

УДК 004.942:658.5

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.3.9>

## ПРАВИЛА РОЗРОБКИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ДВОРІВНЕВИХ ПІДПРИЄМСТВ

**Чикунів П. О.** – кандидат технічних наук,  
доцент кафедри електромеханічних та комп'ютерних систем  
Навчально-наукового професійно-педагогічного інституту  
Української інженерно-педагогічної академії  
ORCID ID: 0000-0003-4959-7744

**Берестовий А. М.** – кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри електромеханічних та комп'ютерних систем  
Навчально-наукового професійно-педагогічного інституту  
Української інженерно-педагогічної академії  
ORCID ID: 0000-0002-2736-5929

Розглянуто задачу створення правил розробки та застосування інформаційного забезпечення процесу прийняття рішень для дворівневих переробних підприємств з полікритеріальним оцінюванням рішень, що приймаються. Об'єктом дослідження є процеси прийняття рішень при поліальтернативному плануванні діяльності.

Метою виконання дослідження є підвищення ефективності планування виробничої діяльності дворівневих підприємств за рахунок інформаційного забезпечення процесу визначення оптимальних планових завдань.

Запропоновано правила розробки та застосування інформаційного забезпечення процесу прийняття рішень для дворівневих переробних підприємств, які дозволяють автоматизувати процес прийняття менеджером обох рівнів полікритеріальних і поліальтернативних рішень при оптимальному плануванні сезонної виробничої діяльності та підтримують адаптацію параметрів математичних моделей розрахунку показників діяльності до мінливих умов сезону. Запропоновано функціональні IDEF0-діаграми підсистеми стратегічного, тактичного та оперативного планування, які забезпечують можливість визначати параметри моделей згідно статистичному матеріалу підприємства.

Розроблене інформаційне забезпечення було досліджено програмно при рішенні завдань оптимального планування обсягів випуску укрупнених видів продукції та оперативного планування обсягів випуску продукції при порушеннях планових завдань. Зіставлення оптимальних рекомендацій з фактичними даними показало, що функціонування інформаційного забезпечення дозволить зменшити витрати виробництва та скоротити в кілька разів витрати часу на складання виробничої програми підрозділів. Реалізація інформаційного забезпечення у вигляді інструментарію менеджерів планово-виробничих служб дозволить підвищити рентабельність дворівневого підприємства в умовах обмеження обігових коштів.

**Ключові слова:** планування діяльності, дворівневі підприємства, процес прийняття рішень, інформаційне забезпечення.

### **Chykunov P. O., Berestoviy A. M. Rules for development and application of the information support for the decision making proceedings for two-level enterprises**

The task of creation the rules for developing and employing information support in the decision-making process for two-level processing enterprises with polycriterial evaluation decisions has been considered. The object of research is the decision-making processes at the polyalternative planning activities.

The goal of the research is the creation of a set of indicators to assess the quality of samples having a single nature, based on the principles of fractal analysis.

Here it has been proposed the rules for developing and employing information support in the decision-making process for the two-level processing enterprises in order to automate it for

*the both levels managers in the field of polycriterial and polyalternative decisions at the optimal planning of seasonal production activities and which support the adaptation of the parameters of mathematical calculation models of the activity indicators in changing conditions of the season. The functional IDEF0-diagrams of planning systems have been proposed, which provide the ability to define the models parameters for the analysis of performance indicators.*

*The developed software has been tested by the software while solving problems of optimal planning of the enlarged production volumes and the operative planning of the volumes output in case of the planned tasks violation.*

*The comparison of the optimal recommendations to the actual data has showed that the functioning of information support will reduce production costs and reduce by several times the time spent on the preparation of the production program units. Implementation of information support in the form of managers tools for planning and production services will improve the profitability of the two-level enterprise in the terms of the working capital limitations.*

*Key words: production planning, two-level processing enterprises, decision-making process, optimality criteria, information support.*

**Постановка проблеми.** Аналіз роботи гірничодобувних та переробних підприємств [5] показав, що для стабільної роботи в ринкових умовах актуальним завданням є розробка обґрунтованих планів і програм функціонування всіх ділянок підприємства, що враховують ефективність використання всіх видів ресурсів при прийнятті управлінських рішень. Діяльність переробних підприємств, особливо у харчовій галузі, зазвичай характеризується сезонним характером попиту на готову продукцію. Нерівномірність надходження замовлень протягом року ускладнює процес формування портфелю заказів, згідно з яким підрозділи підприємства повинні здійснювати видобуток сировини, її переробку та транспортування продукції.

Неоптимальні виробничі програми призводять до виникнення низки проблем: збільшення запасів сировини, збільшення часу переробки сировини, збільшення витрат на транспортування продукції, збільшення витрат ручної праці [1; 5]. Технологічне обладнання підрозділів відрізняється за своїми техніко-економічними характеристиками, тому витратний механізм випуску одного і того ж виду продукції в різних підрозділах відрізняється на 15-20%.

Інформаційне забезпечення процесу складання менеджерами виробничої програми повинне включати в себе математичні моделі сезонного та оперативного планування діяльності підприємства і критеріїв оцінки виробничої програми і критерії оцінки оптимальних управлінських рішень.

Актуальною є задача створення правил розробки та застосування інформаційного забезпечення процесу прийняття рішень для дворівневих переробних підприємств з полікритеріальним оцінюванням оптимальних рішень, підпорядкованих завданню збільшення доходу підприємства.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Як показав аналіз техніко-економічної діяльності типового дворівневого підприємства [1; 5], вона відрізняється обсягами випуску продукції по сезонах року, яких може бути, принаймні, два-три. Отже, інформаційне забезпечення повинне вирішувати завдання стратегічного (на сезон), тактичного (на місяць) [2] і оперативного планування (на добу) [3], що підлеглі мети виконання портфелю замовлень з найменшим витратним механізмом. Прийняття рішень при плануванні діяльності повинно супроводжуватися оцінкою витратного механізму, тому у роботі [5] виконано аналіз механізму формування виробничих витрат по випуску укрупнених видів продукції підрозділами підприємства.

Сучасний інструментарій розробника інформаційного забезпечення може бути заснований на пакетах прикладних програм, найбільш прийнятним з яких є MATLAB. Цей пакет дозволяє формалізувати структуру складної ієрархічної

системи, здійснювати адаптивну настройку функціональних моделей, розраховувати варіанти виробничої програми по статичним моделям [9]. Також можливо реалізувати процедури чисельного диференціювання та інтегрування для здійснення параметричної ідентифікації моделей.

**Постановка завдання.** Метою дослідження є підвищення ефективності планування та управління виробничою діяльністю переробних дворівневих підприємств з сезонним характером попиту за рахунок автоматизації процесу визначення економічно обґрунтованих планових завдань.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Верхній рівень структури управління підприємством зазвичай представлений заводоуправлінням. Нижній рівень представлений видобувними та переробними підрозділами. Планування діяльності на верхньому рівні здійснюється за укрупненими позиціями портфеля замовлень, а виконання завдань на нижньому рівні – за розширеним асортиментом.

Для визначення стратегії діяльності необхідно вирішити задачу розробки інструментарію менеджерів обох рівнів структури управління, який включає в себе математичні моделі сезонного планування діяльності структурних підрозділів та критерії оцінки оптимальних рішень. Поточна діяльність підрозділів супроводжується випадковими відхиленнями від планових завдань, тому визначає актуальність включення в інструментарій математичних моделей і критеріїв оптимальної оцінки оперативних рішень.

**Правила розробки інформаційного забезпечення процесу прийняття рішень для дворівневих підприємств.**

1. Проведення аналізу характеристик об'єкта управління:
  - виділення рівнів структури управління підприємством;
  - визначення функціональних особливостей діяльності менеджерів планових служб, тобто осіб, які приймають рішення (ОПР);
  - формування видів асортименту продукції;
  - дослідження характеру завдань, що вирішуються ОПР;
  - визначення взаємозалежностей між показниками діяльності;
  - визначення протиріч між завданнями верхнього і нижнього рівнів.
2. На підставі аналізу характеристик підприємства розробляються теоретико-множинні представлення взаємозалежностей показників:
  - формалізація сукупності показників діяльності ОПР обох рівнів, визначення формалізованих взаємозалежностей між ними;
  - подання взаємозалежностей між показниками діяльності обох рівнів;
  - розробка теоретико-множинних представлень взаємозалежностей: видів продукції, обсягів випуску укрупнених і розширених видів продукції.
3. На підставі розроблених теоретико-множинних представлень визначається загальний вид залежностей для вирішення задач планування:
  - визначення переліку залежностей, що характеризують діяльність;
  - для залежностей, що описують стаціонарні процеси, розробляються статичні статистичні рівняння виду  $y_j = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_i x_{ij}$ , а для залежностей, що описують нестационарні процеси, розробляються динамічні детерміновані рівняння виду  $\frac{dy_j}{dt} = f(x_{ij}, y_j, t)$ ;
  - формування структури розділів бази даних, необхідної для зберігання і обробки показників діяльності підприємства.
4. Збір статистичного матеріалу та виділення періодів, що характеризуються рівномірним процесом формування портфеля замовлень.

5. Зібраний статистичний матеріал групується в інформаційні матриці:

– за допомогою методів прикладного регресійного аналізу визначаються параметри рівнянь виду  $y_j = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_i x_{ij}$ , що враховують передісторію діяльності;

– за допомогою методів кореляційного аналізу визначається ступінь лінійності отриманих рівнянь.

6. Визначення варіантів постановок завдань прийняття рішень: досягнення максимального доходу або мінімального витратного механізму.

7. Виділення неантагоністичних протиріч між завданнями обох рівнів.

8. Формування порядку узгодження неантагоністичних протиріч і визначення умови отримання рішення, що виникає при згладжуванні протиріч.

9. Розробка механізму адаптації параметрів рівнянь математичних моделей, який буде забезпечувати заданий рівень точності розрахунків.

10. Розробка алгоритмів і програм розрахунку по статичним статистичними моделям і визначення оптимальних рекомендацій.

11. Розробка інструкції користувача, яка визначає порядок введення запитів і отримання оптимальних рекомендацій.

12. Здійснення дослідної експлуатації інформаційного забезпечення.

13. Здійснення перевірки адекватності математичного апарату за результатами дослідно-промислової експлуатації.

14. Для вирішення завдання оперативного прогнозу і управління підрозділом формування системи параметричних диференціальних рівнянь.

15. Для ідентифікації параметрів динамічних моделей, виконується розробка програм апроксимування значень часткових похідних.

16. Згідно з інформаційними матрицями, виконується визначення параметрів динамічних моделей для кожного підрозділу підприємства.

17. Постановка завдання оперативного прийняття рішень і його формалізація у вигляді функціоналу мети, що допускає отримання експертних оцінок прийнятих рішень.

18. Розробка інструкції користувача для ОПР та системного програміста.

**Розробка інструкції користувача інформаційного забезпечення.** Для ОПР планових служб підприємства і підрозділів розроблена інструкція користувача. Для більш ефективного засвоєння інструкції, вона також розроблена у текстовій формі та у графічній нотації IDEF0 [9]. У IDEF0-нотації розроблені функціональні діаграми підсистем стратегічного (рис. 1), тактичного та оперативного (рис. 2) планування діяльності підприємства.

1. Інструментарій стратегічного планування.

1.1. Менеджер верхнього рівня обирає потрібний сезон та з відділу маркетингу отримує сезонні заявки, що згруповані по портфелю замовлень.

1.2. Блоки інструментарію надають ОПР доступ до програм розрахунків по статистичним моделям і визначення оптимальних рекомендацій.

1.2.1. Перший блок інструментарію – ймовірнісна оцінка валового випуску на сезон. Згруповані на сезон позиції портфеля замовлень, які менеджер спочатку використовує як планові завдання по випуску укрупнених видів продукції  $A_i$ , оцінюються за допомогою рівнянь виду (1).

$$G_A = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i G(A_i). \quad (1)$$

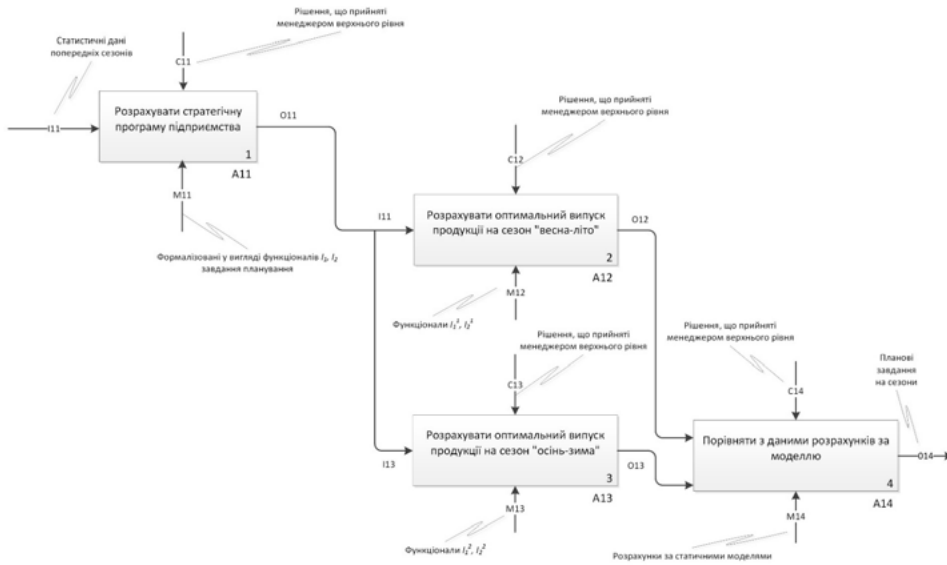


Рис. 1. IDEF0-діаграма підсистеми стратегічного планування

За цими рівняннями розраховують імовірнісний валовий випуск продукції в цілому по підприємству. Цей блок має самостійне значення і дозволяє менеджеру приймати поліальтернативні експертні рішення.

1.2.2. Другий блок – визначення оптимальних сезонних планових рішень, підлеглих завданню отримання підприємством максимального доходу. Менеджер підставляє позиції портфеля замовлень в блок розрахунку функціоналів цілі стратегічного планування:

$$I_1 = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i C(A_i) G(A_i) \rightarrow \max_{C(A_i)G(A_i)} \quad (2)$$

За допомогою генетичного алгоритму визначають параметри рівнянь, тобто оптимальне планові значення обсягів випуску продукції. ОПР підставляє ці значення в блок 1.2.1 і отримує розрахунковий валовий випуск продукції підприємством, що відповідає оптимальному вирішенню. Якщо валовий випуск при оптимальному рішенні менше портфельного (блок 1.2.1), ОПР може розрахувати суб'єктивні варіанти планового завдання.

1.2.3. Третій блок – імовірнісна оцінка валового випуску продукції підрозділами за сезон. Виходячи з власної практики розподілу плану, менеджер верхнього рівня суб'єктивно розподіляє випуск планового завдання по всіх підрозділах і підставляє їх в блок розрахунку рівнянь виду (3).

Параметри рівнянь отримують методом прикладного регресійного аналізу. Далі розраховується валовий випуск продукції підприємством, виходячи з завантаження підрозділів. Це значення може зіставлятися зі значенням, отриманим в блоці 1.2.2.

$$G_A = \beta_0 + \sum_{j=1}^m \beta_j G(S_j) \quad (3)$$

1.2.4. Четвертий блок – визначення оптимальних планових рішень, підлеглих задачі досягнення мінімального витратного механізму. Вихідними є значення

валового випуску продукції кожним підрозділом підприємства, розраховані в блоці 1.2.3, які підставляються менеджером в блок розрахунку функціоналів цілі стратегічного планування виду:

$$I_2 = \beta_0 + \sum_{j=1}^m \beta_j Z_j G(S_j) \rightarrow \min_{Z_j, G(S_j)} \quad (4)$$

Параметри рівнянь отримують за допомогою генетичного алгоритму, тобто визначають оптимальні значення обсягів валового випуску продукції для кожного підрозділу. Менеджер підставляє отримані оптимальні значення в рівняння блоку 1.2.3 і розраховує валовий випуск продукції по підприємству. Якщо він не гірше розрахованих в попередніх блоках, то отримані оптимальні значення приймається в якості планових завдань.

1.2.5. П'ятий блок – імовірнісна оцінка планових сезонних завдань і визначення оптимальних планових рішень ОПР служб нижнього рівня.

1.2.5.1. Імовірнісна оцінка валового випуску продукції підрозділом на сезон. Плановий валовий випуск продукції, отриманий з верхнього рівня, суб'єктивно розподіляється ОПР і-го підрозділу по укрупненим видам продукції і оцінюється для поточного сезону. Цей блок може бути використаний для отримання альтернативних планових завдань підрозділів.

1.2.5.2. Визначення кожному підрозділу оптимальних сезонних планових завдань, підпорядкованих завданню отримання максимального доходу. Для отримання оптимальних рішень по укрупнених видів продукції менеджер і-го підрозділу використовує функціонали цілі стратегічного планування нижнього рівня, подібні функціоналам блоку 1.2.2, і за допомогою генетичного алгоритму визначає оптимальні значення обсягів випуску укрупнених видів продукції підрозділом. Менеджер підставляє оптимальні значення в блок розрахунку рівнянь виду (5) і отримує розрахунковий валовий випуск продукції підприємством.

$$G(S_j) = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i g_j(A_i) \quad (5)$$

Числові значення валових обсягів випуску укрупнених видів продукції сумарно відповідають плановим завданням верхнього рівня (блок 1.2.1).

1.2.6. Шостий блок – прийняття узгоджених рішень. Менеджер верхнього рівня може приймати рішення по валовому випуску продукції підприємством, що підлеглі завданню отримання максимального доходу (блок 1.2.2) або завданню досягнення мінімального витратного механізму (1.2.4). Виникають неантагоністичні протиріччя, якщо підрозділ не може виконати планове завдання верхнього рівня, тобто сезонний валовий випуск продукції буде менше планового завдання, розрахованого на верхньому рівні. Таким чином здійснюється суб'єктивне згладжування виникаючих протиріч.

1.3. Остаточний варіант плану передається для заповнення розділів БД і коригування параметрів рівнянь моделі стратегічного планування.

2. Інструментарій тактичного планування в цілому відповідає інструментарію стратегічного планування, за винятком періоду: менеджер планової служби підприємства обирає місяць поточного сезону та з відділу маркетингу отримує заявки, що згруповані по портфелю замовлень на місяць.

3. Інструментарій оперативного планування.

3.1. Наприкінці поточної доби менеджери планово-виробничих служб підрозділів підводять підсумок виконання планового завдання. При виникненні виробничих порушень виникає ситуація, коли не виконується планове завдання поточної

добі (неув'язка). Менеджер нижнього рівня повинен визначити шляхи реалізації планової діяльності на наступну добу або декілька днів таким чином, щоб сумарне планове завдання було виконано.

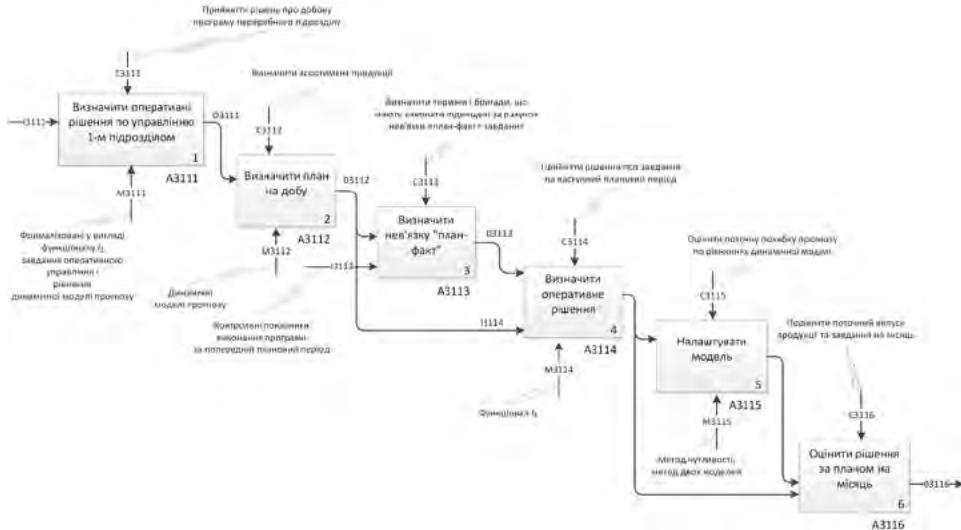


Рис. 2. IDEF0-діаграма підсистеми оперативного планування

3.2. Блок визначення оптимальних планових рішень, підлеглих задачі досягнення підрозділом максимального випуску продукції. Менеджеру необхідно визначити виробничі завдання наступних днів з урахуванням неув'язок. Користуючись своєю експертною оцінкою і знаючи причини, що викликали неув'язку, менеджер задає значення пайових коефіцієнтів, що визначають пріоритет випуску видів продукції. Ці значення підставляються в блок розрахунку функціоналів мети оперативного управління виду:

$$I_5 = \sum_{i=1}^n \lambda_i g_{сф}(A_i) \rightarrow \max_{g_{сф}(A_i)} \quad (6)$$

Добові завдання по випуску продукції підрозділом з урахуванням неув'язок обчислюють за формулою (12), при чому долі добового обсягу випуску визначаються ОПР, виходячи з власного опиту. За допомогою генетичного алгоритму визначаються значення обсягів випуску продукції, що доставляють максимум випуску продукції з урахуванням поточної планової неув'язки.

$$g_{сф}(A_i) = g_c(A_i) + |\Delta g_{\phi}|(A_i) \quad (7)$$

3.3. Отримані оптимальні значення обсягів випуску укрупнених видів продукції менеджер розділяє на складові частини, тобто за видами розширеного асортименту готової продукції.

3.4. Для визначення можливості виконання оптимального рішення, розрахованого в блоці 3.2 і розподіленого в блоці 3.3, менеджер викликає програму розрахунків диференціальних рівнянь динамічної детермінованою моделі, де в якості початкових умов задачі Коші виступають планові завдання наступної доби з випуску укрупнених видів продукції, а кінцевими умовами є планове завдання наступної доби плюс неув'язка за поточну добу.

Інтегральні значення, що отримані в результаті рішення системи рівнянь методом Рунге-Куты 4-го порядку, характеризують прогноз виконання виробничої програми підрозділами. Залежно від меж інтегрування прогноз може здійснюватися на будь-який, наперед заданий період.

Ідентифіковані рівняння динамічної моделі дозволяють ОПР підрозділу розрахувати планові завдання на кожен добу місяця. Вирішивши рівняння моделі, ОПР визначає, за який період часу буде проведений певний обсяг розширеного виду, тобто відпрацьована наявна неув'язку.

Якщо розрахований період не влаштовує менеджера, він знову звертається до функціоналу в блоці 3.2, змінюючи значення пайових коефіцієнтів. Такий алгоритм дозволяє менеджеру підрозділу приймати поліальтернативні планові рішення, що дозволяють відпрацьовувати неув'язку за наступну добу або більше.

3.5. Оскільки виробничі порушення виникають практично постійно, менеджеру необхідно перерозподіляти всі неув'язки на наступний період за допомогою інструментарію стратегічного і тактичного планування.

3.6. Всі отримані рішення по укрупнених і розширеному асортименту продукції систематично передається для заповнення розділів бази даних даного підрозділу.

**Висновки і пропозиції.** В результаті проведеного дослідження вирішена наукова задача створення правил розробки та застосування інформаційного забезпечення процесу прийняття рішень для дворівневих переробних підприємств, які дозволяють автоматизувати процес прийняття менеджерами обох рівнів полікритеріальних і поліальтернативних рішень при оптимальному плануванні сезонної виробничої діяльності. Реалізація інформаційного забезпечення у вигляді інструментарію менеджерів планово-виробничих служб дозволить підвищити рентабельність підприємства.

Отримав подальший розвиток метод прийняття управлінських рішень, що враховує особливості співвідпорядкованості рішень, прийнятих менеджерами на двох рівнях структури підприємства при плануванні обсягів випуску продукції в умовах неантагоністичного протиріччя інтересів обох рівнів, а також дозволяє приймати рішення менеджерами нижнього рівня з оперативного планування обсягів випуску асортименту продукції при виникненні порушення планових завдань.

Згідно з методологією IDEF0 розроблені функціональні діаграми підсистеми стратегічного, тактичного та оперативного планування, які необхідні для визначення параметрів моделей розрахунку показників діяльності згідно статистичному матеріалу підприємства, а також для налаштування параметрів моделей по рекурентним процедурам.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ge X., Yang F., Han Q. (2017). Distributed networked control systems: A brief overview. *Information Sciences*, 380, 117-131. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2015.07.047>.
2. Прокопенко Т.А., Ладанюк А.П. Информационная модель управления технологическими комплексами непрерывного типа в классе организационно-технических систем. *Проблемы управления и информатики*, 2014. №5. с. 64-70.
3. Wang H. et al. Adaptive fuzzy decentralized control for a class of strong interconnected nonlinear systems with un-modeled dynamics. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*. 2017. Volume: PP, Issue: 99.
4. Marttunen M., Lienert J., Belton V. Structuring problems for Multi-Criteria Decision Analysis in practice: A literature review of method combinations. *European*



*Journal of Operational Research*. 2017. Т. 263. Vol. 1. P. 1-17. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.04.041>.

5. Чикунов П.О., Криводубський О.О. Метод побудови інформаційної технології системи підтримки прийняття рішень для багаторівневих підприємств з сезонною діяльністю. *Системний аналіз, управління та інформаційні технології*. X. : НТУ «ХП», 2014. № 61 (1103). с. 42-54.

6. Simani S., Fantuzzi C., Patton R.J. Model-based fault diagnosis in dynamic systems using identification techniques. *Springer Science & Business Media*, 2013. 282 p.

7. Прокопенко Т.О. Методологічні основи управління технологічними комплексами в умовах невизначеності. *Технологический аудит и резервы производства*. 2013. №. 6 (4). с. 27-29.

8. Nikishenko A., Boyko E., Obzherin Y. Automated decision-making system based on genetic algorithm in managing maintenance process // *MATEC Web of Conferences. EDP Sciences*, 2017. V. 129, 03010. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201712903010>.

9. Buede D. M., Miller W. D. The engineering design of systems: models and methods. *John Wiley & Sons*, 2016.

#### REFERENCES:

1. Ge, X., Yang, F., & Han, Q.L. (2017). Distributed networked control systems: A brief overview. *Information Sciences*, 380, 117-131. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2015.07.047>

2. Prokopenko, T.A., & Ladanyuk, A.P. (2014). Informatsionnaya model upravleniya tehnologicheskimi kompleksami nepreryvnogo tipa v klasse organizatsionno-technicheskikh sistem [Information model for the management of technological complexes of continuous type in the class of organizational and technical systems]. *Problemy upravleniya i informatiki*, (5), 64-70 [in Russian].

3. Wang, H., Liu, W., Qiu, J., & Liu, P.X. (2017). Adaptive fuzzy decentralized control for a class of strong interconnected nonlinear systems with un-modeled dynamics. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*. Retrieved from: <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2017.2694799>.

4. Marttunen, M., Lienert, J., & Belton, V. (2017). Structuring problems for Multi-Criteria Decision Analysis in practice: A literature review of method combinations. *European Journal of Operational Research*, 263(1), 1-17. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.04.041>.

5. Chikunov, P.O., & Krivodubskiy, O.O. (2014). Metod pobudovi informatsiynoyi tehnologiyi sistemi pidtrimki priynyattya rishen dlya bagatorivnevih pidpriemstv z sezonnoyu diyalnistyu [The method of stimulating information technology of the system of support for the adoption of a solution for two-level enterprises with seasonal activities]. *Sistemnyy analiz, upravlinnya ta informatsiyni tehnologiyi*, 61 (1103), 40-52 [in Ukrainian].

6. Simani, S., Fantuzzi, C., & Patton, R. J. (2013). Model-based fault diagnosis in dynamic systems using identification techniques. *Springer Science & Business Media*. Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-3829-7>.

7. Prokopenko, T.O. (2013). Metodologichni osnovi upravlinnya tehnologichnimi kompleksami v umovah nevznachenosti. *Tehnologicheskyy audit i rezervyy proizvodstva* (Vol 6 (4)). 27-29 [in Ukrainian].

8. Nikishenko, A., Boyko, E., & Obzherin, Y. (2017). Automated decision-making system based on genetic algorithm in managing maintenance process [Methodological bases of management of technological complexes in the conditions of uncertainty]. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 129 (03010)). Retrieved from: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201712903010>.

9. Buede, D.M., & Miller, W.D. (2016). The engineering design of systems: models and methods. *John Wiley & Sons*.