

net/ua/news/3331125/chernigiv_zruynovano_na_70_mer_atroshenko [in Ukrainian]; 13. Official webportal of Chernihiv City Council, available at: <https://www.chernihiv-rada.gov.ua> [in Ukrainian]; 14. Shaposhnikov, D. (2022), Vidnovlennia Chernihivshchyny: zvidky hroshi ta skilky yikh treba [Restoration of Chernihiv region: where the money comes from and how much it is needed], *Suspilne Novyny*, available at: <https://suspilne.media/258108-vidnovlenna-chnigivsini-zvidki-grosi-ta-skilki-ih-treba> [in Ukrainian]; 15. Suspilnyi korespondent (2022), 130 mln. hrn. vydilaiut na vidnovlennia poshkodzhenykh budynkiv u Chernihovi [UAH 130 million are allocated for the restoration of damaged buildings in Chernihiv], available at: <https://www.sknews.net/130-mln-hrn-vydilaiut-na-vidnovlennia-poshkodzhenykh-budynkiv-u-chernihovi> [in Ukrainian].

УДК: 519.876.2

DOI: 10.36919/2312-7812.4.2022.24

І.В. Терещук

ЛОГІКО-ФОРМАЛЬНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ БЮДЖЕТУВАННЯ

У статті представлена логіко-формальна модель системи бюджетування, яка є складовою частиною інформаційних технологій в СППР бюджетування підприємств групи «А» (виробництво засобів виробництва). Встановлені логіко-формальні зв'язки між змінними системи на трьох рівнях системи, що дозволять визначити структуру бази даних. Формальна модель задачі бюджетування представляє формування грошових потоків підприємства на усіх рівнях ієрархії. Також наведено теоретичні обґрунтування деяких отриманих моделей. Логічні та формальні зв'язки між змінними першого рівня дозволять описати формування доходів, витрат, оборотності запасів, дебіторської та кредиторської заборгованості, руху грошових коштів за кожним видом продукції. Логіко-формальні зв'язки між змінними другого рівня дозволять описати формування прибутку, оборотності запасів, дебіторської та кредиторської заборгованості, руху грошових коштів за операційною діяльністю. Логічні та формальні зв'язки між змінними третього рівня дозволять описати формування прибутку, грошового потоку, активів і пасивів підприємства. Проведені міркування обґрунтовують взаємозв'язки між показниками фінансування виробничої програми різних рівнів, що дозволяє упорядкувати логічну організацію інформації про об'єкт у базі знань СППР бюджетування, а також є підставою для розробки статистичної моделі планування та динамічної моделі оперативного управління. Прогнозування поведінки системи в різних режимах, зокрема плановому та оперативному, є необхідним фактором її оптимального функціонування. Подання даних у вигляді алгебраїчних структур є складовою частиною моделювання процесу прийняття рішень в системі бюджетування. Встановлені зв'язки дозволяють побудувати логічну організацію інформації про об'єкт в базі даних і базі знань.

The article presents a logical-formal model of the budgeting system, which is an integral part of information technologies in the budgeting decision support system (DSS) for enterprises of group "A" (production of means of production). Logical and formal connections between system variables at three levels of the system are established, which will allow to determine the structure of the database. The formal model of the budgeting problem represents the formation of cash flows of the enterprise at all levels of the hierarchy. Theoretical justifications of some obtained models are also given. Logical and formal relationships between the variables of the first level will allow to describe the formation of income, expenses, inventory turnover, receivables and payables, cash flow for each type of product. Logical-formal connections between variables of the second level will allow to describe the formation of profit, inventory turnover, receivables and payables, cash

flow for operational activities. Logical and formal connections between variables of the third level will allow to describe the formation of profit, cash flow, assets and liabilities of the enterprise. The conducted reasoning substantiates the interrelationships between the financing indicators of the production program of different levels, which will allow to streamline the logical organization of information about the object in the knowledge base of the budgeting DSS, and is also the basis for the development of a planning statistical model and a dynamic model of operational management. Predicting system behaviour in different modes, in particular, planned and operational, is a necessary factor for its optimal functioning. The scientific novelty of this work lies in the development of a logical-formal model of the budgeting system at all three levels of management, which are a component of information technologies. The practical significance lies in the fact that the established relationships allow to organize the logical organization of information about the object in the database and the knowledge base.

Ключові слова: логіко-формальна модель, система бюджетування, планування, управління.

Key words: logical-formal model, budgeting system, planning, management.

Постановка проблеми. Сучасна система економічних та соціальних відносин в Україні викликає потребу в розвитку систем підтримки прийняття рішень (СППР) бюджетування багаторівневих виробничих структур класу підприємств групи «А» (виробництво засобів виробництва), як засобів планування та управління діяльністю в умовах нестаціонарного портфеля замовлень і поточного дефіциту оборотних коштів. Прогнозування поведінки системи в різних режимах, зокрема плановому та оперативному, є необхідним фактором для її оптимального функціонування. У зв'язку з цим підвищується актуальність розробки математичного та програмного забезпечення системи бюджетування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми управління сучасними бізнес-процесами досліджували такі зарубіжні науковці, як Ф. Фабоцці та Г. Марковіц [1], Джозеф М. Хілбе [2], S. Peterson [3], G. Gudvin [4] та ін. Серед вітчизняних науковців, які досліджують цю проблему, слід виділити О. Калініну [5], М. Згуровського [6] та ін. У множині наукових досліджень та розробок, а також практичних рекомендацій щодо покращення якості управління та планування подальшої уваги потребує вдосконалення засобів математичного моделювання, призначених для використання при створенні системи бюджетування багаторівневих виробничих структур. Постановка задачі бюджетування для підприємств групи «А» виконана в роботі [7]. Формалізація показників системи бюджетування проведена в роботі [8]. Математичний апарат, який використовується для розробки моделей, викладений в [9], [10].

Метою статті є розробка логіко-формальної моделі системи бюджетування для кожного з трьох рівнів відповідно до проведеної формалізації бюджетної структури, а також класифікації змінних. Крім того, необхідно навести теоретичні обґрунтування отриманих моделей.

Виклад основного матеріалу. Необхідно встановити логіко-формальні зв'язки між змінними першого рівня, які дозволять описати формування доходів, витрат, обороту запасів, дебіторської і кредиторської заборгованості, грошового потоку по кожному виду продукції [5].

Основою для формування показників бюджетів першого рівня є множина вхідних змінних [8].

$$X_1 = \{g_{js}, r_{js}, \gamma_{js}, \rho_{1j}, \delta_j^-, a_j, v_{1j}, \kappa_j^-, \delta_{0j}, \kappa_{0j}\} j = \overline{1, J}, s = \overline{1, S},$$

де $g_{js}, r_{js}, \gamma_{js}$ - доходи, витрати, запаси j - го виду продукції s - го центру фінансової відповідальності (ЦФВ), ρ_{1j} - надходження від реалізації j - го виду продукції, a_j - аванси, δ_j^- - надходження у вигляді погашення дебіторської заборгованості, v_{1j} - виплати по j - му виду продукції, κ_j^- - виплати у вигляді погашення кредиторської заборгованості, δ_{0j} - дебіторська заборгованість на початок періоду, κ_{0j} - кредиторська заборгованість на початок періоду.

Використовуючи вхідні змінні, отримуємо множину внутрішніх змінних, яка має вигляд:

$$Z_1 = \{\delta_j^+, \kappa_j^+, \kappa_{1j}\} j = \overline{1, J},$$

де δ_j^+ - збільшення дебіторської заборгованості по j - му виду продукції, κ_j^+ - збільшення кредиторської заборгованості по j - му виду продукції,

κ_{1j} - кредиторська заборгованість від реалізації продукції на початок періоду.

На підставі вхідних і внутрішніх змінних формується множина вихідних змінних, які є результатом планування першого рівня [6]:

$$Y_1 = \{g_j, r_j, \gamma_j, \rho_j, v_j, \delta_j, \kappa_j\}$$

де g_j, r_j, γ_j - доходи, витрати, запаси j - го виду продукції, ρ_j, v_j - надходження і виплати по j - му виду продукції, δ_j - дебіторська заборгованість на початок

періоду, κ_j - кредиторська заборгованість на початок періоду.

Для побудови логіко-формальних моделей першого рівня використовуємо множину вхідних змінних X_1 , множину внутрішніх змінних Z_1 та множину вихідних змінних Y_1 [7].

Логіко-формальна модель доходу по кожному виду продукції формується таким чином [9]:

$$\forall g_{js} \in X_1 \exists g_j \in Y_1 : g_j = \sum_{s=1}^S g_{js},$$

де g_j - доход від реалізації j -го виду продукції, g_{js} - доход від реалізації j -го виду продукції для s -го ЦД, j - номер виду продукції, J - кількість видів продукції.

Для формування витрат по кожному виду використовується наступне логічне правило:

$$\forall r_{js} \in X_1 \exists r_j \in Y_1 : r_j = \sum_{s=1}^S r_{js},$$

де r_j - прямі витрати j -го виду продукції, r_{js} - витрати j -го виду продукції s -го ЦР.

Виразення для опису формування обороту запасів має вигляд:

$$\forall \gamma_{js} \in X_1 \exists \gamma_j \in Y_1 : \gamma_j = \sum_{s=1}^S \gamma_{js},$$

де γ_j - оборот запасів j -го виду продукції, γ_{js} - оборот запасів j -го виду продукції s -го ЦР.

Надходження по кожному виду продукції:

$$\forall \rho_{1j}, \delta_j^-, a_j \in X_1 \exists \rho_j \in Y_1 : \rho_j = \rho_{1j} + \delta_j^- + a_j,$$

де ρ_j - надходження від реалізації j -го виду продукції, ρ_{1j} - надходження від реалізації j -го виду продукції, a_j - аванси, δ_j^- - надходження у вигляді погашення дебіторської заборгованості, j - номер виду продукції, J - кількість видів продукції.

Наступним етапом є формування виплат по кожному виду продукції :

$$\forall v_{1j}, \kappa_j^- \in X_1 \exists v_j \in Y_1 : v_j = (v_{1j} + \kappa_j^-) \wedge (v_j \geq 0),$$

де v_j - виплати j -го виду продукції, v_{1j} - виплати j -го виду продукції, κ_j^- - виплати у вигляді погашення кредиторської заборгованості.

Надходження відрізняються від планованих прибутків, внаслідок чого формується дебіторська заборгованість [2]:

$$\begin{aligned} & (\forall \rho_{1j} \in X_1 \wedge \forall g_j \in Y_1) \exists \delta_j^+ \in Z_1 : (\delta_j^+ = g_j - \rho_{1j}) \wedge (\delta_j^+ \geq 0) \Rightarrow \\ & (\forall \delta_{j0}, \delta_j^- \in X_1 \wedge \forall \delta_j^+ \in Z_1) \exists \delta_j \in Y_1 : (\delta_j = \delta_{j0} + \delta_j^+ - \delta_j^-) \wedge (\delta_j \geq 0), \end{aligned}$$

де g_j - доход j -го виду продукції, p_j - надходження від реалізації j -го виду продукції, δ_j - дебіторська заборгованість для j -го виду продукції, δ_{j0} - дебіторська заборгованість для j -го виду продукції на початок періоду.

Реальні виплати відрізняються від запланованих витрат, внаслідок чого формується кредиторська заборгованість по виплатах продукції [1]:

$$\begin{aligned} & (\forall v_j, r_j \in Y_1) \exists \kappa_j^+ \in Z_1 : (\kappa_j^+ = r_j - v_j) \wedge (\kappa_j^+ \geq 0) \Rightarrow \\ & \Rightarrow (\forall \kappa_{0j}, \kappa_j^- \in X_1 \wedge \forall \kappa_j^+ \in Z_1) (\exists \kappa_{1j} \in Z_1 : \kappa_{1j} = \kappa_{0j} + \kappa_j^+ - \kappa_j^-) \wedge (\kappa_{1j} \geq 0) \Rightarrow \\ & (\forall a_j \in X_1 \wedge \forall \kappa_{1j} \in Z_1) \exists \kappa_j \in Y_1 : (\kappa_j = \kappa_{1j} + a_j) \wedge (\kappa_j \geq 0), \end{aligned}$$

де r_j - прямі витрати j -го виду продукції, v_j - виплати j -го виду продукції,

κ_{1j} - кредиторська заборгованість по виплатах j -го виду продукції, κ_{0j} - кредиторська заборгованість по виплатах j -го виду продукції на початок періоду, a_j - аванси j -го виду продукції, κ_j - кредиторська заборгованість j -го виду продукції.

Отримані моделі дозволяють встановити порядок формування показників першого рівня і є основою для розробки логіко-формальних моделей другого рівня [4].

Далі необхідно встановити логіко-формальні зв'язки між змінними другого рівня, які дозволять описати формування прибутку, обороту запасів, дебіторської і кредиторської заборгованості, грошового потоку по операційній діяльності [5].

Множина вхідних змінних другого рівня [8]:

$$X_2 = \{g_j, r_j, \gamma_j, p_j, v_j, \delta_j, \kappa_j, \lambda_j, g_d, r_d\}, j = \overline{1, J},$$

де g_j, r_j, γ_j - доходи, витрати, запаси j -го виду продукції, p_j, v_j - надходження та виплати по j -му виду продукції, δ_j - дебіторська заборгованість на кінець періоду, κ_j - кредиторська заборгованість на кінець періоду, λ_j - собівартість j -го виду продукції, g_d - інші доходи по операційній діяльності, r_d - інші витрати по операційній діяльності.

Використовуючи вхідні змінні, отримуємо множину внутрішніх змінних, яка має вигляд:

$$Z_2 = \{g, r, \rho, v, \lambda\},$$

де g - доходи, r - витрати, ρ - надходження, v - виплати, λ - собівартість продукції.

На підставі вхідних і внутрішніх змінних формується множина вихідних змінних, які є результатом планування другого рівня [6]:

$$Y_2 = \{g_b, r_b, \rho_b, v_b, u_b, \gamma, \delta, \kappa\}$$

де g_b, r_b - доходи, витрати операційної діяльності, ρ_b, v_b - надходження та виплати операційної діяльності, u_b - прибуток операційної діяльності, γ - запаси, δ - дебіторська заборгованість на кінець періоду, κ - кредиторська заборгованість на кінець періоду.

Для побудови логіко-формальних моделей другого рівня використовуємо множину вхідних змінних X_2 , множину внутрішніх змінних Z_2 та множину вихідних змінних Y_2 [7].

Логіко-формальна модель доходу операційної діяльності має вигляд:

$$\left(\forall g_j \in X_2 \exists g \in Z_2 : g = \sum_{j=1}^J g_j \right) \Rightarrow (g \in Z_2 \wedge g_d \in X_2) \\ (\exists g_b \in Y_2 : g_b = g + g_{i0}),$$

де g_b - доходи операційної діяльності, g_j - доходи j - го виду продукції, g_d - інші операційні доходи.

Для визначення витрат по операційній діяльності використовується вираження:

$$\left(\forall r_j \in X_2 \exists r \in Z_2 : r = \sum_{j=1}^J r_j \right) \Rightarrow (r \in Z_2 \wedge r_d \in X_2) (\exists r_b \in Y_2 : r_b = r + r_d),$$

де r_b - витрати операційної діяльності, r_j - прямі витрати по j - му виду продукції, r_d - інші витрати основної діяльності.

Модель формування дебіторської заборгованості має вигляд:

$$\forall \delta_j \in X_2 \exists \delta \in Y_2 : \delta = \sum_{j=1}^J \delta_j,$$

де δ - дебіторська заборгованість, δ_j - дебіторська заборгованість j - го виду продукції.

Кредиторська заборгованість формується таким чином:

$$\forall \kappa_j \in X_2 \exists \kappa \in Y_2 : \kappa = \sum_{j=1}^J \kappa_j,$$

де κ - кредиторська заборгованість, κ_j - кредиторська заборгованість j - го виду продукції.

Залишок запасів на кінець планового періоду формуються таким чином:

$$\forall \gamma_j \in X_2 \exists \gamma \in Y_2 : \gamma = \sum_{j=1}^J \gamma_j,$$

де γ - запаси, γ_j - запаси j - го виду продукції.

Логіко-формальна модель надходжень операційної діяльності:

$$\left(\forall \rho_j \in X_2 \exists \rho \in Z_2 : \rho = \sum_{j=1}^J \rho_j \right) \Rightarrow (g_d \in X_2 \wedge \rho \in Z_2) \exists \rho_b \in Y_2 : \rho_b = g_d + \rho,$$

де ρ_j - надходження по j - му виду продукції, g_d - інші доходи операційної діяльності, ρ_b - надходження операційної діяльності.

Логіко-формальна модель виплат по операційній діяльності:

$$\left(\forall v_j \in X_2 \exists v \in Y_2 : v = \sum_{j=1}^J v_j \right) \Rightarrow (r_d \in X_2 \wedge v \in Y_2) \exists v_b \in Y_2 : v_b = r_d + v,$$

де v_j - виплати по j - му виду продукції, r_d - інші витрати операційної діяльності, v_b - виплати операційної діяльності.

Логіко-формальна модель валового прибутку:

$$\left(\forall \lambda_j \in X_2 \exists \lambda \in Z_2 : \lambda = \sum_{j=1}^J \lambda_j \right) \Rightarrow (\lambda \in Z_2 \wedge g_b \in Y_2 \wedge r_d \in X_2) \\ (\exists u_b \in Y_2 : u_b = g_b - \lambda - r_d) \wedge (u_b > 0),$$

де λ_j - собівартість j -го виду продукції, λ - собівартість продукції підприємства,

g_b - доходи операційної діяльності, r_d - інші витрати основної діяльності, u_b - прибуток операційної діяльності.

Отримані моделі дозволяють встановити порядок формування показників другого рівня і є основою для розробки логико-формальних моделей третього рівня [4].

Отже, необхідно встановити логико-формальні зв'язки між змінними третього рівня, які дозволять описати формування прибутку, грошового потоку, активу і пасиву підприємства [3].

Множина вхідних змінних третього рівня [8]:

$$X_3 = \{g_b, r_b, \rho_b, v_b, u_b, \gamma, \delta, \kappa, y_2^+, y_2^-, y_{31}, y_{32}, y_0, na_0, ck_0, kr_0\},$$

де g_b, r_b - доходи, витрати операційної діяльності, ρ_b, v_b - надходження і

виплати операційної діяльності, u_b - прибуток операційної діяльності, γ - запаси, δ - дебіторська заборгованість на кінець періоду, κ - кредиторська заборгованість на кінець періоду, y_{31} - оборот власного капіталу, y_{32} - оборот кредиту, y_0 - сальдо на початок періоду, na_0 - необоротні активи на початок періоду, ck_0 - власний капітал на початок періоду, kr_0 - кредит на початок періоду.

Використовуючи вхідні змінні, отримуємо множину внутрішніх змінних, яка має вигляд:

$$Z_3 = \{n_u, y_1, y_2, y_3, na, ck, kr\},$$

де n_u - податок на прибуток, y_1, y_2, y_3 - грошовий потік основної, інвестиційної та фінансової діяльності, na - необоротні активи, ck - власний капітал, kr - кредит.

На підставі вхідних і внутрішніх змінних формується множина вихідних змінних, які є результатом планування третього рівня [6]:

$$Y_3 = \{g_v, r_v, u_1, u_2, y, ba, bp\},$$

де g_v - валові доходи, r_v - валові витрати, u_1, u_2 - прибуток, y - сальдо на кінець періоду, ba - актив балансу, bp - пасив балансу.

Представимо логіко-формальну модель прибутку підприємства. Вона складається з двох логічних правил. Перше правило свідчить: на підставі вхідних змінних формулюються валові доходи і валові витрати [1].

$$(g_b, r_b, y_2^+, y_2^- \in X_3) \exists g_v, r_v \in Y_3 : (g_v = g_b + y_2^+) \wedge (r_v = r_b + y_2^-) \wedge (g_v \geq r_v),$$

де g_b, r_b - доходи, витрати операційної діяльності, g_v - валові доходи, r_v - валові витрати, y_2^+ - доходи інвестиційної діяльності, y_2^- - витрати інвестиційної діяльності.

З валових прибутків і валових витрат формується прибуток:

$$(g_v, r_v \in Y_3) \exists \tilde{u}_1, n_u \in Z_3 : (\tilde{u}_1 = g_v - r_v) \wedge (\tilde{u}_1 \geq 0) \wedge (n_u = 0, 2 \cdot \tilde{u}_1) \Rightarrow$$

$$(\tilde{u}_1, n_u \in Z_3) \exists u_1 \in Y_3 : u_1 = \tilde{u}_1 - n_u,$$

де g_v - валові доходи, r_v - валові витрати, $\tilde{u}_1$ - прибуток до оподаткування, n_u - податок на прибуток.

Друге правило дозволяє виразити прибуток через прибуток операційної діяльності, інші прибутки і витрати інвестиційної діяльності:

$$(u_b, y_2^+, y_2^- \in X_3 \wedge n_u \in Z_3) \exists u_2 \in Y_3 : (u_2 = u_b + y_2^+ - y_2^- - n_u) \wedge (u_2 = u_1),$$

де u_b - прибуток операційної діяльності, y_2^+ - доходи інвестиційної діяльності,

y_2^- - витрати інвестиційної діяльності, n_u - податок на прибуток.

Логіко-формальна модель потоку грошових коштів по основній діяльності:

$$(\rho_b, v_b \in X_3 \wedge n_u \in Z_3) \exists y_1 \in Z_3 : (y_1 = \rho_b - v_b - n_u) \wedge (y_1 \geq 0),$$

де ρ_b, v_b - надходження та виплати по операційній діяльності, n_u - податок на прибуток, y_1 - грошовий потік основної діяльності.

Логіко-формальна модель потоку грошових коштів по інвестиційній діяльності:

$$(y_2^+, y_2^- \in X_3) \exists y_2 \in Z_3 : (y_2 = y_2^+ - y_2^-),$$

де y_2 - грошовий потік по інвестиційній діяльності, y_2^+ - доходи по інвестиційній діяльності, y_2^- - витрати по інвестиційній діяльності.

Логіко-формальна модель потоку грошових коштів по фінансовій діяльності:

$$(y_{31}, y_{32} \in X_3) \exists y_3 \in Z_3 : (y_3 = y_{31} + y_{32}),$$

де y_3 - грошовий потік по фінансовій діяльності, y_{31} - оборот власного капіталу, y_{32} - оборот кредиту.

Логіко-формальна модель сальдо грошових коштів усього підприємства в розрізі трьох видів діяльності:

$$(y_0 \in X_3 \wedge y_1, y_2, y_3 \in Z_3) \exists y \in Y_3 : (y = y_0 + y_1 + y_2 + y_3) \wedge (y > 0),$$

де y_1 - грошовий потік по основній діяльності, y_2 - грошовий потік по інвестиційній діяльності, y_3 - грошовий потік по фінансовій діяльності, y_0 - сальдо на початок періоду.

Представимо логіко-формальну модель активу балансу підприємства. Для цього сформуємо правило формування необоротних активів підприємства:

$$(na_0 \in X_3 \wedge y_2 \in Z_3) \exists na \in Z_3 : (na = na_0 - y_2) \wedge (na > 0),$$

де y_2 - грошовий потік по інвестиційній діяльності, na - необоротні активи на початок періоду, na - необоротні активи на кінець періоду.

Логіко-формальна модель активу балансу має вигляд:

$$(\delta, \gamma \in X_3 \wedge na \in Z_3) \exists ba \in Y_3 : (ba = \delta + \gamma + na + y) \wedge (ba > 0),$$

де γ - запаси, δ - дебіторська заборгованість на кінець періоду, na - необоротні активи, ba - актив балансу.

Сформуємо правило формування власного капіталу підприємства:

$$(ck_0, y_{31} \in X_3 \wedge u_1 \in Y_3) \exists ck \in Z_3 : (ck = ck_0 + y_{31} + u_1) \wedge (ck > 0),$$

де ck_0 - власний капітал на початок періоду, ck - власний капітал на кінець періоду, y_{31} - оборот власного капіталу, u_1 - прибуток.

Сформуємо правило формування кредиту підприємства:

$$(kr_0, y_{32} \in X_3) \exists kr \in Z_3 : (kr = kr_0 + y_{32}) \wedge (kr > 0),$$

де k_0 - кредит на початок періоду, kr - кредит на кінець періоду, y_{32} - оборот кредиту.

Представимо логіко-формальну модель пасиву балансу, при цьому необхідно врахувати умову балансової рівноваги:

$$(ck, kr \in Z_3 \wedge \kappa \in X_3) \exists bp \in Y_3 : (bp = ck + kr + \kappa) \wedge (bp = ba), \quad (36)$$

де ck - власний капітал, kr - кредит на кінець періоду, κ - кредиторська заборгованість на кінець періоду, bp - пасив балансу.

Отримані моделі дозволяють встановити порядок формування показників третього рівня. Таким чином, встановлені логіко-формальні зв'язки між змінними трирівневої системи бюджетування, що дозволить визначити структуру бази даних [4]. Крім того, встановлені взаємозв'язки дозволяють упорядкувати логічну організацію інформації про об'єкт в базі даних і базі знань.

Далі наведено теоретичні обґрунтування деяких логіко-формальних моделей [10]. Логічні зв'язки між вхідними та вихідними показниками доходів першого рівня сформулюємо у вигляді теореми 1.

Теорема 1. Нехай задана множина вхідних змінних першого рівня $X_1 \subset R$, множина вихідних змінних першого рівня $Y_1 \subset R$. Тоді має місце наступне відображення $f_1 : X_1 \rightarrow Y_1$, при якому для довільних $g_{\bar{j}} \in X_1, j = \overline{1, J}, s = \overline{1, S}$

$$\text{існує } g_j \in Y_1 \text{ таке, що } g_j = \sum_{s=1}^S g_{\bar{j}s}.$$

Доведення. Доведення існування є очевидним, враховуючи той факт, що $g_{\bar{j}s}$ та g_j є мірами (об'ємами) відповідних множин бюджетів. Доведення рівності проведемо методом математичної індукції по j .

Доведемо твердження при $k=1$. Дійсно, для будь-якого $g_{1s} \in X_1$ існує

$$g_1 \in Y_1 \text{ такий, що } g_1 = \sum_{s=1}^S g_{1s}. \text{ Доведемо твердження для } k+1 \text{ враховуючи, що воно виконується для } k. \text{ Необхідно показати, що}$$

$$\text{для будь-якого } g_{k+1,s} \in X_1, k = \overline{1, J} \text{ існує } g_{k+1} \in Y_1 \text{ таке, що } g_{k+1} = \sum_{s=1}^S g_{k+1,s}.$$

Отримуємо $g_{k+1} = \sum_{s=1}^S g_k + \sum_{s=1}^S g_{1s}, k = \overline{1, J}$. Отже, рівність $g_j = \sum_{s=1}^S g_{js}$ є вірною для довільного j , теорема доведена.

Аналогічно стверджуються та доводяться теореми для логіко-формальних моделей першого рівня (4)-(10).

Логічні зв'язки між вихідними показниками доходів першого і другого рівнів сформулюємо у вигляді теореми 2.

Теорема 2. Нехай Y_1, X_2, Y_2 - множини простору R відповідно вихідних змінних першого рівня, вхідних змінних другого рівня, вихідних змінних другого рівня такі, що $Y_1 \subset X_2$. Задане відображення $f_2 : X_2 \rightarrow Y_2$. Тоді для деяких $g_j \in Y_1, j = \overline{1, J}$ та $g_d \in X_2 \setminus Y_1$ існує $g_b \in Y_2$, причому має місце рівність $g_b = \sum_{j=1}^J g_j + g_d$.

Доведення. Будемо міркувати від супротивного. Нехай для деяких $g_j \in Y_1, j = \overline{1, J}$

та деякого $g_d \in X_2 \setminus Y_1$ існує $g_b \notin Y_2$ таке, що $g_b = \sum_{j=1}^J g_j + g_d$. Враховуючи, що $Y_1 \subset X_2$,

маємо $g_j \in X_2, j = \overline{1, J}$. Згідно з умовами теореми існує відобра-

ження $f_2^{-1}(Y_2) := \{x_2 : f_2(x_2) \in Y_2\}$ для довільних $x_2 \in X_2$.

Тоді згідно з припущенням $g_j \notin X_2, j = \overline{1, J}$ та

$g_d \notin X_2$. Одержали суперечність, бо $g_j \in X_2, j = \overline{1, J}$ та

Теорема доведена.

Аналогічно стверджуються та доводяться теореми для логіко-формальних моделей другого рівня (14)-(21).

Проведені міркування обґрунтовують взаємозв'язки між показниками фінансування виробничої програми різних рівнів. Отримані логіко-формальні моделі є інструментарієм СППР управління бюджетуванням.

Висновки. Наукова новизна цієї роботи полягає в розробці логіко-формальної моделі системи бюджетування на всіх трьох рівнях управління, які є складовою частиною інформаційних технологій. Представлені і доведені теореми, що обґрунтовують отримані моделі. Практична значимість полягає в тому, що встановлені взаємозв'язки

дозволяють упорядкувати логічну організацію інформації про об'єкт в базі даних і базі знань.

1. *Fabozzi F.J., Markowitz H.M.* The Theory and Practice of Investment Management: Asset Allocation, Valuation, Portfolio Construction, and Strategies. Wiley, 2011. P. 725; 2. *Hilbe J.M., Robinson A.P.* Methods of Statistical Model Estimation. CRC Press, 2013. P. 245; 3. *Peterson S.P.* Investment Theory and Risk Management. Wiley, 2012. P. 463; 4. *Гудвін Г.К., Гребе С.Ф., Сальгадо М.Є.* Проектирование систем управления. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. 911 с.; 5. *Калініна О. Н.* Застосування математичного моделювання до процесу формування бюджету підприємства. Вчені записки: Науковий журнал. Харків: ХІУ, 2005. Вип. № 14. С. 68-76; 6. *Згуровський М. З., Панкратова Н. Д.* Основи системного аналізу. К.: Видавнича група BHV, 2000. 543 с.; 7. *Терещук І.В.* Задачі бюджетування в управлінні фінансовою діяльністю підприємства. Системний аналіз, управління та інформаційні технології. Харків: НТУ «ХПІ», 2013. №2 (976). С. 149–158.; 8. *Tereshchuk I. V.* Formalization of the budgetary structure of the enterprise in the planning system. Інформаційні управляючі системи та комп'ютерний моніторинг (ІУС КМ – 2013): матеріали IV Всеукраїнської науково-технічної конференції. Донецьк: ДонНТУ, 2013. №1. С. 160–163.; 9. *Yiannis N. Moschovakis* Descriptive Set Theory. American Mathematical Society, 2009. P. 516. 10. *Скобелев В. Г.* Локальні алгоритми на графах. Донецьк: ІПММ НАН України, 2003. 217 с.

1. *Fabozzi F.J., Markowitz H.M.* The Theory and Practice of Investment Management: Asset Allocation, Valuation, Portfolio Construction, and Strategies. Wiley, 2011. P. 725; 2. *Hilbe J.M., Robinson A.P.* Methods of Statistical Model Estimation. CRC Press, 2013. P. 245; 3. *Peterson S.P.* Investment Theory and Risk Management. Wiley, 2012. P. 463; 4. *Gudvin G.K., Grebe S.F., Salgado M.Ye.* Proektirovanie sistem upravleniya. M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2004. 911 s.; 5. *Kalinina O. N.* Zastosuvannya matematichnogo modelyuvannya do procesu formuvannya byudzhetu pidpriyemstva. Vcheni zapiski: Naukovij zhurnal. Harkiv: HIU, 2005. Vip. № 14. S. 68-76; 6. *Zgurovskij M. Z., Pankratova N. D.* Osnovi sistemnogo analizu. K.: Vidavnicha grupa BHV, 2000. 543 s.; 7. *Tereshchuk I.V.* Zadachi byudzhetuвання v upravlinni finansovoyu diyalnistyu pidpriyemstva. Sistemnij analiz, upravlinnya ta informacijni tehnologiyi. Harkiv: NTU «HPI», 2013. №2 (976). S. 149–158.; 8. *Tereshchuk I. V.* Formalization of the budgetary structure of the enterprise in the planning system. Info-rmacijni upravlyayuchi sistemi ta komp'yuternij monitoring (IUS KM – 2013): materiali IV Vseukrayinskoyi naukovu-tehnichnoyi konferenciyi. Doneck: DonNTU, 2013. №1. S. 160–163.; 9. *Yiannis N. Moschovakis* Descriptive Set Theory. American Mathematical Society, 2009. P. 516. 10. *Skobelev V. G.* Lokalni algoritmi na grafah. Doneck: IPMM NAN Ukrayini, 2003. 217 s.