \alpha_4^n)$ ,  $n = 0, \dots, N-1$ . Тоді динамічну систему (10) можна замінити за методом Ейлера різницеvim наближенням:

$$k^{n+1} = k^n + h(u^n \Pi(k^n) - M k^n), \quad (12)$$

а цільову функцію (9) за методом трапецій замінити сумою:

$$c(k_0, k^*, u) = h \sum_{n=0}^{N-1} \left(1 - \sum_{i=1}^4 \alpha_i^n\right) \frac{\Pi(k^n) + \Pi(k^{n+1})}{2}. \quad (13)$$

За допомогою програмного пакета Mathcad 2001 Professional проводилась максимізація функції (13) з керування  $u^n = u^0, u^1, \dots, u^{N-1}$  за умов  $k(0) = k_0$ ,  $k(T) = k_1$  та фазового обмеження  $f_0(k^n) \geq y_0$ .

Розглянемо деякі характерні варіанти моделювання динамічної системи ВВС при проектуванні, серійному виробництві та ремонтно-сервісному забезпеченні високотехнологічної продукції.

**Варіант 1.** Нехай виробничі функції  $i$ -х модулів ВВС задаються функціями Кобба-Дугласу

$$F(k) := A \prod_{i=0}^3 (k_i)^{a_i}, \quad a := \begin{pmatrix} 0.1 \\ 0.2 \\ 0.3 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad A := 1, \quad F_0(k) := A_0 (k_0)^{a_0} \cdot (k_3)^{a_3},$$

$a_0 := 0.2$ ,  $a_3 := 0.4$ ,  $A_0 := 1$ ,  $y_0 := 2$ , з початковими значеннями фондоозброєності  $k_0 = (5, 1, 1, 4)$ , інтервалом  $T := 100$  та кількістю точок моделювання  $N := 10$  динамічної системи (9, 10, 11).

Початкові значення фондоозброєності модулів є умовно-відносними. У цьому прикладі можна стверджувати, що фондоозброєність в 1-му та 4-му модулі (Р- та РС-модулі) ВВС у 5–4 разів вища, ніж у 2-му та 3-му (НВ- та В-модулі), що потребує додаткових інвестицій у ці модулі. Цей варіант є типовим на стадіях проектування та виготовлення нової високотехнологічної продукції, коли необхідні значні ресурси, а також потрібно виконувати ремонтно-сервісні процеси вже виготовленої попередньої продукції.

Моделювання динамічної системи (рис. 4) показало, що можна визначити три зони керування:

- початкова, де згідно з динамікою траєкторій керування інвестиціями  $PP_{n,i} = \alpha_i$  у відповідні  $i$ -і модулі ВВС йде або нарощування фондоозброєності цих модулів  $Z_{n,i} = k_i$ , або споживання отриманого чистого прибутку;

- середня (магістральна), де керування досягає оптимальних значень коефіцієнтів  $\alpha^* = \alpha_i = (0.176, 0.210, 0.315, 0.142)$ , а фондоозброєність — оптимального стаціонарного стану  $k^* = kk_i = (3.660, 4.363, 3.272, 2.957)$ ;

- кінцева, яка при невизначеності кінцевої точки траєкторії розвитку системи (фактично вже після того, як система досягла оптимального стану й пробула в ньому певний період) дозволяє собі витратити кошти з чистого прибутку на споживання.

$$n := 0.. N - 1$$

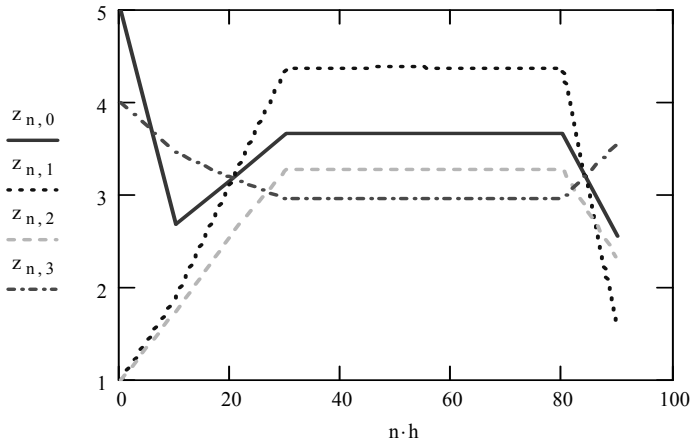


Рис. 4. Результат моделювання траєкторій фондоозброєності  $Z_{n,i} = k_i$  динамічної системи при значеннях  $T = 100$ ,  $N = 10$ ,  $k_0 = (5, 1, 1, 4)$  і незаданій кінцевій точці траєкторії розвитку  $k_1 = k_i(T)$

У цьому прикладі задамо кінцеву точку траєкторії системи  $k_1 = k_i(T)$ , значення якої будуть збігатись зі стаціонарним станом системи  $k^* = kk_i = k_i(T) = (3.660, 4.363, 3.372, 2.957)$ , у програмі це кінцеве значення визначено як  $K1(PP) = k_1$ .

При моделюванні динамічної системи отримані позитивні результати (рис. 5). Це визначається тим, що магістраль подовжується до кінцевої точки системи  $k_1$ . У цьому разі результати моделювання системи мають дві зони керування: початкову та магістральну.

**Варіант 2.** Цей процес функціонування динамічної системи характерний для виробництва, коли здійснюється проектування нової високотехнологічної продукції. Проводиться процес виготовлення досвідного зразка, його випробування та сертифікації. Виробничі функції  $i$ -х модулів ВВС задаються за аналогією з варіантом 1 функціями Кобба-Дугласа, вагові коефіцієнти дорівнюють  $A = 2$  у функції  $F(k)$  і  $A_0 = 2$  — функції  $F\theta(k)$ . Початкове значення фондоозброєності системи  $k_0 = (5, 4, 1, 1)$ , інтервал  $T := 100$  та кількість точок моделювання  $N := 10$  динамічної системи залишаємо без зміни. Кінцева точка розвитку системи становить  $k_1 = k_i(T) = (3.660, 4.363, 3.372, 2.957)$ .

$$n := 0.. N - 1$$

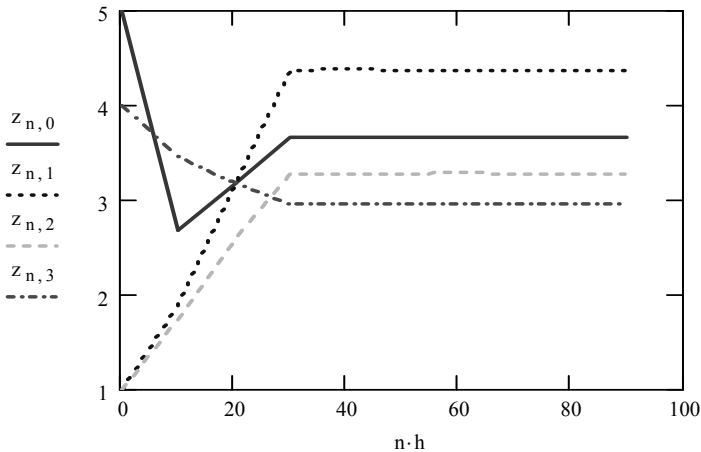


Рис. 5. Результат моделювання траєкторій фондоозброєності  $Z_{n,i} = k_i$  динамічної системи при  $T = 100$ ,  $N = 10$ ,  $k_0 = (5, 1, 1, 4)$  та заданої кінцевої точки траєкторії розвитку  $k_1 = k_i(T) = (3.660, 4.363, 3.372, 2.957)$

У цьому разі спостерігаються також три зони керування динамічної системи: початкова, магістральна та кінцева. Але, урахувавши те, що вагові коефіцієнти виробничої функції змінені, сис-

тема виходить на нову магістраль з іншими оптимальними коефіцієнтами інвестицій  $\alpha^* = \alpha_i = (0.102, 0.202, 0.298, 0.003)$  та стаціонарним станом системи  $k^* = kk_i = (11.894, 21.472, 15.849, 0.303)$ , де значний час там перебуває, а потім виходить на кінцеву точку системи  $k_1 = kk_i = (3.360, 4.363, 3.372, 2.957)$  (рис. 6).

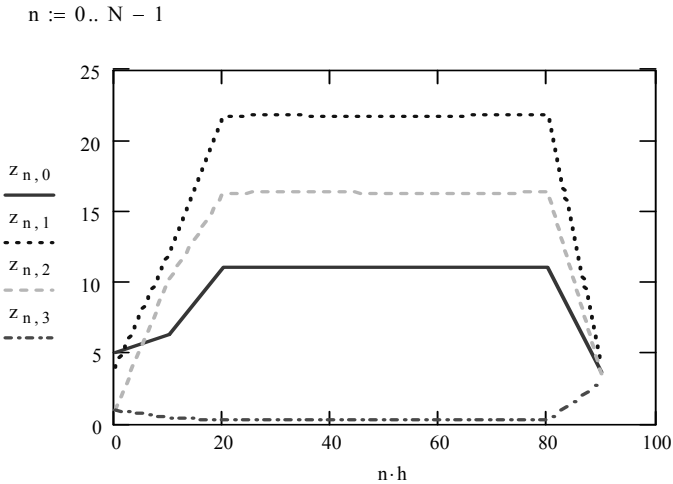


Рис. 6. Результат моделювання траєкторій фондоозброєності  $Z_{n,i} = k_i$  динамічної системи при значеннях  $T = 100$ ,  $N = 10$ ,  $k_0 = (5, 4, 1, 1)$  і заданій кінцевій точці траєкторії розвитку  $k_1 = kk_i = (3.360, 4.363, 3.372, 2.957)$

**Варіант 3.** Змінені початкові значення фондоозброєності системи  $k_0 = (1, 5, 4, 1)$  та кінцева точка розвитку системи —  $k_1 = k_i(T) = (5, 2, 40, 10)$ . Таким чином, у цьому прикладі системі, яка в НВ-модулі закінчила проектування та у В-модулі розпочала серійне виготовлення нової продукції, потрібно суттєво збільшити серійний випуск продукції (у 10 разів), а також одночасно активізувати ремонтно-сервісну роботу системи (також у 10 разів) і на цьому етапі зменшити науково-виробничу діяльність (у 2,5 разу). Ураховуючи те, що виробнича функція залишилась без зміни, система виходить на ту ж саму магістраль, що й у варіанті 2 ( $\alpha^* = \alpha_i = (0.102, 0.202, 0.298, 0.003)$ ,  $k^* = kk_i = (11.894, 21.472, 15.849, 0.303)$ ), але кінцева траєкторія переходить на іншу, потужнішу, задану точку розвитку системи  $K1(PP) = k_1$ , де  $k_1 = k_i(T) = (5, 2, 40, 10)$  (рис. 7).

$$n := 0.. N - 1$$

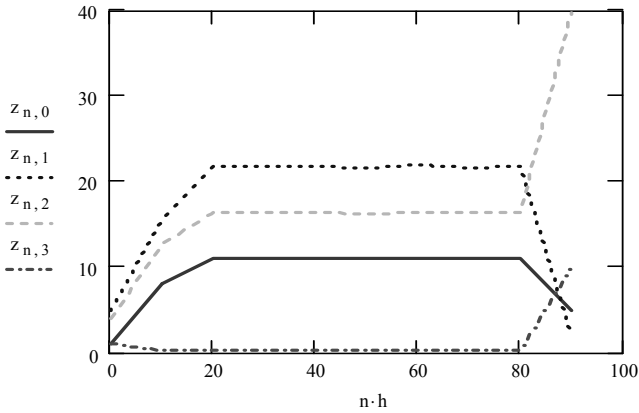


Рис. 7. Результат моделювання траєкторій фондоозброєності  $Z_{n,i} = k_i$  динамічної системи при значеннях  $T = 100, N = 10, k_0 = (1, 5, 4, 1)$ , і заданій кінцевій точці траєкторії розвитку  $k_1 = k_i(T) = (5, 2, 40, 10)$

**Варіант 4.** Виробництво може одночасно виконувати кілька процесів, а також різні виробничі та маркетингові програми. У цьому варіанті початкову точку оставимо без змін  $k_0 = (1, 5, 4, 1)$ , а кінцеву суттєво змінимо —  $k_1 = k_i(T) = (30, 60, 40, 15)$ . Наприкінці періоду  $T$  ( $T = 100, N = 10$ ) потрібно в багато разів збільшити фондоозброєність НВ- та В-модулів та одночасно накопичити ресурсний потенціал Р-модуля та виконувати ремонтно-сервісне обслуговування вже виготовленої продукції. Виробничу функцію модулів ВВС залишимо без змін, тому динамічна система вийде на оптимальні магістральні значення щодо інвестицій та фондоозброєності, як і в попередніх прикладах ( $(\alpha^* = \alpha_i = (0.102, 0.202, 0.298, 0.003), k^* = kk_i = (11.894, 21.472, 15.849, 0.303))$ ).

Система (рис. 8) у попередніх прикладах має три зони керування: початкову, магістральну, кінцеву. Порівняно з попередніми прикладами та результатами, кінцева зона керування збільшена, тобто системі потрібно раніше вийти з магістралі і в кінцевому періоді часу досягти потужнішої точки розвитку.

Подібний випадок характерний для динамічних систем, коли впродовж періоду розвитку систем  $T$  може змінюватися технологія виробництва. Наприклад, у процесі розвитку системи використовуватимуться нові унікальні ресурси для виробництва агрегованого продукту або наприкінці періоду потрібно пропонувати

нову виробничу програму для випуску нової високотехнологічної продукції. В обох випадках системі потрібно вийти з магістралі й досягти кінцевої точки розвитку  $k_1$ . Кінцева точка розвитку динамічної системи може бути початком нової магістралі. Слід також зауважити, що для високотехнологічного виробництва певний період  $T$  системи становить зазвичай кілька років від початку проектування і до серійного випуску нової продукції. Тому ймовірність зміни технології залишається високою.

$$n := 0.. N - 1$$

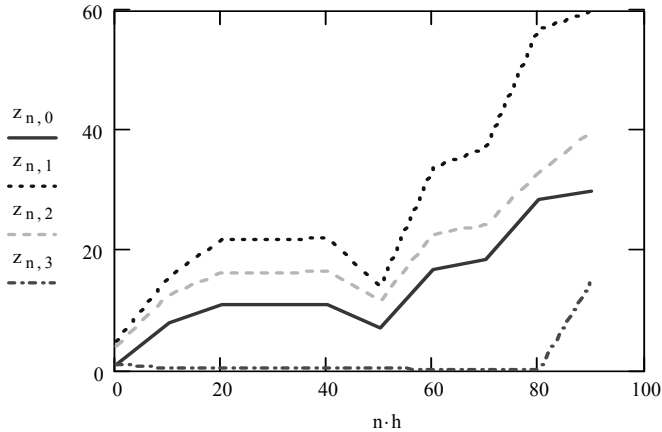


Рис. 8. Результат моделювання траєкторій фондоозброєності  $Z_{n,i} = k_i$  динамічної системи при значеннях  $T = 100$ ,  $N = 10$ ,  $k_0 = (1, 5, 4, 1)$  і заданій кінцевій точці траєкторії розвитку  $k_1 = k_i(T) = (30, 60, 40, 15)$

Результати моделювання траєкторій управління  $u^n = u^0, u^1, \dots, u^{N-1}$  (інвестицій) і фондоозброєності  $k^n$  показують, що:

1) загальна модель динамічної системи (8, 9, 10) має три зони керування: початкову, магістральну та кінцеву. Після завершення перехідного процесу система перебуває у стаціонарному стані оптимального розвитку, що характеризується сталістю питомих показників з фондоозброєності при різних значеннях періоду моделювання  $T$  і кількості рівних частин  $N$ . Кінцева частина керування призначена для виходу в задану точку системи;

2) інвестиції розподіляються в  $i$ -ті модулі ВВС у відповідних пропорціях у перехідному процесі моделі, які забезпечують у подальшому вихід на магістральну траєкторію оптимального розподілу фондоозброєності та споживання за кожним  $i$ -м модулем

ВВС на постійному рівні  $k^*$ ,  $\alpha^*$  при різних початкових значеннях фондоозброєності  $k(0) = k_0$  (рис. 2–6);

3) як показали результати моделювання динамічної системи в початковій і кінцевій зонах керування, зазвичай потрібні значні інвестиції. Вони вкладаються для оптимізації виробничої програми ВВС при розробці нової продукції. Тому важливо якнайшвидше досягти магістралі, тривалий час у ній знаходитись і потім якомога швидше вийти на кінцеву точку розвитку системи;

4) у загальному вигляді в динамічній моделі (8) функціонал є інтегралом розвитку ВВС, коли інтегроване підприємство, вкладаючи інвестиції, є рентабельним. Керуючим параметром є розподіл інвестицій  $\bar{\alpha}(t)$ . Фазовими параметрами є фондоозброєність  $\bar{k}(t)$ , трудові  $\bar{l}(t)$ , первісні (сировинні)  $h(t)$ . Розв'язкам цієї задачі є оптимальні траєкторії  $\bar{k}^*(t)$ ,  $\bar{l}^*(t)$ ,  $h^*(t)$ , для яких досягається максимальний розвиток ВВС при виробництві високотехнологічної продукції;

5) ВВС у формі корпоративних об'єднань на початку свого становлення (розвитку) мають неоднакові економічні характеристики, тому потребують додаткових організаційно-методологічних компетенцій (заходів) та інвестицій для розвитку й управління. Багатомодульність структури ВВС дає змогу маніпулювати коефіцієнтами інвестицій  $\alpha_i$  залежно від обсягів отриманого чистого прибутку, програми розроблення нової продукції, її кількості та властивостей подальшої експлуатації та сервісно-ремонтних робіт.

### **3.2. Модель оцінювання ефективності діяльності високотехнологічної виробничої системи**

На основі аналізу методик оцінювання конкурентного статусу підприємства розроблено модель оцінювання ефективності діяльності ВВС на підґрунті основних положень теорії нечіткої логіки.

В основу моделі оцінювання ефективності роботи ВВС було покладено методику оцінювання конкурентного статусу підприємства на ринку [17], модифіковану з урахуванням підходів до оцінювання інтегрального показника фінансового стану [18].

Оцінювання ефективності роботи ВВС має бути здійснено за такими напрямками:

- робота виробничої підсистеми (зокрема виробничі та технологічні аспекти потенціалу розвитку системи) —  $S_1$ ;
- робота фінансово-економічної підсистеми (фінансові та збутові аспекти потенціалу) —  $S_2$ ;
- робота управлінської підсистеми (аспекти потенціалу як менеджмент ефективності та інновацій) —  $S_3$ .

Для побудови цієї моделі було застосовано такий алгоритм розробки [19, 20]:

етап 1: вибір показників, що будуть враховані в моделі;

етап 2: опис лінгвістичних змінних;

етап 3: визначення типів функцій належності та їх побудова;

етап 4: побудова бази нечітких знань;

етап 5: налаштування параметрів моделі та визначення вихідних характеристик.

Вихідний параметр  $Z$  (інтегральний показник ефективності діяльності) визначається на основі кількісних та якісних показників  $s_{ij}$ , що характеризують роботу виробничої ( $S_1$ ), фінансово-економічної ( $S_2$ ) та управлінської підсистем ( $S_3$ ) ВВС:

$$Z = f(S_1 \dots S_m), S_i = f(s_{i1} \dots s_{im}), s_{ij} = f(s_{ij1} \dots s_{ijh}), i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}, l = \overline{1, h}, \quad (14)$$

де  $Z$  — інтегральний показник рівня ефективності роботи ВВС;  $S_i$  — узагальнюючі ознаки станів підсистем,  $i = \overline{1, m}$ ;  $i$  — номер характеристики стану підсистеми;  $m$  — кількість станів підсистеми,  $m = 3$ ;  $s_{ij}$  — узагальнюючі ознаки оцінювання параметрів станів підсистем,  $j = \overline{1, n}$ ;  $j$  — номер параметрів  $i$ ,  $n$  — кількість параметрів, що характеризують стан  $i$ ,  $n = 8$  (техніко-економічні параметри, параметри використання виробничих ресурсів, параметри фінансової стійкості та автономії, параметри обертання оборотних активів, параметри оцінки платоспроможності та ліквідності, параметри рентабельності, параметри оцінки інновацій і технологій, параметри управління;  $s_{ijl}$  — оціночні показники, що входять до складу  $s_{ij}$ ,  $l$  — номер показника параметра стану підсистеми,  $h$  — кількість показників у групі параметрів  $j$  (номенклатура яких ранжується залежно від періоду аналізу (поточний, оперативний, стратегічний).

Для відображення залежності між вхідними та вихідними параметрами моделі за допомогою лінгвістичних правил «Якщо — то» сформуємо лінгвістичні характеристики якісних термів стану виробничої, фінансово-економічної та управлінської підсистем ВВС  $\{ДН, Н, С, В, ДВ\}$ :  $ДН$  — дуже низький,  $Н$  — низький,  $С$  — середній рівень,  $В$  — високий рівень,  $ДВ$  — дуже високий.

Позначимо задані терм-множини таким чином:

$$A_{i*} = \{a_{i*}^1, a_{i*}^2, a_{i*}^3, a_{i*}^4, a_{i*}^5\} = \left\{ \begin{array}{l} a_{i*}^1 = "ДН", \\ a_{i*}^2 = "Н", a_{i*}^3 = "С", a_{i*}^4 = "В", a_{i*}^5 = "ДВ" \end{array} \right\}, \quad (15)$$



де  $a_{i^*}^p$  —  $p$ -й лінгвістичний терм  $i^*$ -ї змінної,  $p = \overline{1,5}$ ,  $i^* = \overline{1,11}$ ;

$i^*$  — наскрізний номер вхідних лінгвістичних змінних.

Результуючий параметр  $Z$  дає можливість оцінити рівень ефективності діяльності ВВС за такою шкалою терм-множин  $\{П, З, НЗ, К\}$ :  $П$  — позитивний,  $З$  — задовільний,  $НЗ$  — незадовільний,  $К$  — критичний. Позначимо цю терм-множину таким чином:

$$G = \{g^1, g^2, g^3, g^4\} = \{g^1 = "П", g^2 = "З", g^3 = "НЗ", g^4 = "К"\}, \quad (16)$$

де  $g^k$  —  $k$ -й лінгвістичний терм вихідної змінної  $Z$ ,  $k = \overline{1,4}$ .

У табл. 1 представлено значення нечітких термів описаних вище терм-множин вхідних і вихідних змінних.

Таблиця 1

**ПАРАМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДЕЛІ  
ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВВС**

Номер лінгвістичної змінної	Позначення лінгвістичних змінних	Назва лінгвістичних змінних	Базова терм-множина лінгвістичної змінної	Синтаксичний опис значень лінгвістичної змінної
Вхідні змінні				
$i^* = 1$	$s_{i7}$	техніко-економічні параметри	$A_1$	$a_1^1, a_1^2, a_1^3, a_1^4, a_1^5$
$i^* = 2$	$s_{i2}$	параметри використання виробничих ресурсів	$A_2$	$a_2^1, a_2^2, a_2^3, a_2^4, a_2^5$
$i^* = 3$	$s_{i3}$	параметри фінансової стійкості та автономії	$A_3$	$a_3^1, a_3^2, a_3^3, a_3^4, a_3^5$
$i^* = 4$	$s_{i4}$	параметри оборотання оборотних активів	$A_4$	$a_4^1, a_4^2, a_4^3, a_4^4, a_4^5$
$i^* = 5$	$s_{i5}$	параметри оцінки платоспроможності та ліквідності	$A_5$	$a_5^1, a_5^2, a_5^3, a_5^4, a_5^5$
$i^* = 6$	$s_{i6}$	параметри рентабельності	$A_6$	$a_6^1, a_6^2, a_6^3, a_6^4, a_6^5$
$i^* = 7$	$s_{i7}$	параметри оцінки інновацій та технологій	$A_7$	$a_7^1, a_7^2, a_7^3, a_7^4, a_7^5$
$i^* = 8$	$s_{i8}$	параметри управління	$A_8$	$a_8^1, a_8^2, a_8^3, a_8^4, a_8^5$
$i^* = 9$	$S_1$	рівень роботи виробничої підсистеми	$A_9$	$a_9^1, a_9^2, a_9^3, a_9^4, a_9^5$
$i^* = 10$	$S_2$	рівень роботи фінансово-економічної підсистеми	$A_{10}$	$a_{10}^1, a_{10}^2, a_{10}^3, a_{10}^4, a_{10}^5$
$i^* = 11$	$S_3$	рівень роботи управлінської підсистеми	$A_{11}$	$a_{11}^1, a_{11}^2, a_{11}^3, a_{11}^4, a_{11}^5$
Вихідні змінні				
—	$Z$	показник ефективності роботи ВВС	$G$	$g^1, g^2, g^3, g^4$

Функція належності виконує задачу усереднення значень експертних оцінок відносно розподілу елементів за множинами. Нехай існує деяка універсальна множина  $U$  (яка включає в себе набір можливих значень  $i^*$ -ї змінної), тоді існує нечітка підмножина  $A$ , що описує обмеження на можливі значення змінної  $a_i^*$ .

Тоді  $A$  можна визначити як  $A = \{s_{ij}, \mu^{a_i^*}(s_{ij}); s_{ij} \in U\}$  та  $A = \{S_i, \mu^{a_i^*}(S_i); S_i \in U\}$ , де  $\mu^{a_i^*}(s_{ij})$  і  $\mu^{a_i^*}(S_i)$  — характеристичні функції належності, які набувають значення на інтервалі від 0 до 1, причому:

$$\begin{aligned} \mu^{a_i^*}(S_i) &> 0, \forall S_i \in U \\ \mu^{a_i^*}(S_i) &= 0, \forall S_i \notin U \\ \sup_{S_i \in U} [\mu^{a_i^*}(S_i)] &= 1 \end{aligned} \quad (17)$$

аналогічно і для  $\mu^{a_i^*}(s_{ij})$ . Таким чином, функція  $\mu^{a_i^*}(S_i)$  визначає ступінь належності елементів  $S_i$  та  $s_{ij}$  підмножині  $A$ .

Для визначення параметрів  $\mu^{a_i^*}(S_i)$  і  $\mu^{a_i^*}(s_{ij})$  доцільно застосовувати дзвоноподібні функції належності [21, 22], оскільки на всій області визначення вони є гладкими та приймають не нульові значення.

Результуючий параметр  $z$  дає можливість оцінити рівень ефективності діяльності ВВС за такою шкалою терм-множин ( $g^k, k = \overline{1,4}$ ): П — позитивний, З — задовільний, НЗ — незадовільний, К — критичний.

Характеристична функція належності  $\mu^{g^k}(Z)$  нечітких термів  $g^k$  вихідної змінної  $Z$ , набуває значення на інтервалі від 0 до 1:

$$\mu^{g^k}(Z) = \frac{1}{1 + \left| \frac{Z - c}{d} \right|^{2b}}, \quad (18)$$

де  $d$  — коефіцієнт концентрації-розтягування П-подібної функції належності (bell-shaped),  $c$  — координата максимуму функції,  $b$  — параметр налаштування.

Далі сформуємо набір правил — нечітку базу знань, що являє собою експертно-логічні висновки для базових критеріїв оцінювання для оцінювання станів підсистеми.

Фінальне правило про позитивний загальний рівень ефективності роботи ВВС в аналітичній формі можна сформулювати в такий спосіб:

$$\mu^P(S_1 \dots S_3) = \mu^{DB}(S_1) \cdot \mu^{DB}(S_2) \cdot \mu^{DB}(S_3) \vee \mu^B(S_1) \cdot \mu^C(S_2) \cdot \mu^C(S_3) \vee, \quad (19)$$

$$\mu^C(S_1) \cdot \mu^{DB}(S_2) \cdot \mu^B(S_3)$$

де через  $\vee$  — позначається операція логічної диз'юнкції (співвноситься із операцією «АБО») така, що

$$\mu^{a_i^p}(S_i) \vee \mu^{a_i^p}(S_{i+1}) = \max(\mu^{a_i^p}(S_i), \mu^{a_i^p}(S_{i+1}));$$

( $\wedge$ ) — позначається операція логічної кон'юнкції (співвноситься з операцією «ТА») така, що

$$\mu^{a_i^p}(S_i) \wedge \mu^{a_i^p}(S_{i+1}) = \min(\mu^{a_i^p}(S_i), \mu^{a_i^p}(S_{i+1})).$$

Аналогічним чином можна представити фінальні правила для трьох інших термів (З, НЗ, К):

$$\mu^3(S_1 \dots S_3) = \mu^C(S_1) \cdot \mu^C(S_2) \cdot \mu^C(S_3) \vee \mu^H(S_1) \cdot \mu^B(S_2) \cdot \mu^H(S_3) \vee, \quad (20)$$

$$\mu^C(S_1) \cdot \mu^H(S_2) \cdot \mu^{DB}(S_3)$$

$$\mu^{H3}(S_1 \dots S_3) = \mu^H(S_1) \cdot \mu^H(S_2) \cdot \mu^H(S_3) \vee \mu^H(S_1) \cdot \mu^H(S_2) \cdot \mu^C(S_3) \vee, \quad (21)$$

$$\mu^B(S_1) \cdot \mu^C(S_2) \cdot \mu^{DH}(S_3)$$

$$\mu^K(S_1 \dots S_3) = \mu^{DH}(S_1) \cdot \mu^{DH}(S_2) \cdot \mu^{DH}(S_3) \vee \mu^C(S_1) \cdot \mu^{DH}(S_2) \cdot \mu^H(S_3) \vee, \quad (22)$$

$$\mu^{DH}(S_1) \cdot \mu^{DH}(S_2) \cdot \mu^B(S_3)$$

Розглянемо набір правил, наприклад, для параметричної оцінки стану фінансово-економічної підсистеми:

$$\mu^{DB}(S_{23}, S_{24}, S_{25}, S_{26}) = \mu^{DB}(S_{23}) \cdot \mu^{DB}(S_{24}) \cdot \mu^{DB}(S_{25}) \cdot \mu^{DB}(S_{26}) \vee, \quad (23)$$

$$\mu^{DB}(S_{23}) \cdot \mu^B(S_{24}) \cdot \mu^{DB}(S_{25}) \cdot \mu^{DB}(S_{26})$$

$$\mu^B(S_{23}, S_{24}, S_{25}, S_{26}) = \mu^B(S_{23}) \cdot \mu^B(S_{24}) \cdot \mu^B(S_{25}) \cdot \mu^B(S_{26}) \vee, \quad (24)$$

$$\mu^B(S_{23}) \cdot \mu^C(S_{24}) \cdot \mu^{DB}(S_{25}) \cdot \mu^B(S_{26})$$

$$\mu^C(s_{23}, s_{24}, s_{25}, s_{26}) = \mu^C(s_{23}) \cdot \mu^C(s_{24}) \cdot \mu^C(s_{25}) \cdot \mu^C(s_{26}) \vee \mu^H(s_{23}) \cdot \mu^H(s_{24}) \cdot \mu^B(s_{25}) \cdot \mu^C(s_{26}) \quad (25)$$

$$\mu^H(s_{23}, s_{24}, s_{25}, s_{26}) = \mu^H(s_{23}) \cdot \mu^H(s_{24}) \cdot \mu^H(s_{25}) \cdot \mu^H(s_{26}) \vee \mu^C(s_{23}) \cdot \mu^{DH}(s_{24}) \cdot \mu^C(s_{25}) \cdot \mu^H(s_{26}) \quad (26)$$

$$\mu^{DH}(s_{23}, s_{24}, s_{25}, s_{26}) = \mu^{DH}(s_{23}) \cdot \mu^{DH}(s_{24}) \cdot \mu^{DH}(s_{25}) \cdot \mu^{DH}(s_{26}) \vee \mu^{DH}(s_{23}) \cdot \mu^C(s_{24}) \cdot \mu^{DH}(s_{25}) \cdot \mu^C(s_{26}) \quad (27)$$

Аналогічно відбувається формування повного набору фінальних правил як для станів, так і для параметрів станів підсистем і визначається система нечітких логічних рівнянь.

Для вираження ступеня зв'язку вихідної змінної та вхідних, функцію належності вхідних змінних  $S_i$  значенню вихідної змінної  $Z$  можна представити як:

$$\mu^{g^k}(S_1, S_2, S_3) = \bigvee_{p=1}^5 \left[ \bigwedge_{i^*=9}^{11} \mu^{a_{i^*}^p}(S_i) \right]. \quad (28)$$

Тоді, виходячи з положень теорії нечітких множин, на основі рівняння (28) можна сформувати нечітку множину вихідної змінної  $Z$ :

$$\mu^{g^k}(Z) = \max_{p=1,5} \left( \min_{i^*=9,11} \mu^{a_{i^*}^p}(S_i) \right), \quad (29)$$

де  $\mu^{a_{i^*}^p}(S_i)$  — функція належності вхідної змінної  $S_i$  до терму  $a_{i^*}^p$ ;

$\mu^{g^k}(Z)$  — функція належності вхідної змінної  $Z$  до терму  $g^k$ .

В основі рівня (26) лежить метод ідентифікації лінгвістичного терму, що має назву максимуму функції належності.

Визначення рівня ефективності стану роботи ВВС здійснюється на основі алгоритму типу Мамдані як одного з найпоширеніших методів нечіткого виведення [23].

Метод Мамдані визначається таким чином:

1) формування бази правил систем нечіткого виведення. База знань складається з правил вигляду:

якщо  $x = A_1$  і  $y = B_1$ , то  $z = C_1$ ; а також, якщо  $x = A_2$  і  $y = B_2$ , то  $z = C_2$ ;

2) значення вхідної та вихідної змінної задаються нечіткими множинами;

3) реалізація: для операції АБО — знаходження максимуму, а для операції І — знаходження мінімуму;

4) для знаходження ступеня істинності умов кожного з правил використовуються парні нечіткі логічні операції;

5) акумуляція виконується об'єднанням нечітких множин, які належать до однакових вихідних лінгвістичних змінних;

6) при дефазифікації вихідних змінних використовується метод центру мас або метод центру площини.

В якості методу логічної кон'юнкції (об'єднання або операція «І») було використано метод алгебраїчного добутку, яку, наприклад, відносно розв'язку поставленої задачі можна відобразити так:

$$\mu(s_{23} \wedge s_{24}) = \mu(s_{23}) \times \mu(s_{24}).$$

В якості методу диз'юнкції (розділення або операція «АБО») був використаний метод максимального значення:

$$\mu(s_{23} \vee s_{24}) = \max[\mu(s_{23}), \mu(s_{24})].$$

Для реалізації можливості здійснення висновків застосували також метод алгебраїчного добутку, або метод *prod*-активізації, який можна відобразити як:

$$\mu'(S_2) = c_i \times \mu(S_2),$$

де,  $\mu(S_2)$  — функція належності терма, який є значенням деякої вихідної змінної  $S_2$ , що задана в певній підмножині  $A$ ;  $c_i$  — добуток ступеня істинності умови на ваговий коефіцієнт правила.

При агрегації (процедура визначення ступеня відповідності умови певному правилу системи нечіткого висновку) використано метод максимального значення, що був розглянутий вище. Реалізація процедури дефазифікації (процес знаходження звичайного не нечіткого значення для кожної з вихідних лінгвістичних змінних) здійснюється через метод центра важкості для дискретної кількості одноточкових множин.

Проведено оцінювання роботи фінансово-економічної підсистеми низки підприємств металургійної промисловості, зокрема на «ПАТ Житомирський завод огорожувальних конструкцій», аналітичним шляхом та із застосуванням розробленої нечіткої моделі (табл. 2).

Таблиця 2

**ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ  
ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНОЇ ПІДСИСТЕМИ**

Показник	Нормат. значення	мін по галузі	макс по галузі	Результати здійсненої оцінки:	
				розрах. значення	логічний висновок
Параметри фінансової стійкості та автономії					
Коефіцієнт автономії	>0,5	0,149	0,851	0,851	ДВ
Коефіцієнт співвідношення позикових і власних коштів	<0,5	0,174	5,694	0,174	ДН
Коефіцієнт забезпеченості власними оборотними засобами	>0,1	-1,083	0,586	0,559	В
Коефіцієнт маневреності	>0,5	-0,917	4,616	0,310	Н
Коефіцієнт інвестування	-	0,569	13,427	4,589	С
Загальний висновок	Параметри оцінено як «В»				
Параметри обертання оборотних активів					
Коефіцієнт обертання оборотних активів	↑	0,032	4,114	0,959	Н
Коефіцієнт обертання запасів	↑	0,711	9,339	1,480	Н
Коефіцієнт обертання дебіторської заборгованості	↓	0,042	9,760	4,402	В
Коефіцієнт обертання кредиторської заборгованості	↑	0,061	6,334	2,375	С
Загальний висновок	Параметри оцінено як «Н»				
Параметри оцінювання платоспроможності та ліквідності					
Коефіцієнт абсолютної ліквідності	>0,2	0,000	6,342	1,142	С
Коефіцієнт платоспроможності	>1	0,569	13,836	4,589	С
Загальний висновок	Параметри оцінено як «С»				
Параметри рентабельності					
Коефіцієнт рентабельності власного капіталу	↑	-0,835	0,441	0,134	С
Коефіцієнт рентабельності акціонерного капіталу	↑	-108,066	31,708	2,658	В
Коефіцієнт рентабельності інвестованого капіталу	↑	0,000	0,064	0,000	ДН
Коефіцієнт рентабельності активів	↑	-0,056	0,083	0,033	С
Коефіцієнт рентабельності оборотних активів	↑	-0,088	0,150	0,086	В
Коефіцієнт рентабельності продажів	↑	-0,130	0,097	0,090	ДВ
Коефіцієнт рентабельності продукції	↑	-0,169	0,126	0,110	В
Загальний висновок	Параметри оцінено як «С»				
Висновок про ефективність роботи фінансово-економічної підсистеми ВВС: Можна оцінити як «С»					

Аналітичні дослідження стану фінансово-економічної підсистеми ПАТ «Житомирський завод огороджувальних конструкцій» показують, що фінансова стійкість і коефіцієнти обертання оборотних активів у межах норми; платоспроможність і ліквідність системи — на середньому рівні; показники рентабельності свідчать про нормальну роботу підприємства.

Таким чином, розроблена модель оцінювання ефективності діяльності ВВС після реалізації інтеграційних процесів втілює в собі базу нечітких знань про об'єкт ідентифікації, побудовану експертним шляхом, і механізм логічного висновку на основі інтегрального показника ефективності роботи ВВС.

#### **4. Інтелектуальна підтримка побудови інформаційних управлених систем**

##### **4.1. Структура комплексу управління високотехнологічної виробничої системи**

У процесі інжинірингу ВВС, зокрема менеджменту, вирішуються прикладні задачі. При цьому корисно, а значною мірою й необхідно використовувати основні принципи, що встановлені для кібернетичних систем [24, 25]. Кібернетична система (КС) — це сукупність пов'язаних один з одним об'єктів (елементів системи), які здатні сприймати, зберігати, переробляти інформацію, а також обмінюватися нею. КС є найзагальнішою абстрактною моделлю систем, які досліджуються методами кібернетики.

Складність і розмаїтість функціональних задач менеджменту ВВС спричинені доцільністю включення організаційно-методичних компетенцій (заходів), які реалізуються з позицій використання КС.

Сучасні концепції створення КС спираються на три основні технології: об'єктно-орієнтовану технологію, CASE-технологію та технологію, орієнтовану на знання [26].

Об'єктно-орієнтована технологія стосується переважно створення програмного забезпечення КС. З об'єктно-орієнтованими інструментальними засобами (C++, Level 5 Object та іншими) пов'язана можливість багаторазового використання створених раніше програм, що полегшує як швидке створення прикладних програм КС, так і швидку їх адаптацію в процесі використання.

CASE-технологія, або інженерія КС, є сукупністю технологічних та інструментальних засобів, що дають змогу максимально систематизувати й автоматизувати всі етапи створення програмного забезпечення КС. Серед інструментальних засобів створення КС найвідомішими є CASE-засоби Vpwin та Erwin (розробник — «Platinum Technology»), які дають можливість створювати моделі процесів організацій.

Технологія, заснована на знаннях, або інтелектуальна технологія, передбачає впровадження в КС елементів штучного інтелекту, зокрема баз знань і правил виведення для оброблення якісної інформації та природної мови. До інструментальних засобів інтелектуальних технологій належить продукт INTELLECT від «AI Corp», який дає змогу збирати, надавати й аналізувати дані відповідно до запитань англійською мовою.

Застосування КС-управління припускає при розробці такої системи приділяти значну увагу засобам підвищення надійності, використання автоматизованих процедур та алгоритмів. У рамках цієї схеми широко використовуються прийоми агрегування та методи композиції.

Застосування методів декомпозиції варто розглядати в комплексі з функцією планування й методами композиції. Докладніше ці питання розглянуто в [27]. Проведені там модельні дослідження показали принципову можливість зменшення складності моделі декомпозиції порівняно з початковою моделлю.

Опис законів функціонування КС задається трьома сімействами функцій:

- функціями, що визначають зміни станів елементів системи  $S(t)$ ;
- функціями, що задають вихідні сигнали елементів  $U(t)$ ;
- функціями, що викликають зміни в структурі КС.

Для завдання повного опису КС необхідно, крім функцій  $S(t)$ ,  $U(t)$ ,  $W(t)$  задати початковий стан КС, тобто початкову структуру  $W_0$  і початкові стани всіх її елементів  $S_0$ . Для дослідження дискретних КС основним інструментом є апарат теорії алгоритмів, автоматів, інформації.

Складність опису КС визначається двома основними факторами: розмірністю (кількістю елементів і параметрів, які їх описують) і складністю структури КС, що зумовлена загальним числом зв'язків між її елементами та їх розмаїтістю. Складні системи управління — це системи з описами, що не зводяться до опису одного типового елемента та вказівки загальної кількості таких елементів. При визначенні складності таких систем використовують різні моделі й методи моделювання, зокрема декомпозицію та агрегування. Однак у цьому напрямі можливості моделювання обмежені. Відома теза Джона фон Неймана говорить про те, що існує поріг складності системи, після досягнення якого найпростішим описом моделі стає сама система [28].

Схема функціонування КС, зокрема довільної системи управління, у найзагальнішому вигляді зображується як кругообіг інформації з таким ритмом, який забезпечує нормальне функціо-



нування об'єкта. При цьому система управління видає керуючі впливи на об'єкт по каналу прямого зв'язку, результати якого відображаються об'єктом управління, фіксуються й передаються в систему управління по каналу зворотного зв'язку, потім формується новий керуючий вплив, і цикл керування повторюється спочатку. Використання зворотного зв'язку, відоме під назвою «принцип зворотного зв'язку», — це фундаментальний принцип КС. Принцип зворотного зв'язку є основою побудови систем моніторингу й контролінгу [29].

Для керованої системи необхідно знати й передбачати її поведінку при можливих різних впливах на неї, для цього потрібно мати в своєму розпорядженні модель системи. Управляючі системи прикладного характеру доволі складні й для забезпечення свого функціонування вимагають дотримання певних принципів. Назвемо їх.

1. Визначення мети керування при забезпеченні стійкості системи.

2. Обов'язковий облік можливих несприятливих зовнішніх впливів, які можуть вивести КС зі стійкої рівноваги.

3. Необхідність забезпечення засобів та алгоритмів керування з розробкою:

- а) експертних систем;
- б) систем підтримки прийняття управлінських рішень;
- в) систем оцінювання наслідків прийняття пропонованих рішень;
- г) сполучення макро- і мікромоделей;
- д) алгоритмів навчання, самонавчання й самовдосконалення;
- е) оптимізаційних розподільних алгоритмів.

4. Розроблення засобів контролю виконання програми управління на основі використання каналів зворотного зв'язку, систем моніторингу й контролінгу.

Для реалізації зазначених принципів у складі менеджменту має бути передбачено побудову таких систем:

- підтримки прийняття управлінських рішень;
- оцінювання наслідків прийнятих рішень;
- керування ризиком прийнятих рішень;
- експертної системи підтримки управлінських рішень;
- динамічної системи оптимального розподілу ресурсів.

Типові інтеграційні структури ВВС, які розглянуті в пункті 1 (рис. 1), включають єдиний центр стратегічного управління, планування і маркетингових досліджень. Доцільно до складу менеджменту ВВС цієї структури включити системи стратегічного управління і планування та стратегічного маркетингового дослідження.

## 4.2. Модель управління економічним об'єктом на базі теорії нечітких множин

Розглянемо модель управління економічного об'єкта (ЕО — може бути окреме підприємство або загалом виробнича система), коли забезпеченість ресурсами ВВС, що досліджується, стабільна, і будемо розглядати тільки невизначеності ринку збуту. Невизначеності ринку збуту, якщо йдеться про дослідження безпосередньо ЕО, а не його «оточення», можна описувати мовою «залишків». Залишок — це кількість товару на складі кінцевої продукції, наприклад для проведення ремонтно-сервісного обслуговування високотехнологічної продукції. Він показує, наскільки добре покупці-посередники беруть товар на складі готової продукції. Залишок є індикатором попиту в покупця-посередника.

Невизначеності ринку збуту, якщо йдеться про дослідження «оточення» ВВС, можна описувати мовою попиту кінцевого споживача. З погляду керівництва ВВС, вхідною інформацією для керування буде інформація, яка стосується невизначеностей ринку збуту, тобто динаміка попиту й залишків.

Оскільки вигляд виробничої функції ВВС фіксований

$$y = f(\bar{x}, \bar{a}), \quad (30)$$

а проблем з ресурсами немає, де  $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  — відповідно вибрані ресурси з  $n$ -класів ресурсів та їх параметри  $\bar{a} = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ , то керуюча дія може стосуватися лише параметрів виробничої функції —  $\bar{a}$ . Таким чином, керуюча дія — це параметри виробничої функції. Наведена модель (30) опису невизначеності обсягу випуску продукції вимагає специфічного підходу при виборі математичного апарату для її дослідження, оскільки ЕО, що розглядаються як сукупність підприємств у складі об'єднання з різною організаційно-технічною специфікою, зі своїми унікальними ринковими нішами й цілями, не мають властивостей статистичної однорідності, унаслідок чого допустимість використання імовірнісних методів обмежена [30]. Більш адекватними теоріями є теорія нечітких множин і нечітка логіка [21, 23, 30].

Наступний виклад буде присвячений нечітко-множинному моделюванню процесу управління деякого ЕО, який заснований на динаміці «залишків» і попиту. Практично динаміку залишків можна охарактеризувати як хаотичні коливання.

До основних характеристик хаотичних коливань відносяться мінімальне та максимальне значення на інтервалі, що досліджується. Саме ці характеристики і є однією з компонент для «вхідної інформації» нечітко-множинного керування.

Позначимо:  $w = w(t)$  — величина залишку в момент часу  $t$ ;  $v = v(t)$  — попит у момент часу  $t$ ;  $u = u(t)$  — керуючий вплив у момент часу  $t$ .

Схему управління ЕО, що досліджується, подано на рис. 9.

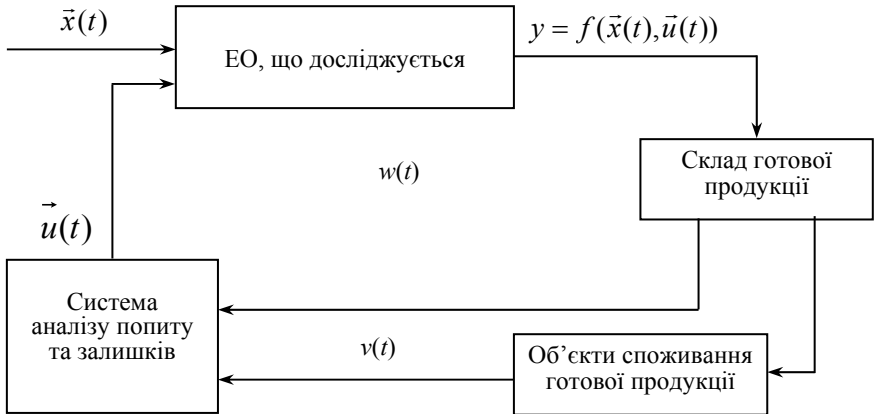


Рис. 9. Схema управління ЕО

Запропонований підхід до управління аналогічний підходу, який отримав назву «алгоритм нечітко-множинного управління перевернутим маятником» [31]. «Перевернутий маятник» вважається встановленим на рухомому візку [46].

Правила розв'язання цієї задачі виглядають так:

**ЯКЩО** кут відхилення великий, **ТО** необхідно *швидко* переміщуватись у тому самому напрямку, що й відхилення;

**ЯКЩО** кут відхилення малий, **ТО** необхідно *повільно* переміщуватись у тому самому напрямку, що й відхилення;

**ЯКЩО** кут відхилення дорівнює нулю, **ТО** *не слід* переміщуватись зовсім.

Повертаючись до нашої задачі, неважко зрозуміти, що дії «керівництва» ЕО аналогічні діям, які здійснюють при управлінні «перевернутим маятником».

Тоді логіка керування випуском продукції така:

**ЯКЩО** попит зростає, **ТО** треба пропорційно збільшити обсяг випуску продукції;

**ЯКЩО** попит падає, **ТО** треба пропорційно зменшити обсяг випуску продукції;

**ЯКЩО** попит стабільний, **ТО** не треба змінювати обсяг випуску продукції;

**ЯКЩО** залишок зростає, **ТО** треба пропорційно зменшити обсяг випуску продукції;

**ЯКЩО** залишок зменшується, **ТО** треба пропорційно збільшити обсяг випуску продукції;

**ЯКЩО** залишок стабільний, **ТО** не треба змінювати обсяг випуску продукції.

Введемо у розгляд лінгвістичні змінні  $v_l$ ,  $w_l$ ,  $u_l$ , які оцінюються за допомогою словесних термів на п'яти й семи рівнях.

Нехай  $w_{\min}$  — мінімально допустимий рівень залишків,  $w_{\max}$  — максимально допустимий рівень залишків.

$$\text{Покладемо } v_l = \begin{cases} \text{попит дуже падає} & v_1 \\ \text{попит падає} & v_2 \\ \text{попит стійкий} & v_3 \\ \text{попит зростає} & v_4 \\ \text{попит дуже зростає} & v_5 \end{cases},$$

$$w_l = \begin{cases} \text{залишок дуже наближається до } w_{\min} & w_1 \\ \text{залишок наближається до } w_{\min} & w_2 \\ \text{золота середина} & w_3 \\ \text{залишок наближається до } w_{\max} & w_4 \\ \text{залишок дуже наближається до } w_{\max} & w_5 \end{cases},$$

$$u_l = \begin{cases} \text{зупинити виробництво товару} & u_1 \\ \text{середньо зменшити виробництво товару} & u_2 \\ \text{слабо зменшити виробництво товару} & u_3 \\ \text{нічого не робити} & u_4 \\ \text{слабо збільшити виробництво товару} & u_5 \\ \text{помірно збільшити виробництво товару} & u_6 \\ \text{суттєво збільшити виробництво товару} & u_7 \end{cases}.$$

Для лінгвістичної змінної  $u_l = \text{нічого не робити}$  ( $u_4$ ) на виробництві означає: не змінювати обсяги виробництва, а виробляти ту

кількість товару, яку виробляли досі. Водночас для  $u_i = \text{зупинити виробництво товару}$  ( $u_4$ ) навпаки, потрібно повністю припинити випуск заданого товару. Інші керуючі дії пропорційно зменшують ( $u_2, u_3$ ) або збільшують ( $u_5, u_6, u_7$ ) виробництво обсягів товару залежно від динаміки попиту та залишків товару на складі. У табл. 3 задамо функціональну залежність

$$u = F(v, w). \tag{31}$$

Таблиця 3

**ПОВНИЙ ПЕРЕБІР СПОЛУЧЕНЬ ТЕРМІВ  
ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ  $u = F(v, w)$**

$v$ $w$	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$v_5$
$w_1$	$u_1$	$u_3$	$u_5$	$u_6$	$u_7$
$w_2$	$u_1$	$u_3$	$u_5$	$u_6$	$u_7$
$w_3$	$u_1$	$u_2$	$u_4$	$u_5$	$u_6$
$w_4$	$u_1$	$u_2$	$u_2$	$u_4$	$u_5$
$w_5$	$u_1$	$u_1$	$u_2$	$u_3$	$u_4$

Групуючи рядки за типами керуючого впливу, отримаємо так звану нечітку базу знань (табл. 4).

Таблиця 4

**НЕЧІТКА БАЗА ЗНАНЬ**

ЯКЩО		ТО
Залишок	Попит	Керування
$w_1$	$v_1$	$u_1$
$w_2$	$v_1$	
$w_3$	$v_1$	
$w_4$	$v_1$	
$w_5$	$v_1$	
$w_5$	$v_2$	$u_2$
$w_3$	$v_2$	
$w_4$	$v_2$	
$w_5$	$v_3$	$u_3$
$w_1$	$v_2$	
$w_2$	$v_2$	

ЯКЩО		ТО
$w_4$	$v_3$	$u_4$
$w_5$	$v_4$	
$w_3$	$v_3$	
$w_4$	$v_4$	
$w_5$	$v_5$	
$w_1$	$v_3$	$u_5$
$w_2$	$v_3$	
$w_3$	$v_4$	
$w_4$	$v_5$	
$w_1$	$v_4$	$u_6$
$w_2$	$v_4$	
$w_3$	$v_5$	
$w_1$	$v_5$	$u_7$
$w_2$	$v_5$	

Нехай  $\mu_i^1(w)$  функції належності змінної  $w$  до терму  $w_i$ ,  $\mu_i^2(v)$  функції належності змінної  $v$  до терму  $v_i$ ,  $\mu_i^3(u)$  функції належності змінної  $u$  до терму  $u_i$ .

Також нехай діапазони варіювання змінних  $u, v, w$  відповідно становлять  $[u_{\min}, u_{\max}]$ ,  $[v_{\min}, v_{\max}]$ ,  $[w_{\min}, w_{\max}]$ . Діапазони  $[v_{\min}, v_{\max}]$ ,  $[w_{\min}, w_{\max}]$ , знаходяться на основі попередніх статистичних спостережень.

Найбільше поширення в теорії нечітких множин отримали функції вигляду [31]:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x - a_1}{a_0 - a_1}, & \text{для } a_1 \leq x \leq a_0 \\ \frac{x - a_2}{a_0 - a_2}, & \text{для } a_0 \leq x \leq a_2 \\ 0 & \text{в інших випадках} \end{cases},$$

або за допомогою єдиного виразу —

$$\mu_A(x) = \max\left(\frac{x - a_1}{a_0 - a_1}, \frac{x - a_2}{a_0 - a_2}, 0\right). \text{ Ця функція досягає максимуму}$$

(який дорівнює 1) у точці  $a_0$  і дорівнює нулю за межами інтервалу  $(a_1, a_2)$ , де  $a_1, a_2, a_3$  — параметри, зумовлені експертно чи шляхом настроювання.

Для побудови функцій належності розіб'ємо діапазони  $[v_{\min}, v_{\max}]$ ,  $[w_{\min}, w_{\max}]$  на  $5 - 1 = 4$  рівних частини, а діапазон  $[u_{\min}, u_{\max}]$  на  $7 - 1 = 6$  рівних частин.

$$\text{Покладемо } \Delta w = \frac{w_{\max} - w_{\min}}{4}, \Delta v = \frac{v_{\max} - v_{\min}}{4}, \Delta u = \frac{u_{\max} - u_{\min}}{6}$$

Тоді, виходячи з логічних міркувань, можна запропонувати такі функції належності:

$$\mu_i^1(w) = \max\left(\frac{w - (i-2)\Delta w}{w_{\min} - (i-2)\Delta w}, \frac{w - i\Delta w}{w_{\min} - i\Delta w}, 0\right)$$

$$\mu_i^2(v) = \max\left(\frac{v - (i-2)\Delta v}{v_{\min} - (i-2)\Delta v}, \frac{v - i\Delta v}{v_{\min} - i\Delta v}, 0\right)$$

$$\mu_i^3(u) = \max\left(\frac{u - (i-2)\Delta u}{u_{\min} - (i-2)\Delta u}, \frac{u - i\Delta u}{u_{\min} - i\Delta u}, 0\right).$$

Графіки цих функцій показано на рис. 10 для  $\mu_i^2(v)$ .

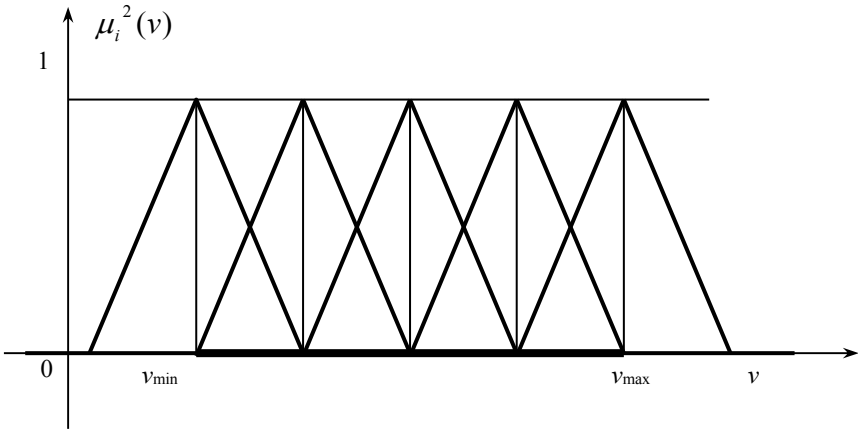


Рис. 10. Функції належності  $\mu_i^2(v)$

За аналогією будуються функції належності для  $\mu_i^1(w)$  і  $\mu_i^3(u)$ . Використовуючи методику, викладену в [32], можна перейти від нечіткої бази знань до інтегрованої функції належності. Дамо опис алгоритму її побудови.

Кожному  $u_i$  у нечіткій базі знань (табл. 4) очевидним чином ставиться у відповідність, сім'я пар  $p_m = (w_j, v_k)$ , де  $m = \overline{1, l(i)}$  і на її основі будується сім'я функцій  $z_{i,m}(w, v) = \min(\mu_j^1(w), \mu_k^2(v))$ ,  $m = \overline{1, l(i)}$ , і на її основі функція  $\tilde{\mu}_m(w, v) = \max_m(z_{i,m}(w, v))$ .

На основі сім'ї функцій  $\tilde{\mu}_m(w, v)$  будується інтегрована функція належності за формулою  $\mu(u) = \max_k(\max_k(\mu_k^3(u), \tilde{\mu}_k))$ . У нашому випадку для значення  $u_1$  в нечіткій базі знань (табл. 4):

$$z_{1,1}(w, v) = \min(\mu_1^1(w), \mu_1^2(v)) ,$$

$$z_{1,2}(w, v) = \min(\mu_2^1(w), \mu_1^2(v)) ,$$

$$z_{1,3}(w, v) = \min(\mu_3^1(w), \mu_1^2(v)) ,$$

$$z_{1,4}(w, v) = \min(\mu_4^1(w), \mu_1^2(v)) ,$$

$$z_{1,5}(w, v) = \min(\mu_5^1(w), \mu_1^2(v)) ,$$

$$z_{1,6}(w, v) = \min(\mu_5^1(w), \mu_2^2(v))$$

$$\text{отримаємо } \tilde{\mu}_1(w, v) = \max_{j=1,6}(z_{1,j}(w, v)) .$$

Для значення  $u_2$

$$z_{2,1}(w, v) = \min(\mu_3^1(w), \mu_2^2(v)) ,$$

$$z_{2,2}(w, v) = \min(\mu_4^1(w), \mu_2^2(v)) ,$$

$$z_{2,3}(w, v) = \min(\mu_5^1(w), \mu_3^2(v))$$

$$\text{маємо } \tilde{\mu}_2(w, v) = \max_{j=1,3}(z_{2,j}(w, v)) .$$

Для  $u_3$

$$z_{3,1}(w, v) = \min(\mu_1^1(w), \mu_2^2(v)) ,$$

$$z_{3,2}(w, v) = \min(\mu_2^1(w), \mu_2^2(v)) ,$$

$$z_{3,3}(w, v) = \min(\mu_4^1(w), \mu_3^2(v)) ,$$

$$z_{3,4}(w, v) = \min(\mu_5^1(w), \mu_4^2(v))$$



маємо  $\tilde{\mu}_3(w, v) = \max_{j=1,4}(z_{3,j}(w, v))$ .

Для  $u_4$

$$z_{4,1}(w, v) = \min(\mu_3^1(w), \mu_3^2(v)),$$

$$z_{4,2}(w, v) = \min(\mu_4^1(w), \mu_4^2(v)),$$

$$z_{4,3}(w, v) = \min(\mu_5^1(w), \mu_5^2(v))$$

отримаємо  $\tilde{\mu}_4(w, v) = \max_{j=1,3}(z_{4,j}(w, v))$ .

Для  $u_5$

$$z_{5,1}(w, v) = \min(\mu_1^1(w), \mu_3^2(v)),$$

$$z_{5,2}(w, v) = \min(\mu_2^1(w), \mu_3^2(v)),$$

$$z_{5,3}(w, v) = \min(\mu_3^1(w), \mu_4^2(v)),$$

$$z_{5,4}(w, v) = \min(\mu_4^1(w), \mu_5^2(v))$$

будемо мати  $\tilde{\mu}_5(w, v) = \max_{j=1,4}(z_{5,j}(w, v))$ .

Для  $u_6$

$$z_{6,1}(w, v) = \min(\mu_1^1(w), \mu_4^2(v)),$$

$$z_{6,2}(w, v) = \min(\mu_2^1(w), \mu_4^2(v)),$$

$$z_{6,3}(w, v) = \min(\mu_3^1(w), \mu_5^2(v))$$

отримаємо  $\tilde{\mu}_6(w, v) = \max_{j=1,3}(z_{6,j}(w, v))$  і для остаточного значення  $u_7$

$$z_{7,1}(w, v) = \min(\mu_1^1(w), \mu_5^2(v))$$

$$z_{7,2}(w, v) = \min(\mu_2^1(w), \mu_5^2(v))$$

маємо  $\tilde{\mu}_7(w, v) = \max_{j=1,2}(z_{7,j}(w, v))$ .

Співвідношення для обчислення  $\tilde{\mu}_k = \tilde{\mu}_k(w, v)$  через функції  $\mu_i^1(w)$  і  $\mu_i^2(v)$  будуть логічними рівняннями, які відповідають нечіткій базі знань.

Для інтегрованої функції належності  $\mu(u) = \max_k(\max(\tilde{\mu}_k^3(u)\tilde{\mu}_k))$

алгоритм прийняття рішень полягає у такому:

Крок 1. Зафіксувати значення  $w(t)$  та  $v(t)$  для моменту часу  $t = t_0$ ;

Крок 2. За допомогою функцій належності  $\mu_i^1(w)$  і  $\mu_i^2(v)$  визначити ступінь належності  $w(t)$  та  $v(t)$  до відповідних термів;

Крок 3. За допомогою нечітких логічних рівнянь визначити ступінь належності керуючого впливу до кожного з можливих термів;

Крок 4. Управляючим впливом  $u(t_0)$ , потрібно вважати терм з максимальної функції належності, що отримано в кроці 3. Для визначення кількісного значення  $u(t_0)$ , необхідно виконати операцію «дефазифікації», тобто переходу від нечіткого терму до чіткого числа.

Чітка керуюча дія отримується шляхом дефазифікації функції  $\mu(u)$ .

Одним з можливих шляхів дефазифікації є метод «центру ваги» [33], який полягає в обчисленні координати  $u$  центру ваги фігури, яка обмежена графіком функції  $\mu(u)$  та віссю абсцис.

Розглянемо тепер проблему визначення інтервалу  $[u_{\min}, u_{\max}]$  залежності (31).

За класичного підходу до ідентифікації виробничої функції на основі якісних економічних міркувань робиться гіпотеза про вигляд виробничої функції (27) і на основі експериментальних даних  $y_i = f(\bar{x}_i, \bar{a})$ ,  $i = \overline{1, n}$  за допомогою методу найменших квадратів знаходять наближене значення  $\bar{a}$ . Тобто цей момент вважатимемо «фіксованим» керуванням.

При запропонованому підході визначаємо вже «межі керування», виходячи з деяких спостережень. Введемо також у систему керування виробничим процесом невизначеність ресурсів  $\bar{x}$ .

Для визначення меж керування перетворимо фіксоване керування  $\bar{a}$  в дискретний набір  $\bar{a}_1, \bar{a}_2, \dots, \bar{a}_k$ , розбивши статистичні дані на  $k$  груп

$$(\bar{V}_1, \bar{W}_1, X_1, \bar{Y}_1), (\bar{V}_2, \bar{W}_2, X_2, \bar{Y}_2), \dots, (\bar{V}_k, \bar{W}_k, X_k, \bar{Y}_k),$$

$$\text{де } X_j = \left\{ \begin{array}{c} \bar{x}_1^j \\ \bar{x}_2^j \\ \vdots \\ \bar{x}_{m_j}^j \end{array} \right\} \text{ називатимемо матрицями ресурсів.}$$

Також вважаємо, що  $\bar{V}_j, \bar{W}_j$  — це середній попит і середній залишок, які відповідають статистичним даним  $(X_k, \bar{Y}_k)$ .

Розглянувши  $k$  систем, отримаємо

$$\left. \begin{aligned} \bar{Y}_1 &= F^*(X_1, \bar{a}_1) \\ \bar{Y}_2 &= F^*(X_2, \bar{a}_2) \\ &\vdots \\ \bar{Y}_k &= F^*(X_k, \bar{a}_k) \end{aligned} \right\}, \quad (32)$$

де  $F^*(X_j, \bar{a}_j) = \begin{pmatrix} f(\bar{x}_1^j, \bar{a}_j) \\ f(\bar{x}_2^j, \bar{a}_j) \\ \vdots \\ f(\bar{x}_{m_j}^j, \bar{a}_j) \end{pmatrix}$  —  $j$  група статистичних даних  $\bar{Y}_j$  за-

лежності (30) для визначення  $\bar{a}_j$  в дискретному наборі  $\bar{a} = \bar{a}_1, \bar{a}_2, \dots, \bar{a}_j, \dots, \bar{a}_k$ .

У виразі (32) проміжок часу  $[t_{ноч}, t_{кін}] = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ , на якому проводиться спостереження за динамікою  $y(t)$  та  $x(t)$ , розбивається на  $k$  груп  $\{\{t_1, t_2, \dots, t_{m_1}\}, \{t_{m_1+1}, t_{m_1+2}, \dots, t_{m_2}\}, \dots, \{t_{m_k+1}, t_{m_k+2}, \dots, t_{m_k}\}\}$ , де  $t_{m_k} = t_n$ . Тоді керуючий вплив  $\bar{u}(v_j, w_j) = \bar{a}_j$ ,  $j = \overline{1, k}$ . Якщо  $\bar{a}_j = \{a_{1,j}, a_{2,j}, \dots, a_{s,j}\}$  і  $a_i^{\min} = \min_j a_{i,j}$ ,  $a_i^{\max} = \max_j a_{i,j}$ , то вектори  $\bar{a}^{\min} = \{a_1^{\min}, a_2^{\min}, \dots, a_s^{\min}\}$  і  $\bar{a}^{\max} = \{a_1^{\max}, a_2^{\max}, \dots, a_s^{\max}\}$  матимуть вихідну інформацією для побудови алгоритму нечітко-множинного керування.

При побудові алгоритму нечітко-множинного керування слід пам'ятати, що він ґрунтується на статистичній інформації —  $S_1 = \{\bar{V}_1, \bar{W}_1, X_1, \bar{Y}_1\}$  про попит  $\bar{V}_1$ , залишки —  $\bar{W}_1$ , матриці ресурсів —  $X_1 = \bar{x}_1^1, \bar{x}_2^1, \dots, \bar{x}_{m_1}^1$  та кількості готової продукції —  $\bar{Y}_1$  на деякому інтервалі часу  $[T_1, T_2]$ . Тому після побудови алгоритму та його практичного використання впродовж часу, який дорівнює  $T = T_2 - T_1$ , треба збирати нову статистичну інформацію  $S_2 = \{\bar{V}_2, \bar{W}_2, X_2, \bar{Y}_2\}$  про попит, залишки, ресурси та кількість готової продукції та порівнювати її із статистичною інформацією  $S_1$ .

Для порівняння статистичних даних  $S_2 \leftrightarrow S_1$  введемо спеціальний індикатор різниці двох векторів дискретних випадкових величин та їх відповідних сукупностей.

Нехай  $\vec{\beta} = \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  — вектор дискретних випадкових величин, а  $M(\vec{\beta})$ ,  $D(\vec{\beta})$ ,  $A(\vec{\beta})$ ,  $E(\vec{\beta})$  — відповідно, математичне сподівання, дисперсія, асиметрія та ексцес  $\vec{\beta}$  випадкових величин.

Для  $\vec{\beta}_1$  і  $\vec{\beta}_2$  покладемо:

$$\begin{aligned}\vec{r}(\vec{\beta}_1) &= (M(\vec{\beta}_1), D(\vec{\beta}_1), A(\vec{\beta}_1), E(\vec{\beta}_1)), \\ \vec{r}(\vec{\beta}_2) &= (M(\vec{\beta}_2), D(\vec{\beta}_2), A(\vec{\beta}_2), E(\vec{\beta}_2)).\end{aligned}$$

Векторним індикатором різниці  $\vec{\beta}_1$  і  $\vec{\beta}_2$  називатимемо двомірний вектор:

$$\vec{\eta}(\vec{\beta}_1, \vec{\beta}_2) = \left( \begin{array}{c} \left\| \vec{r}(\vec{\beta}_1) - \vec{r}(\vec{\beta}_2) \right\| \\ 1 - \frac{\langle \vec{r}(\vec{\beta}_1), \vec{r}(\vec{\beta}_2) \rangle}{\left| \vec{r}(\vec{\beta}_1) \right| \cdot \left| \vec{r}(\vec{\beta}_2) \right|} \end{array} \right).$$

Введений вектор  $\vec{\eta}(\vec{\beta}_1, \vec{\beta}_2)$  дає змогу визначити, чи є «близькими» вектори  $\vec{r}(\vec{\beta}_1)$  і  $\vec{r}(\vec{\beta}_2)$ . Перша компонента двомірного вектора  $\vec{\eta}(\vec{\beta}_1, \vec{\beta}_2)$  показує близькість модулів векторів  $\vec{r}(\vec{\beta}_1)$  і  $\vec{r}(\vec{\beta}_2)$ , а друга — дорівнює  $1 - \cos(\vec{\beta}_1, \vec{\beta}_2)$ , і якщо вона прямує до нуля, то кут між векторами  $\vec{\beta}_1$  і  $\vec{\beta}_2$  також прямує до нуля, де  $\langle \vec{r}(\vec{\beta}_1), \vec{r}(\vec{\beta}_2) \rangle$  — скалярний добуток векторів. Таким чином, якщо обидві компоненти вектора  $\vec{\eta}(\vec{\beta}_1, \vec{\beta}_2)$  менше деяких критичних значень  $(\delta_r, \delta_\varphi)$ , то вектори  $\vec{r}(\vec{\beta}_1)$  і  $\vec{r}(\vec{\beta}_2)$  можна вважати близькими, а отже, тоді є близькими і  $\vec{\beta}_1$  з  $\vec{\beta}_2$ .

Введемо тепер реальні значення векторів  $\vec{\beta}_1$  і  $\vec{\beta}_2$

$$\begin{aligned}\vec{\beta}_1 &= (\vec{V}_1, \vec{W}_1, X_1, \vec{Y}_1), \\ \vec{\beta}_2 &= (\vec{V}_2, \vec{W}_2, X_2, \vec{Y}_2),\end{aligned}\tag{33}$$

а  $\delta_1$  і  $\delta_2$  — деякі критичні величини компонентів вектора, які визначаються з експертних міркувань.

$$\bar{\eta}(\bar{\beta}_1, \bar{\beta}_2) \leq \begin{pmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \end{pmatrix}. \quad (34)$$

Тоді вектори  $\bar{\beta}_1$  і  $\bar{\beta}_2$  вважатимемо «близькими» за виконання умови (34) і «неблизькими» — у протилежному разі. Якщо  $\bar{\beta}_1$  і  $\bar{\beta}_2$  «неблизькі», то треба замінити старий алгоритм нечітко-множинного керування, який ґрунтується на статистичній інформації  $S_1$ , на новий, який заснований на статистичній інформації  $S_2$ .

На рис. 11 показано алгоритм нечітко-множинного керування ЕО.

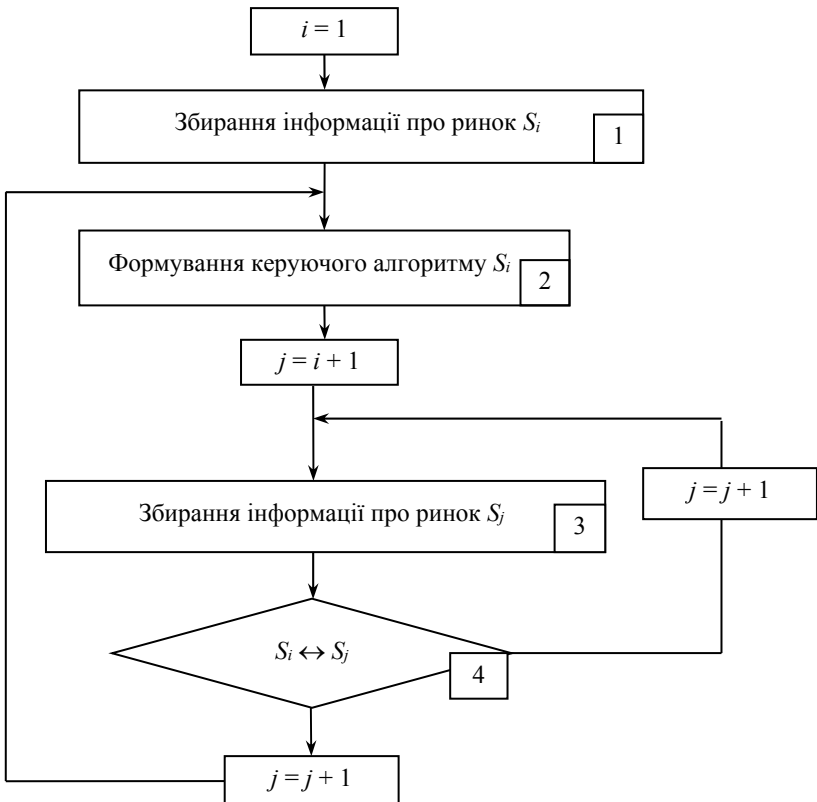


Рис. 11. Алгоритм нечітко-множинного керування ЕО

Роботу алгоритму нечітко-множинного керування ЕО можна пояснити наведеними нижче операціями.

Блок 1. ЕО накопичує статистичну інформацію про попит  $\vec{V}$ , залишки  $\vec{W}$ , ресурси  $X$  та кількість готової продукції  $\vec{Y}$  на деякому інтервалі часу  $T_1$  ( $S_1 = (\vec{V}_1, \vec{W}_1, X_1, \vec{Y}_1)$ ).

Блок 2. Побудова алгоритму керування та формування керуючого впливу  $\vec{u}(v, w) = \vec{a}$  та його практичного використання  $y = f(\vec{x}, \vec{a})$ .

Блок 3. Упродовж часу, який дорівнює  $T = T_2 - T_1$ , треба збирати нову статистичну інформацію  $S_2 = \{\vec{V}_2, \vec{W}_2, X_2, \vec{Y}_2\}$  про попит, залишки, ресурси та кількість готової продукції. Цей блок ідентично збігається з блоком 1.

Блок 4. Нова статистична інформація  $S_2$  порівнюється з попередньою інформацією  $S_1$ . При цьому проводиться перевірка нерівності (34), і якщо вона не виконується, тобто  $S_2$  різко відрізняється від  $S_1$ , то здійснюється перехід до блоку 2. В іншому випадку, продовжується збирання нової інформації в блоці 3, і керуючі дії алгоритму не змінюються.

Алгоритм нечітко-множинного керування ЕО дає змогу сформувати керуючі дії виробничої функції  $y = f(\vec{x}, \vec{a})$  з урахуванням невизначеностей попиту, залишків продукції та врахувати невизначеності ресурсів.

### **4.3. Інформаційна система забезпечення індикативного планування**

Для ефективного вирішення завдань управління та впровадження стратегічних заходів на підприємствах ВВС, необхідно чітко визначати зміни величин індикаторів діяльності підприємств, а також оперативно реагувати на ці зміни та випереджати настання критичних ситуацій. При спостереженні негативної динаміки економічних індикаторів центр управління ВВС змушений приймати рішення з метою встановлення причин такої тенденції та визначення шляхів уникнення несприятливої економічної ситуації [40].

Інформаційно-аналітична підтримка основних етапів стратегічного планування реалізується на основі ітераційних процедур за активної участі експертів, які взаємодіють з аналітичними системами різного призначення. На рис. 12 показано технологію процесу стратегічного планування.



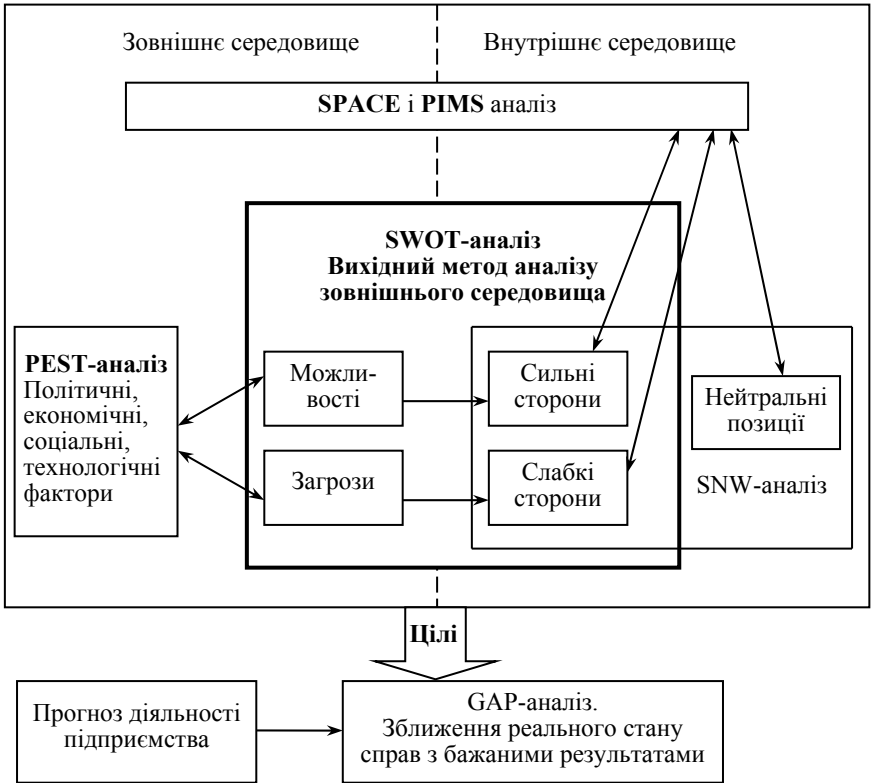


Рис. 13. Схема стратегічного аналізу внутрішнього та зовнішнього середовища ВВС

Знайдені на етапі аналізу закономірності в базі даних і системні знання, що завантажуються в базу знань СППР, використовуються для подальшого формування базової моделі стратегічного розвитку. На основі описаних вище методологічних і програмно-технологічних принципів можна розробити структуру програмно-інструментального комплексу підтримки стратегічного планування ВВС.

Інформація надходить у систему зі сховища даних, транзакційних облікових систем, спеціалізованих баз даних інформаційних агентств, даних державної служби статистики. За допомогою засобів фільтрування, перетворення та завантаження даних інформація потрапляє у сховище даних, у якому міститься система показників і єдина нормативно-довідкова інформація (рис. 14).



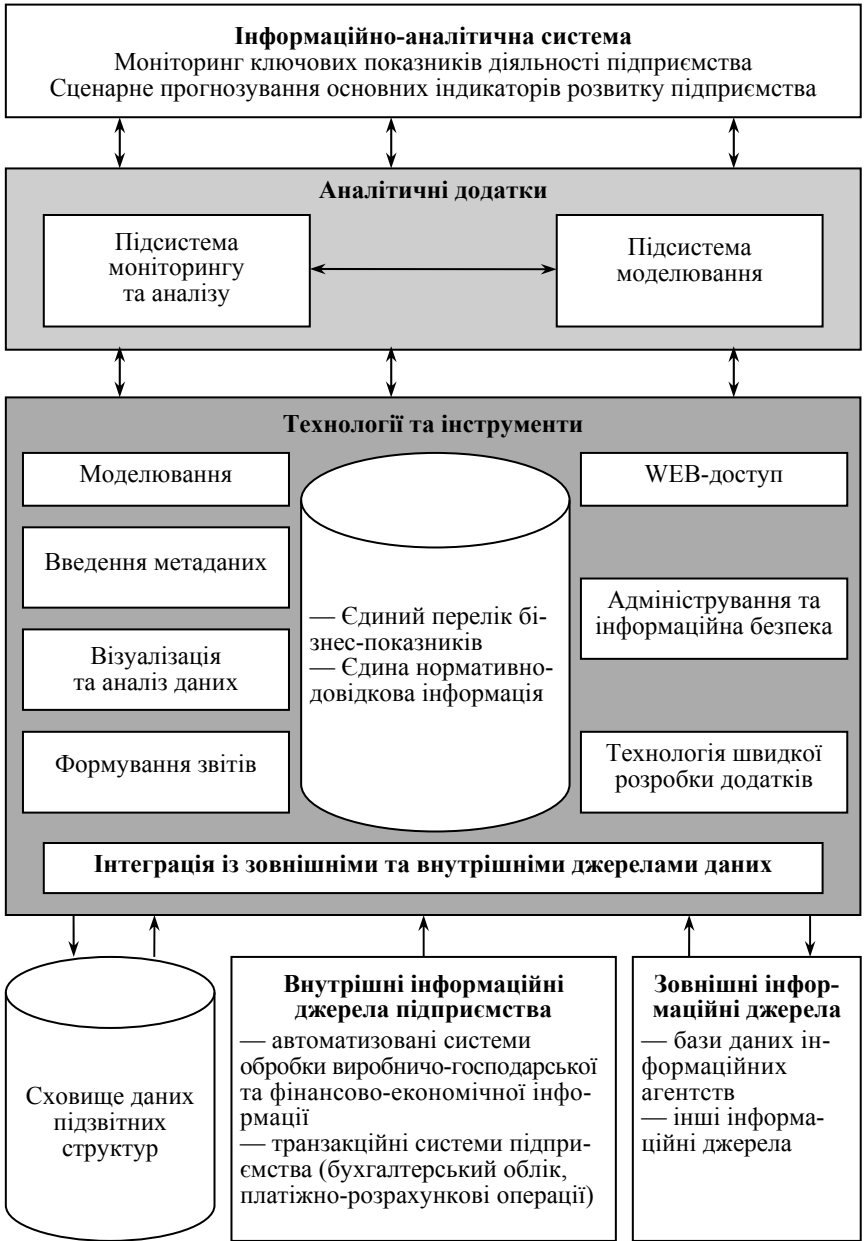


Рис. 14. Архітектура інформаційної системи підприємства

Основним джерелом наповнення сховища даних є облікові системи, що функціонують на підприємстві.

Отже, відстеження динаміки важливих економічних індикаторів в оперативному режимі дає можливість менеджменту прийняти правильне управлінське рішення за існуючого фінансово-економічного стану підприємства й прогнозувати його подальший розвиток з урахуванням тенденцій змін значень індикаторів. Реалізацію стратегічного плану на підприємстві забезпечують процеси моніторингу, аналізу й контролю бажаних значень системи індикаторів економічної діяльності [35].

Планування, поряд з проектуванням, управлінням і діагностуванням, є найважливішим і водночас найскладнішим процесом діяльності підприємства. Процес планування основного виробництва може бути зведений до вирішення оптимізаційної задачі. Існує безліч оптимізаційних математичних моделей, однак використання їх при розробленні індикативних планів є доволі складним [36].

Особливо це стосується стратегічного планування, у процесі якого виникає необхідність оперативного коригування моделей з урахуванням інформації зворотного зв'язку. Удосконалення системи індикативного планування, підвищення його ефективності та дієвості пов'язано з переходом на нову інформаційну технологію та створенням на її основі якісно нових систем, що ґрунтуються на знаннях [36, 37].

Розглянемо загальну структуру експертної системи прийняття рішень для індикативного планування ВВС (рис. 15).

На верхньому рівні деталізації система розкладається на окремі підсистеми, кожна з яких є декомпозицією своїх функціональних компонент.

Структурна модель експертної системи є сукупністю підсистем пошуку, оброблення, збереження та виведення інформації.

Підсистема пошуку інформації отримує дані про інформаційний простір підприємства, утворюючи інформаційний профіль, на основі якого формується опис вхідних потоків інформації. При заданому критерії якості функціонування експертної системи й системи обмежень у процесі індикативного планування вирішується задача оптимізації комплектування інформаційного масиву, що визначає алгоритм або оператор, який здійснює перетворення вхідних потоків у інформаційний масив. До підсистеми надходять дані про ресурси підприємства та можливі загрози [37].

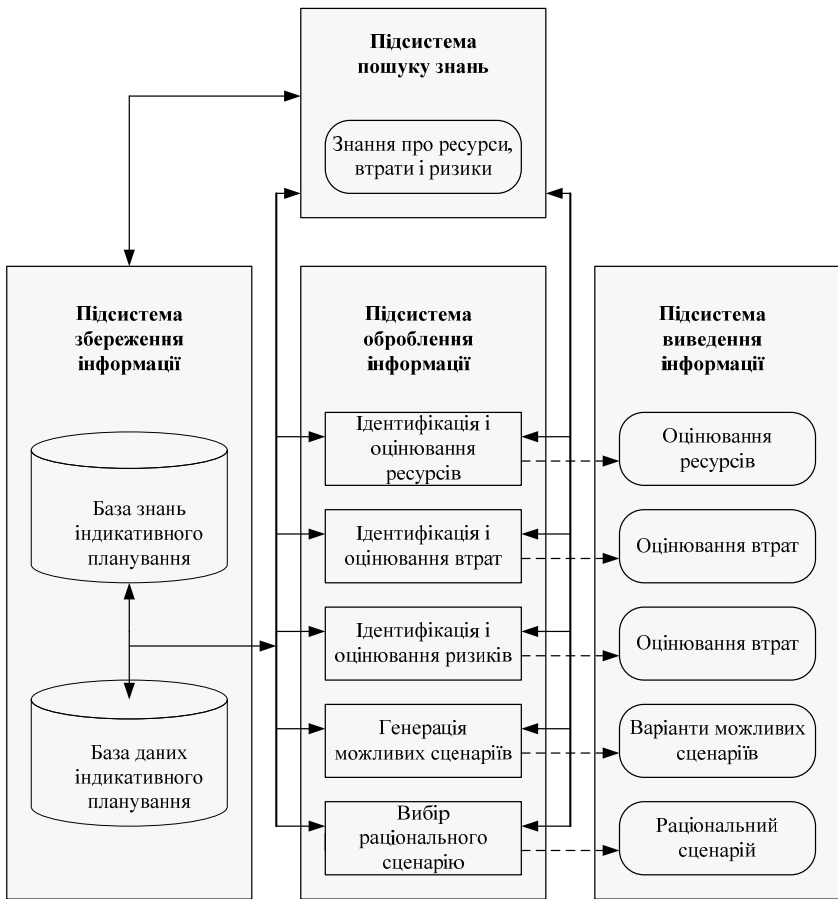


Рис. 15. Структура експертної системи в індикативному плануванні

У підсистемі оброблення інформації здійснюється оцінювання важливості фізичних ресурсів підприємства, виходячи з потреб планування на основі значень введених користувачем індикаторів, і формуються необхідні вимоги до їх захищеності відповідно до введених категорій інформаційних ресурсів.

Підсистема збереження інформації складається з бази даних і бази знань, які містять сукупність даних про ресурси підприємства, методи та засоби індикативного планування, правила, критерії зіставлення та виведення, спеціалізоване математичне забезпечення для управління базами даних і базами знань, інформаційні

мови для опису та маніпуляції даними, довідкові й службові дані, які необхідні для нормального функціонування бази даних і бази знань.

Архітектуру експертної системи в індикативному плануванні на підприємстві зображено на рис. 16.

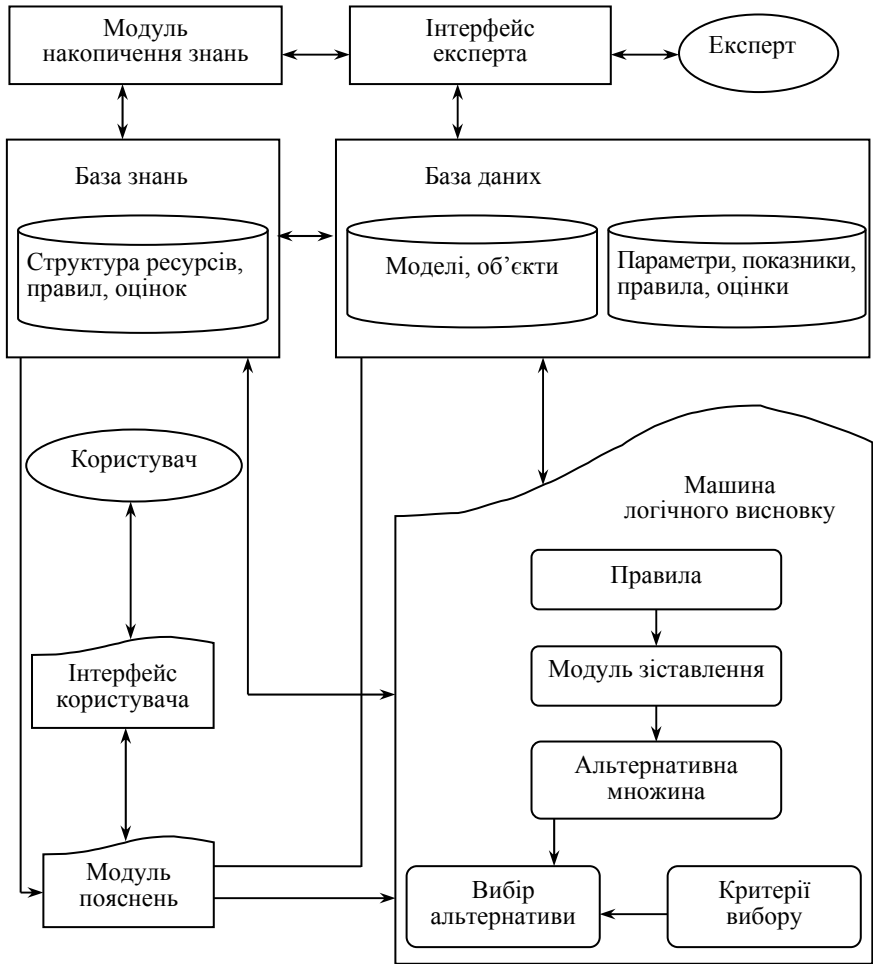


Рис. 16. Архітектура експертної системи для індикативного планування

База знань призначена для збереження експертних знань про предметну область, що використовуються при вирішенні планових

завдань. База знань складається з правил продукції. Правила використовуються в базі знань для опису відношень між об'єктами та подіями. В умовах і висновках правил присутні посилання на фрейми й слоти. База знань експертної системи представлена у вигляді продукційних правил на зразок «якщо-то».

База знань правил містить сукупність знань про ресурси підприємства, можливі ризики; методи й засоби індикативного планування; методи оцінювання фінансово-економічного та виробничо-господарського стану підприємства; ключові індикатори, необхідні для визначення стратегічного плану; спеціалізоване математичне забезпечення для управління базою знань; інформаційну мову для опису й маніпулювання даними; довідкові та службові дані, які необхідні для ефективного функціонування [38, 39].

База даних предметної області призначена для тимчасового збереження фактів або гіпотез, які є проміжними рішеннями або результатом спілкування системи із зовнішнім середовищем, яким є особа, яка веде діалог з експертною системою [38, 44].

Машина логічного висновку — механізм міркувань, що оперує знаннями та даними з метою отримання нових даних зі знань. Для цього використовується програмно реалізований механізм дедуктивного логічного висновку або механізм пошуку рішення. Машина логічного висновку реалізує судження у вигляді дедуктивного висновку (прямого, зворотного, змішаного), ймовірного висновку, пошуку рішення з розбиванням на послідовність задач, пошуку рішення з використанням стратегії розбиття простору пошуку з урахуванням рівнів абстрагування, монотонного або немонотонного судження, судження з використанням механізму аргументації.

Пряме використання знань з бази для вирішення задач забезпечується машиною логічного висновку, яка надає можливість обирати з бази знань відповіді на запитання, отримувати рішення, що сформульовані в термінах понять, збережених у базі. В експертній системі використовується зворотний ланцюжок. У висновок може бути задіяна довільна кількість правил. При підтримці одного правила множиною висновків застосовуються правила комбінування коефіцієнтів визначеності. Розроблення процедур логічного висновку неформалізованої задачі може здійснюватися з використанням процедурних моделей.

Машина логічного висновку містить такі модулі: модуль зіставлення, модуль правил, модуль альтернативної множини, модуль вибору альтернативи, модуль критеріїв вибору. У пам'ять надходять вхідні дані, які у модулі зіставлення порівнюються з

наявними знаннями за правилами. У результаті цього формується множина альтернативних рішень, з якої обираються найоптимальніші за даними критеріями.

Інтерфейс користувача призначений для ведення діалогу з користувачем, під час якого користувач надає експертній системі необхідні факти для процесу судження та дає змогу певною мірою контролювати й коригувати перебіг суджень. Інтерфейс виконує такі функції: реєструє користувача, формує запитання та відображає їх на екрані, відображає повідомлення, що підтримують діалог для уточнення й продовження роботи з користувачем, здійснює загальне протоколювання дослідження, координує роботу всієї експертної системи.

Модуль пояснень необхідний для того, щоб дати можливість користувачу контролювати перебіг судження експертної системи.

Модуль накопичення знань слугує для коригування та наповнення бази знань, яка є її інтелектуальним редактором. Інтелектуальний редактор дає можливість створювати, змінювати й видаляти об'єкти бази знань, описувати поняття предметної області, їх властивості, структуру й залежності, створювати обчислювальні та логічні процедури, вхідними й вихідними параметрами яких є значення властивостей об'єктів бази знань, генерувати гіпотези про властивості об'єктів бази знань і зв'язки між ними, забезпечувати підтримку цілісності бази знань і розглядати її стан, за якого якісь об'єкти відсутні або мають неописані властивості.

Усі базові функції системи поділені на чотири групи: підготовка вихідних даних, визначення умови багатокритеріального оцінювання, багатокритеріальне оцінювання об'єктів і надання звітності. Дослідження містить два етапи: підготовчий і виконавчий. Система, яка їх відображає, має таку структуру: підготовчий етап здійснюється шляхом знаходження значення з допустимої множини. У якості методів ранжування і вибору прийнято методи бальної оцінки, умовної оптимізації, пошуку допустимої множини з оцінкою. Експертиза значимості ознак здійснюється методом індивідуального оцінювання важливості критеріїв методами визначення важливості в частках від найважливішого критерію або групової оцінки важливості критеріїв [43].

Оцінювання об'єктів предметної області здійснюється завантаженням, переглядом і збереженням бази даних, а також змінами налаштувань ознак. У базу знань включають засоби, що дають змогу виконувати оцінювання об'єктів, аналіз результатів цього оцінювання, зіставлення рейтингів об'єктів, виведення та збереження результатів. За способом взаємодії з користувачем експерт-

на система для індикативного планування є діалоговою системою, яка формує відповіді на запити користувача (рис. 17, 18).

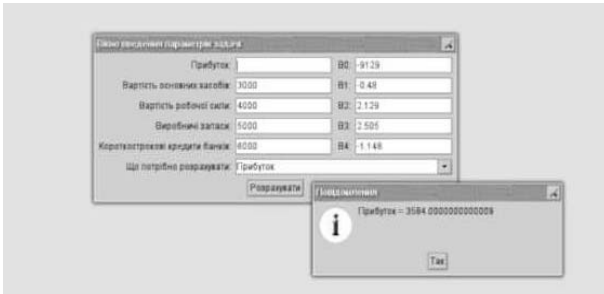


Рис. 17. Діалогове вікно експертної системи «Визначення прибутку ВВС»

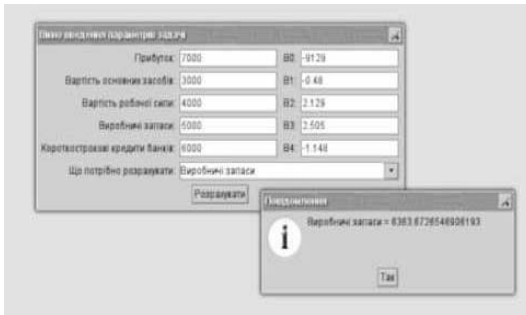


Рис. 18. Діалогове вікно експертної системи «Визначення виробничих запасів ВВС»

Програмна реалізація експертної системи підтримки індикативного планування виконана на мові GNU Prolog 1.4.0 [42, 41].

## Література

1. Інноваційна модель розвитку як ключовий чинник забезпечення конкурентоспроможності національної економіки // Інноваційна модель розвитку економіки України: пріоритети та шляхи реалізації: Матеріали «круглого стола», 23 листопада 2005 р. — Нац. ін-т стратег. досл. — Режим доступу [http://www.niss.gov.ua/Table/Jalilo\\_m/001.htm#a1](http://www.niss.gov.ua/Table/Jalilo_m/001.htm#a1).

2. Гесць В. М. Інноваційні перспективи України / В. М. Гесць, В. П. Семиноженко. — Харків: Константа, 2006. — 272 с.

3. Прогноз можливих варіантів соціально-економічного розвитку України на найближчі роки та впливу на нього інноваційних факторів // Прогнозування макроекономічних показників соціально-економічного розвитку, демографії та людського потенціалу: Матеріали тематичн. напрямку; кер. напрямку Геєць В. М. — Режим доступу [http://www foresight.nas.gov.ua/DocLib1/\\_03\\_socio-economic\\_prognosis.htm](http://www foresight.nas.gov.ua/DocLib1/_03_socio-economic_prognosis.htm).

4. *Козаченко А. В., Воронова А. Э.* Корпоративное управление. — К.: Либра, 2004. — 368 с.

5. *Кравченко В. Ф., Кравченко Е. Ф., Забелин П. В.* Организационный инжиниринг. — М.: Изд-во ПРИОР, 1999. — 256 с.

6. *Ансофф И. Х.* Стратегическое управление. — М.: Экономика, 1989. — 297 с.

7. Конкурентоспроможність економіки України в умовах глобалізації : Монографія / За ред. Я. А. Жаліла. — К.: НІСД, 2005. — 388 с.

8. *Устенко С. В.* Створення національного науково-виробничого об'єднання в умовах трансформаційної економіки / В. К. Галіцин, Л. А. Букреева, С. В. Устенко // Моделювання та інформаційні системи в економіці. — 2006. — Вип. 73. — С. 21–33.

9. *Зінов'єва І. С.* Інтеграція виробничо-промислових систем як шлях підвищення конкурентоспроможності господарюючих суб'єктів / І. С. Зінов'єва, С. В. Устенко // Формування ринкових відносин в Україні: Зб. наук. праць. — 2008. — № 7–8. — С. 57–64.

10. *Понтрягин Л. С.* Математическая теория оптимальных процессов. — М.: Наука, 1976. — 392 с.

11. *Устенко С. В.* Модель функціонування інтеграційної виробничої системи // Моделювання та інформаційні системи в економіці: Зб. наук. праць. — Вип. 75 / Відп. ред. В. К. Галіцин. — К.: КНЕУ, 2007. — С. 160–180.

12. *Колемаев В. А.* Математическая экономика: Учебник для вузов. — М.: ЮНИТИ, 1998. — 240 с.

13. *Ашманов С. А.* Введение в математическую экономику. — М.: Наука, 1984. — 198 с.

14. *Интрилигатор М.* Математические методы оптимизации и экономическая теория / Пер. с англ. Г. И. Жуковой, Ф. Я. Кельмана. — М.: Айрис-пресс, 2002. — 576 с.

15. *Тихомиров В. М.* Принцип Лагранжа и задачи оптимального управления. — М.: Изд. Моск. ун-та, 1982. — 107 с.

16. *Тихомиров В. М., Иоффе А. Д.* Теория экстремальных задач. — М.: Наука, 1974. — 479 с.

17. *Гетман О. О., Шаповал В. М.* Економічна діагностика: Навч. посібник для студ. вищ. навч. закладів. — К.: ЦУЛ, 2007. — 307 с.



18. Колобов А. А. Менеджмент высоких технологий. Интегрировано-корпоративные структуры: организация, экономика, управление, проектирование, эффективность, устойчивость / А. А. Колобов, А. И. Орлов, И. Н. Омельченко. — М.: Изд-во Экзамен, 2008. — 621 с.
19. Матвійчук А. В. Моделивання економічних процесів із застосуванням методів нечіткої логіки: Монографія / А. В. Матвійчук. — К.: КНЕУ, 2007. — 264 с.
20. Ольховська О. Л. Моделивання фінансового стану страхової компанії / автореф. ... канд. екон. наук: 08.00.11 / О.Л. Ольховська. — К., 2011. — 20 с.
21. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение в принятии приближенных решений / Л. Заде. — М.: Мир, 1976. — 165 с.
22. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. В. Леоненков. — СПб.: БХВ-Петербург, 2003. — 736 с.
23. Ковальчук К. Ф. Интеллектуальная поддержка принятия экономических решений / Ковальчук К.Ф. — Донецк: ИЭП НАН Украины, 1996. — 224 с.
24. Глушков В. М. Кибернетика и ее применение в народном хозяйстве / Глушков В. М. — К.: Наукова думка, 1990. — Т. 3. — 357 с.
25. Глушков В. М. Основные принципы построения автоматизированных систем организационного управления / Глушков В. М. // Управляющие машины и системы. — 1972. — № 1. — С. 9–18.
26. Математичні моделі та інформаційні технології в сучасній економіці / [Клебанова Т. С., Гур'янова Л. С., Богоніколос Н. та ін.]; за ред. Єліфанова А. О. — Суми: УАБС НБУ, 2007. — 246 с.
27. Константинова А. В. Реструктуризація як ефективний засіб виведення підприємства з кризового стану / А. В. Константинова // Формування ринкових відносин в Україні. — 2002. — Вип. 16. — С. 117–119.
28. Лавинский Г. В. Построение и функционирование сложных систем управления / Лавинский Г. В. — К.: Вища школа, 1989. — 332 с.
29. Галіцин В. К. Системи моніторингу / Галіцин В. К. — К.: КНЕУ, 2000. — 231 с.
30. Кігель В. Р. Методи і моделі підтримки прийняття рішень у ринковій економіці / Кігель В. Р. — К.: ЦУЛ, 2003. — 202 с.
31. Мокін Б. І. Управління запасами на основі нечіткої логіки / Б. І. Мокін, О. П. Ротштейн, І. Ф. Острий // Вісник ВПІ. — 2002. — № 6. — С. 12–19.
32. Ротштейн А. П. Медицинская диагностика на нечеткой логике / Ротштейн А. П. — Винница: Контингент-Прим, 1996. — 132 с.

33. *Козловський С. В.* Прогнозування валютного курсу в Україні на базі нечіткої логіки / С. В. Козловський // Вісник ВПІ. — 2002. — № 3. — С. 39–49.
34. *Бажин И. И.* Информационные системы менеджмента / И. И. Бажин. — М. : ГУ ВШЭ, 2000. — 688 с.
35. *Брігхем Е. Ф.* Основи фінансового менеджменту / Е. Ф. Брігхем. — К., 1997. — 987 с.
36. *Владимирова Л. П.* Прогнозирование и планирование в условиях рынка / Л. П. Владимирова. — М. : Изд. дом «Дашков и Ко», 2000. — 308 с.
37. *Андрейчиков А. В.* Анализ, синтез, планирование решений в экономике / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. — М.: ФиС, 2001. — 368 с.
38. *Джесксон П.* Введение в экспертные системы / П. Джесксон. — М.: Вильямс, 2001. — 624 с.
39. Индикативное планирование как основа стратегического развития промышленного предприятия: Монография / С. А. Агапцов, А. И. Мордвинцев, П. А. Фомин, Л. С. Шаховская. — М.: Вышш. шк., 2002.
40. *Петрова М. Н.* Индикативное планирование: вопросы теории и методологии / М. Н. Петрова. — Казань, 2000. — 356 с.
41. *Холл М.* Программирование для Web. Библиотека для профессионалов. — М.: Вильямс, 2002 — 1216 с.
42. *Швендимен Б.* РНР 4. Руководство разработчика / Блейк Швендимен. — М.: Вильямс, 2002 — 684 с.
43. *Кини Р. Л.* Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Р. Л. Кини, Х. Райфа. — М.: Наука, 1981. — 560 с.
44. *Конноли Т.* Базы данных: проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика : учебное пособие / Т. Конноли, К. Бегг, А. Строчан. — М.: Издат. дом «Вильямс». — 2000. — 1120 с.
45. *Галицин В. К., Устенко С. В.* Розвиток наукомістких підприємств України: моделі та методи // Моделювання та інформаційні системи в економіці. — 2010. — Вип. 81. — С. 102–133.
46. *Устенко С. В.* Моделювання процесів функціонування та розвитку наукомістких виробничих систем. — Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.11 — Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці. ДВНЗ „Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана”. — К., 2008.