

Ю. Дороніна. Підвищення ефективності функціонування автоматизованих інформаційних систем на основі планування процедур їх удосконалення / Ю. Дороніна, В. Копп // Вісник ТНТУ. — 2013. — Том 72. — № 4. — С.237-244. — (приладобудування та інформаційно-вимірювальні технології).

УДК 004.32.2+004.04

Ю. Дороніна, канд. техн. наук; В. Копп, докт. техн. наук

Севастопольський національний технічний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ПЛАНУВАННЯ ПРОЦЕДУР ЇХ УДОСКОНАЛЕННЯ

***Резюме.** Розглянуто принципи підвищення ефективності функціонування автоматизованих інформаційних систем на основі аналізу часу початку їх реінжинірингу, а також планування процедур удосконалення в цілому. Побудовано комплекс марковських і напівмарковських моделей для визначення показників надійності й продуктивності укрупнених кластерів автоматизованих інформаційних систем.*

***Ключові слова:** інформаційна система, реінжиніринг, удосконалення, побудова систем.*

J. Doronina, V. Kopp

RAISING OF THE FUNCTIONING EFFICIENCY OF THE AUTOMATED INFORMATION SYSTEMS BY PLANNING THE PROCEDURE OF THEIR IMPROVEMENT

***Summary.** Both, the principles of raising the efficiency of automated information systems functioning by analyzing the starting time of their re-engineering and improvement planning procedures in general are taken into consideration. The complex of the Markov and semi-Markov models to determine the reliability and productivity indices of enlarged clusters of automated information systems is built.*

To choose the depth (level) of penetration of reengineering procedures the quantitative and qualitative estimation is used. The depth of reengineering penetration is defined by the penetration coefficient correlated with the possible automation level of a certain system element in particular or the whole system in general.

To determine the re-engineering starting time for the AIMS two approaches are used. The first one determines the best reengineering starting time by estimating the expenses increase on the system service. The second approach determines the average cycle time of the system on the basis of the semi-Markov model construction.

The paper contains the numerical simulation of the distribution functions mean cycle time of dataset service for the Erlang distribution under the conditions defined mathematical expectation and variance for the time between failures, processing unit recovery time, set collection and dataset processing time

Results obtained in our work limit the efficiency level of AIMS subsystems. For the systems with clear structural differentiation the estimation of the minimal acceptable level of the system performance indicator for each structural unit is done. As a result, the constraints ensemble was obtained.

Thus, the obtained expressions for the structural components of AIMS can be used as limits of the effectiveness of these subsystems, when making decision on the whole system re-engineering.

The novelty of this approach realization is the accounting of investments at the stage of the system functioning after the beginning of moral obsolescence and correlation of these expenses with the efficiency of the system ongoing improvement by estimation changes in the mean time of the system cycles. The total amount of efforts (financial, intellectual, creative) on continuous improvement determines the particular starting time and penetration depth of re-engineering procedures, which make possible to save due to the same factors providing the revolutionary change of the system modernization.

***Key words:** information system, reengineering, perfection of the system, construction of the systems.*

Постановка проблеми. Сучасний етап інформатизації в більшості галузей характеризується зсувом цілей з області проектування й створення систем в область дослідження можливостей їхнього вдосконалення й розвитку. Комплекси функціонуючих інформаційних систем мають потребу в підтримці актуального стану при неминучому моральному старінні як окремих підсистем зокрема, так і систем у цілому.

Для систем, що функціонують неперервно з циклічними процедурами аналізу, не існує чітких методів удосконалення, незважаючи на те, що такі системи пов'язані, в тому числі, з проблемами безпеки життєдіяльності (метеорологічний, екологічний

моніторинг тощо) [1].

Аналіз останніх досліджень. Існують два основних підходи до вдосконалення систем різних класів: еволюційний, заснований на постійному вдосконалюванні, й революційний, заснований на процедурах реінжинірингу [2, 3]. Ці підходи до вдосконалення великих систем не мають тісного зв'язку і не стосуються конкретних класів систем, тому відсутня системологічна база в питаннях удосконалення й розвитку систем.

Мета роботи є підвищення ефективності методів удосконалення АІМС на основі планування часу початку процедур і об'єму матеріальних вкладень, а також рівня (глибини) проникнення вдосконалення шляхом створення ітераційно-ієрархічної структури побудови і моделей стохастичного аналізу таких систем.

Постановка завдання. Актуально провести дослідження, направлені на створення методу вдосконалення автоматизованих інформаційних моніторингових систем (АІМС) на основі планування часу початку процедур і об'єму матеріальних витрат, а також рівня (глибини) проникнення вдосконалення.

Основні ідеї методу вдосконалення АІМС. На рис. 1 наведена загальна схема побудови і вдосконалення АІМС з функцією ухвалення рішення за рівнем проникнення реінжинірингової процедури. Схема побудови АІМС з метою подальшої реалізації реінжинірингових процедур має ітеративну структуру з наявністю множини точок входу по етапах проектування і побудови системи.

Для вибору глибини (рівня) проникнення процедур реінжинірингу використовуються як кількісні, так і якісні оцінювання. Важливим чинником, що визначає глибину проникнення реінжинірингу, є коефіцієнт проникнення (r), який пов'язаний з можливим рівнем автоматизації елемента системи зокрема або системи в цілому.



Рисунок 1. Загальна схема побудови й удосконалення АІС

Figure 1. General chart of construction and improvement of AIS

Для визначення часу початку реінжинірингу для АІМС використовуються два підходи. У першому оптимальний час початку реінжинірингу визначається, виходячи з оцінювання зростання витрат на експлуатацію системи. У другому підході визначається середній час циклу системи на основі побудови напівмарковської моделі.

Розглянемо побудову напівмарковських моделей (НММ) для реалізації другого підходу.

Підсистема автоматичного збору даних функціонує таким чином: дані збираються за допомогою опитування датчиків, далі проводиться попереднє опрацювання зібраних даних. Оскільки час передавання порції даних строго фіксований (відбувається в задані

проміжки часу), то для спрощення побудови моделі приймемо, що передавання даних, обслужених на попередньому етапі до подальшого, відбувається відразу за наявності вільного подальшого пристрою. Будуватимемо модель у наступних припущеннях: у разі відмови пристроїв опрацювання даних їх обслуговування припиняється, а після відновлення працездатності пристрою опрацювання обслуговування продовжується з урахуванням часу перерваного обслуговування. Під пристроєм опрацювання, в загальному випадку, маємо на увазі комп'ютерну обчислювальну систему.

Час збирання даних на деякому технологічному пристрої (пристрої попереднього опрацювання (ППО)) – випадкова величина (ВВ) α_1 з функцією розподілу (ФР) $F_1(t) = P\{\alpha_1 \leq t\}$. Час опрацювання групи даних – ВВ α_2 з ФР $F_2(t) = P\{\alpha_2 \leq t\}$, час відновлення – ВВ β_3 з ФР $G_3(t) = P\{\beta_3 \leq t\}$. Час безвідмовної роботи пристрою попереднього опрацювання даних (α_3 з ФР $F_3(t) = P\{\alpha_3 \leq t\}$) пов'язаний з можливістю його функціонування без технічних, програмних збоїв, помилок адміністрування, впливу шкідливого програмного забезпечення, помилок оператора тощо. ВВ $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \beta_3$ вважаємо незалежними, такими, що мають кінцеві математичні очікування і дисперсії; у ФР $F_1(t), F_2(t), F_3(t), G_3(t)$ існує щільність $f_1(t), f_2(t), f_3(t), g_3(t)$. При відмові пристрою попереднього опрацювання даних, власне опрацювання припиняється, після відновлення працездатності відповідного пристрою обслуговування даних продовжується з урахуванням часу перерваного обслуговування [4].

Необхідно визначити ФР $F_\theta(t)$ ВВ θ , яка є часом циклу обслуговування (збору і попереднього опрацювання) групи даних з урахуванням відмов ППО. Можливістю відмов пристрою збору даних в даній моделі нехтуємо.

Для опису функціонування системи використовуємо процес марковського відновлення (ПМВ) $\{\xi_n, \theta_n; n \geq 0\}$ і відповідний йому напівмарківський процес (НМП) $\xi(t)$ зі станами: 1x – пристрій збору даних функціонує, готуючи дані до опрацювання; 20x – пристрій попереднього опрацювання працездатний, почалося обслуговування чергової групи даних; повний час, що залишився ППО, рівний $x \geq 0$; 21x – стан (миттєвий), відповідає моменту закінчення попереднього опрацювання групи даних; повний час, що залишився ППО, рівний $x \geq 0$; 30y – відбулося відновлення працездатності ППО і продовжується перерване обслуговування (опрацювання) даних; час, що залишився до закінчення перерваного опрацювання, рівний $y \geq 0$; 31y – відбулася відмова ППО, опрацювання перервана; час, що залишився до закінчення перерваного опрацювання, рівний $y \geq 0$. Граф переходів розглянутої підсистеми наведено на рис. 2.

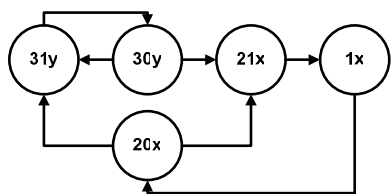


Рисунок 2. Граф станів підсистеми збору даних

Figure 2. State graph of the data acquisition subsystems

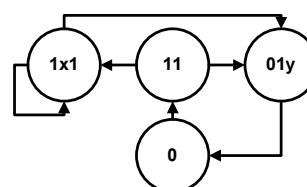


Рисунок 3. Граф станів підсистеми опрацювання даних

Figure 3. State graph of the data processing subsystems

Визначаючи напівмарковське ядро $Q(t,x,B)$ НМВ $\{\xi_n, \theta_n, n \geq 0\}$ у диференціальній формі, і аналізуючи час перебування НМП $\xi(t)$ у підмножині станів E_+ , знайдемо розподіл часу перебування НМП $\xi(t)$ у підмножині станів E_+ . Нехай $\tau_{20x}, \tau_{30y}, \tau_{31y}, \tau_{1\delta}$ – часи перебування $\xi(t)$ у E_+ з початковим станом $20x, 30y, 31y, 1$ відповідно, $\Phi_{20\delta}(x,t), \Phi_{30y}(y,t), \Phi_{31y}(y,t), \Phi_{1\delta}(x,t)$ – їх функції розподілу. Запишемо систему рівнянь марковського відновлення для функцій $\bar{\Phi}_i(x,t) = 1 - \Phi_i(x,t), i = \bar{1}, \bar{4}$, з урахуванням того, що $\bar{\Phi}_{30y}(x,t) = 1, \bar{\Phi}_{31y}(x,t) = 1, \bar{\Phi}_{20\delta}(x,t) = \bar{F}_2(t), \bar{\Phi}_{1\delta}(x,t) = \bar{F}_1(t) * \bar{F}_2(t)$, при $0 \leq t < x$ і де $\bar{F}_1(t) * \bar{F}_2(t) = 1 - \int_0^t F_1(x) f_2(t-x) dx$.

$$\bar{\Phi}_{20x}(x,t) = \int_0^{t-x} f_2(x+y) \bar{\Phi}_{31x}(y,t-x) dy + \bar{F}_2(t), \quad t \geq x,$$

$$\bar{\Phi}_{30y}(x,t) = \int_0^x f_3(x-s) \bar{\Phi}_{31y}(s,t-x+s) ds, \quad t \geq x,$$

$$\bar{\Phi}_{31y}(x,t) = \int_0^{t-x} g_3(t-x-\tau) \bar{\Phi}_{30y}(x,x+\tau) d\tau + \bar{G}_3(t-x), \quad t \geq x,$$

$$\bar{\Phi}_{1x}(x,t) = \int_0^{t-x} f_1(t-x-\tau) \bar{\Phi}_{20x}(x,x+\tau) d\tau + (1 - \int_0^t F_1(x) f_2(t-x) dx), \quad t \geq x.$$

Розв'язок цієї системи має вигляд

$$\bar{\Phi}_{1\delta}(x,t) = F_1(t-x) \int_x^t f_2(s) \bar{G}_3(t-s) ds + \bar{F}_2(t) F_1(t-x) + (1 - \int_0^t F_1(x) f_2(t-x) dx)$$

$$+ F_1(t-x) \int_0^{t-x} f_2(x+y) \sum_{n=1}^{\infty} F_3^{*(n)}(y) [G_3^{*(n)}(t-x) - G_3^{*(n+1)}(t-x)] dy, \quad t \geq x,$$

$$\bar{\Phi}_{20\delta}(x,t) = \int_0^{t-x} f_2(x+y) \bar{G}_3(t-x) dy + \bar{F}_2(t) +$$

$$+ \sum_{n=1}^{\infty} \int_0^{t-x} f_2(x+y) F_3^{*(n)}(y) [G_3^{*(n)}(t-x-y) - G_3^{*(n+1)}(t-x-y)] dy, \quad t \geq x,$$

$$\bar{\Phi}_{30y}(x,t) = F_3(x) \bar{G}_3(t-x) + \sum_{n=1}^{\infty} F_3^{*(n+1)}(x) [G_3^{*(n)}(t-x) - G_3^{*(n+1)}(t-x)], \quad t \geq x,$$

$$\bar{\Phi}_{31y}(x,t) = \bar{G}_3(t-x) + \sum_{n=1}^{\infty} F_3^{*(n)}(x) [G_3^{*(n)}(t-x) - G_3^{*(n+1)}(t-x)], \quad t \geq x.$$

Отримана формула визначає ФР $\bar{O}_1(x,t)$ часу циклу обслуговування ППО набору даних, яка залежить від початкового стану $20x$, що містить неперервну компоненту x . Для того, щоб отримати ФР $F_\theta(t)$ вв θ – часу циклу обслуговування даних на етапі збирання незалежно від початкового стану, проведемо операцію усереднювання за формулою

$$\overline{F}_\theta(t) = \frac{\int_{E_-} \rho(dx) \int_{E_+} \overline{F}_y(t) P(x, dy)}{\int_{E_-} P(x, E_+) \rho(dx)}, \quad (3)$$

де $\rho(dx)$ – стаціонарний розподіл вкладеного ланцюга Маркова (ВЛМ) $\{\xi_n, n \geq 0\}$, $P(x, dy)$ – вірогідність переходів ВЛМ, $F_y(t)$ – ФР часу перебування в змозі y .

Щоб скористатися формулою (3), необхідно знати стаціонарний розподіл ВЛМ $\{\xi_n, n \geq 0\}$. З цієї метою опишемо ймовірність переходів ВЛМ:

$$p_{20x}^{21y} = f_2(x - y), 0 < y < x, \quad p_{20x}^{31y} = f_2(x + y), y > 0, \quad p_{1}^{20x} = 1,$$

$$p_{20x}^{21y} = f_2(x - y), 0 < y < x, \quad p_{30x}^{21y} = f_3(x + y), y > 0, \quad p_{21x}^1 = f_2(t), \quad p_{31x}^{30x} = 1.$$

Позначимо через $\rho_1(x), \rho_{20}(x), \rho_{21}(x), \rho_{30}(x), \rho_{31}(x)$ щільність стаціонарного розподілу для станів $1x, 20x, 21x, 30x, 31x$ відповідно. Система інтегральних рівнянь для щільності стаціонарних розподілів матиме вигляд

$$\begin{cases} \rho_{21}(x) = \int_x^\infty f_2(y - x) \rho_{20}(y) dy + \int_0^\infty f_3(x + y) \rho_{30}(y) dy, \\ \rho_{31}(x) = \int_x^\infty f_3(y - x) \rho_{30}(y) dy + \int_0^\infty f_2(x + y) \rho_{20}(y) dy, \\ \rho_1(x) = \rho_{20}(x) = \rho_{21}(x), \rho_{30}(x) = \rho_{31}(x), \\ \int_0^\infty (\rho_1(x) + \rho_{20}(x) + \rho_{21}(x) + \rho_{30}(x) + \rho_{31}(x)) dx = 1. \end{cases}$$

Відомо, що розв'язок цієї системи визначається формулами [5]. $\rho_{20}(x) = \rho_{21}(x) = \rho_1(x) = \rho_0 \overline{F}_3(x)$, $\rho_{30}(x) = \rho_{31}(x) = \rho_0 \overline{F}_2(x)$, де константа ρ_0 знаходиться в явному вигляді з умови нормування. Остаточно вираз для функції $\overline{F}_\theta(t) = 1 - F_\theta(t)$

$$\overline{F}_\theta(t) = \frac{1}{M\alpha_2} \left(\overline{F}_2(t) \int_0^t \overline{F}_3(x) F_1(t - x) dx + \int_0^t \overline{F}_3(x) F_1(t - x) dx \int_x^t f_2(s) \overline{G}_3(t - s) ds + \right. \\ \left. + \int_0^\infty \overline{F}_3(z) \left[1 - \int_0^t F_1(x) f_2(t - x) dx \right] dz + \right. \\ \left. + \sum_{n=1}^\infty \int_0^t \overline{F}_3(x) F_1(t - x) dx \int_x^t f_2(s) F_3^{*(n)}(s - x) ds \int_s^t g_3^{*(n)}(y - s) \overline{G}_3(t - y) dy \right) \quad (4)$$

Чисельне моделювання виразу (4) наведено на рис. 4. Моделювання проводилося за умов, що математичне очікування часу напрацювання на відмову 4.1 год., дисперсія 8.4, математичне очікування часу відновлення пристрою опрацювання 0.44 год., дисперсія 0.064, математичне очікування часу збирання набору даних 0.35 год., дисперсія 0.04, математичне очікування опрацювання набору даних 0.34 год., дисперсія 0.038. Прийmemo, що $F_1(t), F_2(t), G_3(t)$ – розподілені згідно із законом Ерланга 3-го порядку, $F_3(t)$ – розподілена згідно із законом Ерланга 2-го порядку.

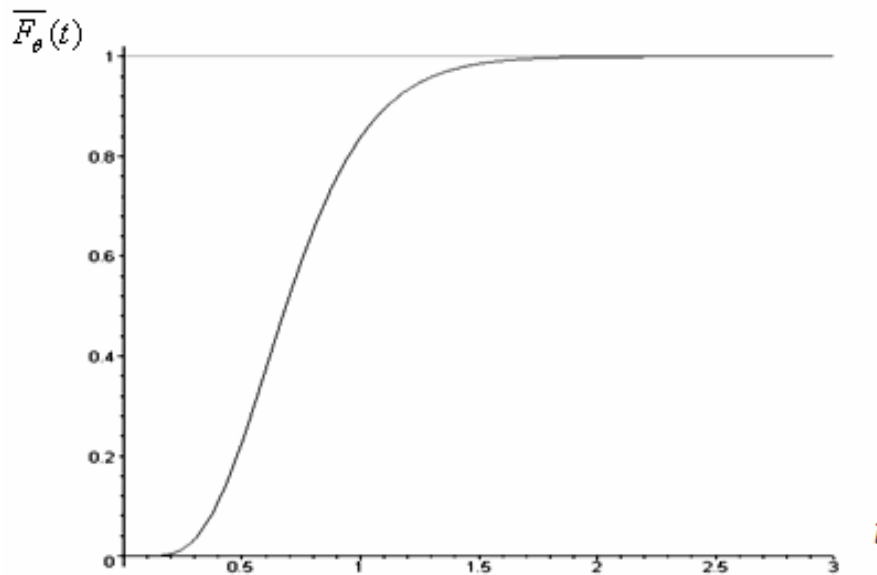


Рисунок 4. Чисельне моделювання ФР середнього часу циклу обслуговування набору даних для розподілу Ерланга

Figure 4. Numeral design of FD of mean time of cycle of maintenance of set information for the Erlangs distributing

Для підсистеми опрацювання даних, граф якої зображений на рис.3, отримано математичне очікування $M\theta$ функції розподілу часу циклу збирання і передавання набору даних, яке визначається виразом

$$M\theta = \int_0^{\infty} \bar{O}_{11}(t) dt = M\alpha_1 \left(1 + \int_0^{\infty} f_2(s) H_1(s) ds \right), \quad (5)$$

де $\bar{O}_{11}(t)$ – функція розподілу (ФР) часу перебування НМП $\xi(t)$ у працездатному стані; час опрацювання даних на деякому технологічному пристрої – ВВ α_1 з ФР $F_1(t)$; час збирання групи даних з пристрою передавання даних ВВ α_2 з ФР $F_2(t)$. ВВ α_1, α_2 вважаються незалежними, такими, що мають кінцеві математичні очікування і дисперсії; у ФР $F_1(t), F_2(t)$ існує щільність $f_1(t), f_2(t)$; $h_1(y) = \sum_{n=1}^{\infty} f_1^{*(n)}(y)$ – щільність функції відновлення $H_1(y)$ породжена ФР $F_1(y)$.

При визначенні ФР $F_{\theta}(t)$ СВ θ_1 – часу простою пристрою збирання інформації незалежно від початкового стану, проведена операція усереднювання за формулою (3).

Таким чином, $\bar{F}_{\theta}(t) = \int_0^{\infty} f_2(y) \bar{V}_1(y, t) dy$. Математичне очікування часу простою пристрою збирання інформації визначається виразом

$$M\theta_1 = \int_0^{\infty} \bar{F}_{\theta}(t) dt = M\alpha_1 \left(1 + \int_0^{\infty} f_2(y) H_1(y) dy \right) - M\alpha_2, \quad (6)$$

де $H_2(y)$ – функція відновлення [6].

Отримані вирази обмежують рівень ефективності підсистем АІМС. Виходячи з того, що в системах з чітким структурним диференціюванням доцільно оцінювати мінімальний допустимий рівень показника ефективності системи Ed^* для кожної структурної одиниці. Це призведе до ансамблю обмежень, вираженого безліччю

прямих на графіку (рис. 5). На першому відрізку $E(t) = const$, – це період, коли ефективність системи мало відхиляється (або слабо падає) від значення показника ефективності системи на момент закінчення розроблення. На відрізку $t \geq t_m$ показник ефективності спадає і визначається співвідношенням $Eh \cdot e^{-k(t-t_m)}$. Третій відрізок характеризує період реінжинірингу, який підвищує показник ефективності системи E_R у % відносно початкової ефективності системи (Eh), r – коефіцієнт ефективності реінжинірингу, обмежений можливим рівнем автоматизації системи.

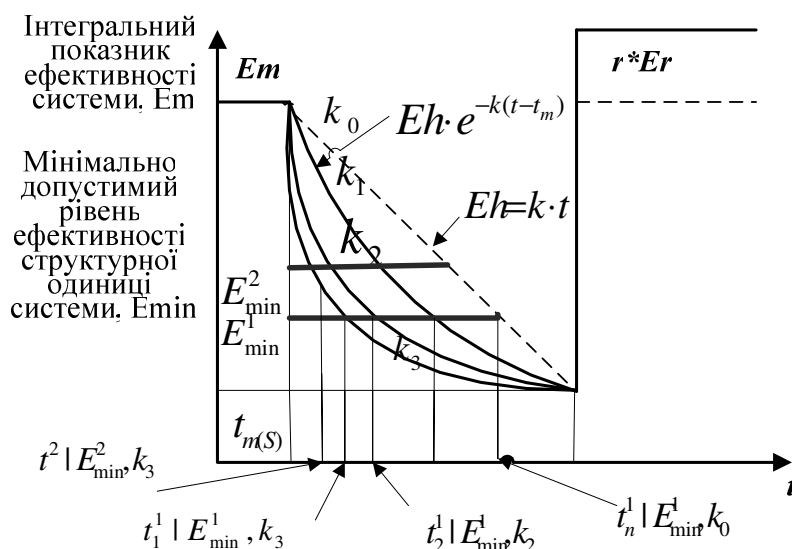


Рисунок 5. Схема реалізації моделі вдосконалення системи у випадку диференціювання мінімально допустимого рівня ефективності по структурних компонентах системи

Figure 5. Chart of realization of improvement model of the system in the case of differentiation minimum of possible level of efficiency according to the structural components of the system

Діапазони варіювання часів початку реінжинірингу мають місце вздовж осі t залежно від різних k : $(t^1 | E_{min}^1, k_3)$, $(t^2 | E_{min}^1, k_2)$, ..., $(t^n | E_{min}^1, k_0)$, де k – коефіцієнт вкладення засобів на еволюційний розвиток АІМС.

Таким чином, отримані вирази для структурних компонент АІМС можуть бути використані як граничні значення ефективності цих підсистем при ухваленні рішення про реінжиніринг системи в цілому.

Висновки. Представлено модель управління розвитком системи на основі реінжинірингу й постійного вдосконалення. Новизною реалізації даного підходу є облік вартісних вкладень на етапі функціонування системи після початку морального застарівання й співвідношення цих витрат з ефективністю постійного вдосконалення системи на основі оцінювання зміни середніх часів циклів системи.

Сумарний об'єм зусиль (фінансових, інтелектуальних, творчих) на постійне вдосконалення визначає, зокрема, час початку та глибину проникнення реінжинірингових процедур, що означає можливість економії на тих же чинниках при революційному стрибку модернізації системи.

Conclusions. A model of the system development control based on reengineering and regular improvement is presented. The novelty of this approach realization is the accounting of investments at the stage of the system functioning after the beginning of moral obsolescence and correlation of these expenses with efficiency of the system ongoing improvement on the basis of estimation of change of mean time of the system cycles.

The total volume of efforts (financial, intellectual, creative) on regular updating

determines the starting time and penetration depth of the reengineering procedures, which makes possible to save due to the above-mentioned factors at the revolutionary change of the system modernization.

Список використаної літератури

1. Александров, В.В. Развивающиеся системы в науке, технике, обществе и культуре. СПб. Ч. 1. Теория систем и системное моделирование [Текст] / В.В. Александров. – Изд-во СПбГТУ. – 2000. – 243 с.
2. Баринов, В.А. Реинжиниринг: сущность и методология [Электронный ресурс] / Элитариум. – Режим доступа: <http://www.ipnou.ru/article.php?idarticle=002369> / — 19.05.2006 г.
3. Хаммер, М. Не автоматизируйте – уничтожайте. Reengineering Work: Don't Automate, Obliterate [Электронный ресурс] / Корпоративный менеджмент. – Режим доступа: <http://www.cfin.ru/chuvakhin/bpr.shtml/>
4. Анализ модели функционирования системы сбора и обработки гидрометеорологических данных [Текст] / Ю.В. Доронина, В.Я. Копп, Ю.Е. Обжерин, А.И. Песчанский // Оптимизация производственных процессов: сб. науч. тр. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2011. – Вып. 13. – С. 30 – 35.
5. Королюк, В.С. Полумарковские процессы и их приложения [Текст] / В.С. Королюк, А.Ф. Турбин. – К.: Наук. думка, 1976. – 181 с.
6. Полумарковская модель информационной системы сбора и обработки данных с учетом блокировок устройств [Текст] / Ю.В. Доронина, В.Я. Копп, Ю.В. Обжерин, А.И. Песчанский, В.В. Скалозуб // Системные технологи: региональный межвузовский сборник научных работ. – Днепропетровск, 2011. – Вып. 3 (74). – С. 66 – 71.

Отримано 14.05.2013