

УДК 004.451.47 : 681.51 / .54

Є. Ю. Сахно, д.т.н., професор**І. В. Калінько**, викладач**ДОСЛІДЖЕННЯ ІНЕРЦІЙНОСТІ СИСТЕМИ
УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ**

Розроблена система передачі інформації при управлінні інвестиційним проектом. Досліджена залежність ефективного функціонування системи управління проектами від її інерційних параметрів. Розроблена математична модель для визначення стійкості системи.

Разработана система передачи информации в системе управления проектом. Исследована зависимость эффективного функционирования системы управления проектами от инерционных параметров ее элементов. Разработана структурная схема системы управления проектами. Разработана математическая модель для определения стойкости системы.

The system of information transfer in the system of project management is developed. Dependence of the effective functioning of the system of project management on the inertia parameters of its elements is explored. The flow diagram of the system of project management is developed. A mathematical model for determination of firmness of the system is developed.

Постановка проблеми. Відомо, що функціонування організаційно-технічної системи, що відбувається відповідно до плану, можна вважати станом рівноваги існування системи. Проте реалізація мети проекту зазвичай стикається з неоднозначністю при складанні плану (можуть бути декілька варіантів плану, кожний з яких веде до виконання мети, що стоїть перед системою). Завжди існують відхилення від плану, але якщо вони знаходяться в допустимих межах і передбачені або не передбачені, але не спричиняють помітного пониження ефективності, то їх можна вважати прийнятними, які, не виходячи з рамок допусти-

Економіка

мих відхилень, і знаходяться в одному із станів рівноваги існування або функціонування системи.

Будь-яка економічна система проектується і створюється стійкою, але не завжди вдається утримати її в стійкій області завдяки можливим помилкам при проектуванні, у плануванні, впливу зовнішнього середовища. У процесі роботи система може бути переорієнтована на новий режим функціонування і при цьому можуть виникнути несподівані і непередбачені ситуації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Політичну, економічну систему, соціальне співтовариство і систему підтримки інституційних етнічних зразків описуватимемо функцією $G(t)$ відповідно, зростання якої означає посилення інтегруючих суспільних сил, а спадання функції – ослаблення інтегруючих сил. Розвиток системи управління описується рівнянням:

$$\frac{dG}{dt} = G_G + G_E + G_K, \quad (1)$$

де G_G – ступінь реакції на відхилення; облік інерційності в розвитку;

G_E – зусилля людей для зміцнення системи управління;

G_K – підтримка системи.

Дослідження підходів до моделювання соціально-економічної динаміки показало, що опис еволюції соціально-економічних систем може бути коректно здійснений системами нелінійних диференціальних рівнянь. При цьому динаміка окремо взятого процесу системи також моделюється нелінійним диференціальним рівнянням або системою таких рівнянь. Система диференціальних рівнянь може бути утворена простими рівняннями, причому кількість видів подібних простих рівнянь невелика [1]. Тому складний опис динаміки системи можна розкласти на прості елементи, операторів (типових ланок). Можливість подібної структурної декомпозиції динамічних соціально-економічних систем дозволяє моделювати їх на базі сигнально-операторного підходу, що полягає в декомпозиції структури системи на безліч елементарних перетворювачів (операторів), кожний з яких виконує одну просту функцію η , і каналів зв'язку (сигналів) між ними (рис. 1).

Для опису зв'язків між операторами вводиться система адресації, яка заснована на привласненні кожному оператору

Економіка

унікального числового номера, однозначно ідентифікуючого його в моделі. Таким чином, кожний оператор характеризується своїм номером, ім'ям, параметрами і функцією перетворення. Номер оператора використовується для адресації сигналів при з'єднанні операторів між собою, ім'я описує смислове значення вихідного сигналу оператора, функція перетворення визначає алгоритм, за яким сигнали на вході перетворюються в сигнал на виході, а параметри формують множину $X(t)$, стан системи, що описує, у момент часу t , і впливають на алгоритм функції перетворення оператора.

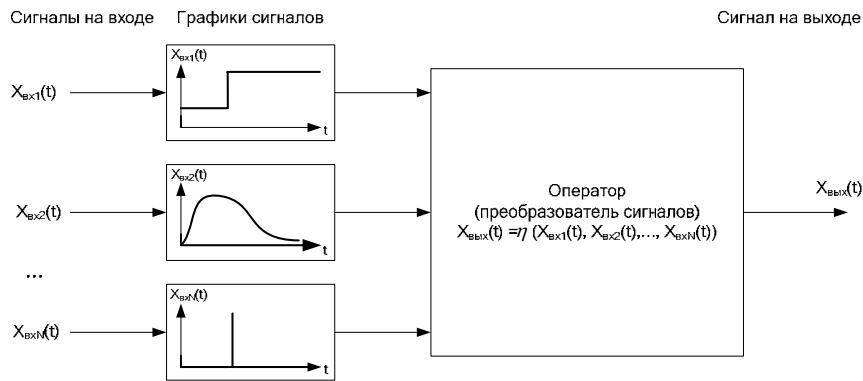


Рис. 1. Схема сигналів системи управління

Відзначимо, що у разі динамічних операторів, у яких реакція на обурення відбувається не одномоментно, а розтягнута в часі, найважливішою характеристикою є породжуваний ними перехідний процес. Перехідні процеси можна описати перехідними функціями виду:

$$X(t) = L^{-1} [X(p)] = \frac{1}{2\pi j} \int_{\alpha-jw}^{\alpha+jw} x(p)e^{pt} dp, \quad (2)$$

де p – комплексна величина при подачі на вхід оператора функції Хевісайда.

$$X_{ex}(t) = 1(t) = \begin{cases} 0, & t \leq 0; \\ 1, & t > 0 \end{cases} \quad (3)$$

Надзвичайно швидкі темпи вдосконалення систем автоматики різного призначення пред'являють жорсткі вимоги до гра-

Економіка

ничного скорочення термінів проектування. Так, згідно [2] універсальні ЕОМ, складні обчислювальні системи, що є, морально застарівають через 4-5 років. У той же час процес проектування і виготовлення ПЕОМ займає, як правило, 2-3 роки і більше. Тому є необхідність вивчення динаміки процесу проектування, на основі якого можуть бути вироблені рекомендації по скороченню термінів проектування; розглянемо детерміновану математичну модель процесу проектування складної системи автоматики (рис. 2).

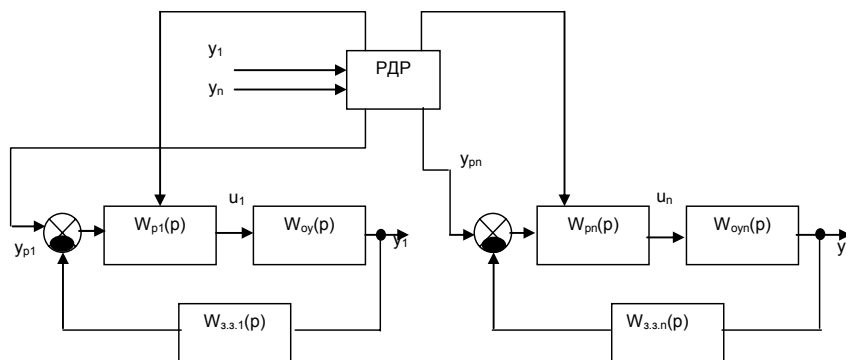


Рис. 2. Структурна схема системи управління проектом

Систему управління проектом (СУП) представляють як систему з ієрархічною структурою. Система складається з n підсистем, кожна з яких має у своєму розпорядженні свій об'єкт управління OY_1-OY_n , тобто колектив безпосередніх виконавців, і свій регулятор (першого рівня) p_1-p_n , тобто керівництвом підсистеми.

Управління всіма підсистемами здійснюється регулятором (керівництвом) другого рівня (РДР). Управляючі (вхідні) дії системи управління проектом y_1-y_n , тобто завдання, поступають в РДР, яке виробляє управляючі дії для керованих ним підсистем $u_{p1}-u_{pn}$ і змінює завдання регуляторів першого рівня на підставі інформації про управляючі дії n параметрів об'єктів управління підсистем так, щоб робота системи в цілому задовольнила критерій якості. У загальному випадку підсистеми можуть містити нестационарні і нелінійні ланки. Проте в першому наближенні

Економіка

можна представити підсистеми лінійними стаціонарними безперервними системами управління.

При цьому кількісною мірою інформації, отриманої по певному каналу служить зміна ентропії [3]:

$$I_m = H(A) - H(B), \quad (4)$$

де

$$H(A) = H(p_1, p_2, \dots, p_k) = - \sum_{i=1}^k p_i \log p_i,$$

$p_i, i = 1, \dots, k$ – вірогідність настання однієї з ситуацій;

A, B – стан ситуації.

Підвищення ефективності комунікативної системи може розглядатися як задача оптимізації: $I = F(I_1, I_2, \dots, I_n) \rightarrow \max$.

Максимізація може досягатися як за рахунок зміни структурних характеристик комунікативної системи, так і за рахунок застосування спеціальних заходів щодо витягання інформації (отримання додаткових знань) з існуючої конфігурації.

Мета даного дослідження. Для забезпечення стійкості системи управління проектом, а саме її можливості повертатися в початковий або близький йому сталий режим, який повертає систему в початковий стан, є команда управління проектом, яка здійснює корегуючі дії та реалізує свої функції, тому забезпечення найбільш ефективної реалізації функцій управління протягом життєвого циклу проекту є досить складним завданням. Тому метою роботи є визначення впливу показників інерційності системи управління проектами на її ефективність.

Основна частина. При розробці системи управління проектом необхідно враховувати, що будь-яка система управління не може працювати без інформації про стан керованого об'єкта і зовнішньої сфери та без передачі інформації про прийняті управляючі дії. Визначення необхідних обсягів інформації, що надходить до різних органів управління, оптимального розподілу потоків інформації в часі і просторі є необхідною умовою ефективного функціонування систем управління [7].

Система управління будь-якого рангу комплексно забезпечує рішення задач перспективного і поточного планування, оперативного управління, обліку і статистики. Інформація, необхідна для вирішення цих задач, також є єдиним комплексом,

Економіка

починаючи від початкових первинних даних і інформаційних масивів і закінчуючи вихідними результатами, що визначає відповідний підхід до проектування інформаційних систем. Деякі роботи по проекту можливо об'єднати у замкнену систему та забезпечити автоматичне регулювання цієї ланки, що дасть змогу оптимізувати та збільшити ефективність прийняття управлінських рішень.

Протягом життєвого циклу проекту йде формування документації по проекту та виконання відповідних розрахунків за допомогою програм. Найбільш автоматизованою частиною управління проектом є планування. На цьому етапі йде формування команди проекту, OBS та WBS структур, побудова матриці відповідальності, підготовка пакетів робіт, розробляється сітьове планування проекту, йде оптимізація даних, розробка календарного та генерального планів проекту, розробка документації по проекту та завдання на проектування. На всіх етапах життєвого циклу проекту є дуже важливим швидкість проходження інформації між етапами, швидкість надання інформації по проекту його учасникам, вчасне надання змін по проекту керівнику проекту та його реагування на зміни. Швидкість надання інформації визначає стійкість системи або інерційні характеристики етапів життєвого циклу проекту. Розглянемо роботи, які виконуються на етапі планування життєвого циклу проекту.

Таблиця 1

Календарний план виконання робіт по проекту

Код роботи	Робота	Інформаційні потоки	Тривалість, дні
1	2	3	4
1	Фундаментальні дослідження	Завдання	20
2	Науково-дослідні роботи прикладного характеру	Технічні характеристики дослідного зразка, моделі	30
3	Дослідно-конструкторські розробки	CAD/CAM/CAE, технічні характеристики, креслення, технічний процес	35
4	Розробка завдання на ТЕО та для бізнес-планування	Характеристики проекту, обмеження, припущення	10

Економіка

Продовження табл. 1

1	2	3	4
5	ТЕО	Розділи ТЕО	20
6	Бізнес-план	Розділи бізнес-плану	20
7	Переговори з інвестором	Інвестиційний договір	10
8	Формування OBS	Структура OBS	10
9	Формування WBS	Структура WBS	10
10	Матриця відповідальності	Матриця відповідальності	7
11	Календарний план проекту	Інформація по виконуваним роботам	7
12	Генеральний план проекту	Інформація по проекту в цілому	15

На основі таблиці 1 будуємо сітковий графік (рис. 3) та схему інформаційних потоків етапу планування (рис. 4) та визначаємо ділянку управління, для якої є можливість автоматизувати процес циркуляції інформації (рис. 5 а, б).

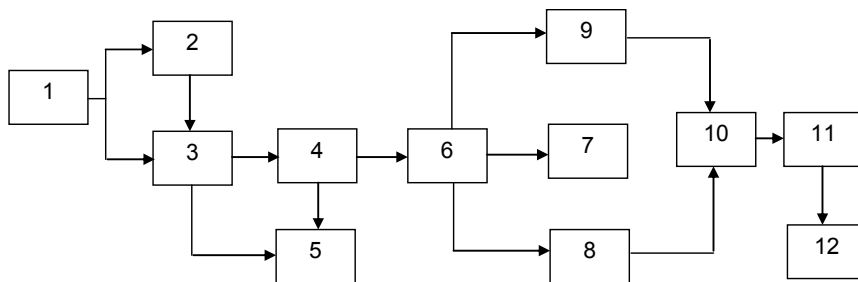


Рис. 3. Схема виконання робіт етапу планування

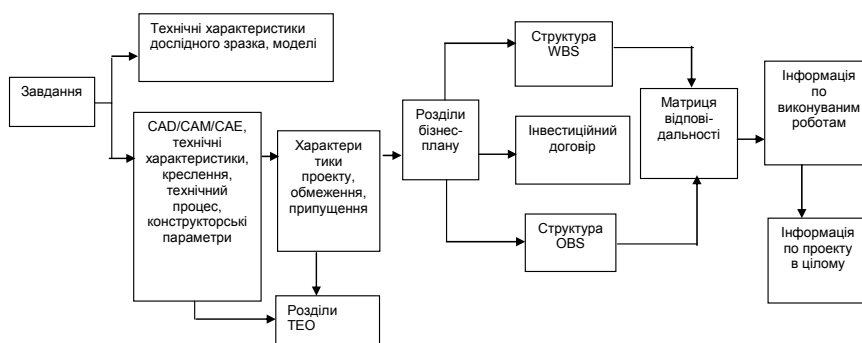


Рис. 4. Схема інформаційних потоків етапу планування

Економіка

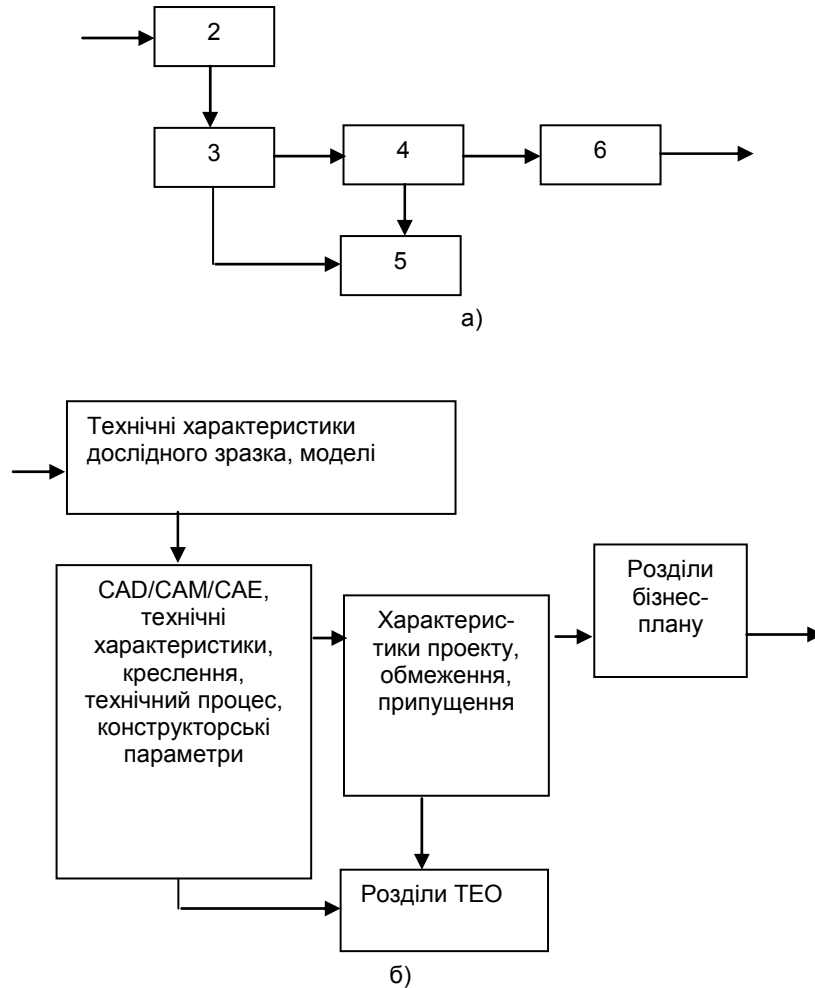


Рис. 5. Ділянка для автоматичного регулювання робіт етапу планування: а – схема виконання робіт; б – схема інформаційних потоків

Складемо схему автоматизованого управління інформаційними потоками ділянки регулювання робіт етапу планування (рис. 6).

Управляючі впливи системи управління проектом $y_1 - y_n$, тобто завдання подається на вхід системи. Вихідним сигналом такого впливу є величина y_p підсистеми що управляється, який далі подається на регулятор першого рівня (база даних проекту). Далі з бази даних управляючі впливи подаються на об'єкт управління, який являє собою програму для розрахунку пара-

Економіка

метрів ефективності системи. На виході системи регулювання похибка корегування від невчасно наданої інформації складається з вихідним сигналом системи управління проектом, що формує модуль вихідного сигналу. Отриманий сигнал через канал зворотнього зв'язку (порівняльний пристрій), який порівнює параметри ефективності системи з заданим діапазоном регулювання і з передатною функцією подається на вхід системи управління проектами. При цьому база даних системи формується інформацією, наданою з різних джерел: Excel, Access, Word, Internet тощо.

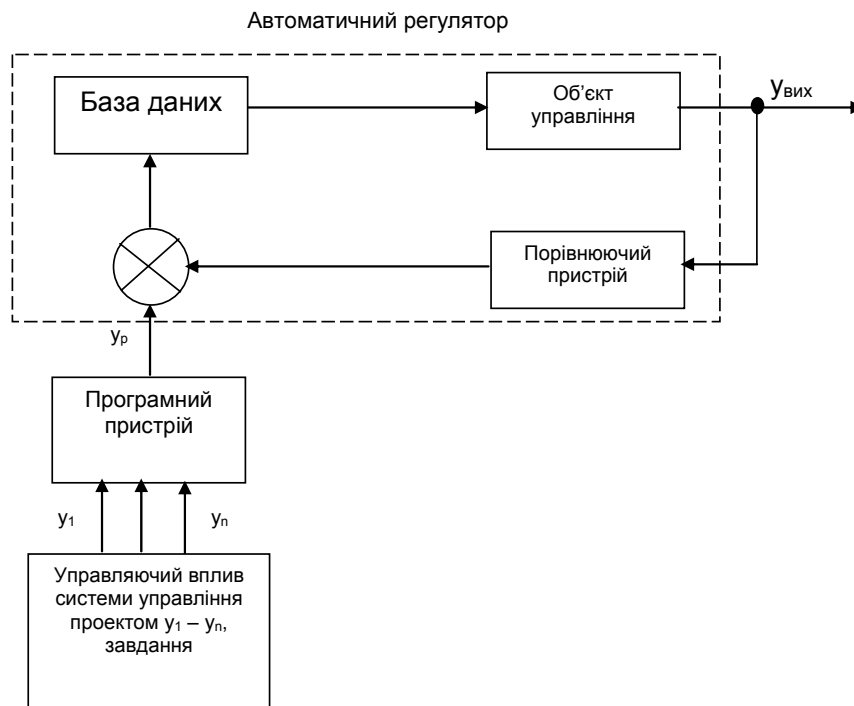


Рис. 6. Схема автоматизованого управління інформаційними потоками етапу планування

Замовник надає обмеження на показники ефективності, тому система веде розрахункові операції до того часу, поки ці показники не будуть отримані в межах обмеження.

За допомогою порівнюючого пристрою показники ефективності порівнюються із заданими, що надаються замовником.

Економіка

Якщо вони не відповідають замовленим, то за допомогою автоматизованої системи проект розраховується з самого початку, варіюючи вхідні дані.

У загальному випадку підсистеми можуть містити нестационарні і нелінійні ланки. Проте в першому наближенні можна представити підсистеми лінійними стаціонарними безперервними системами управління.

Подібний підхід дозволяє кожному блоку підсистеми поставити у відповідність деяку передавальну функцію [4].

На основі схеми автоматизованого управління інформаційними потоками етапу планування розроблено алгоритм роботи системи (рис. 7).

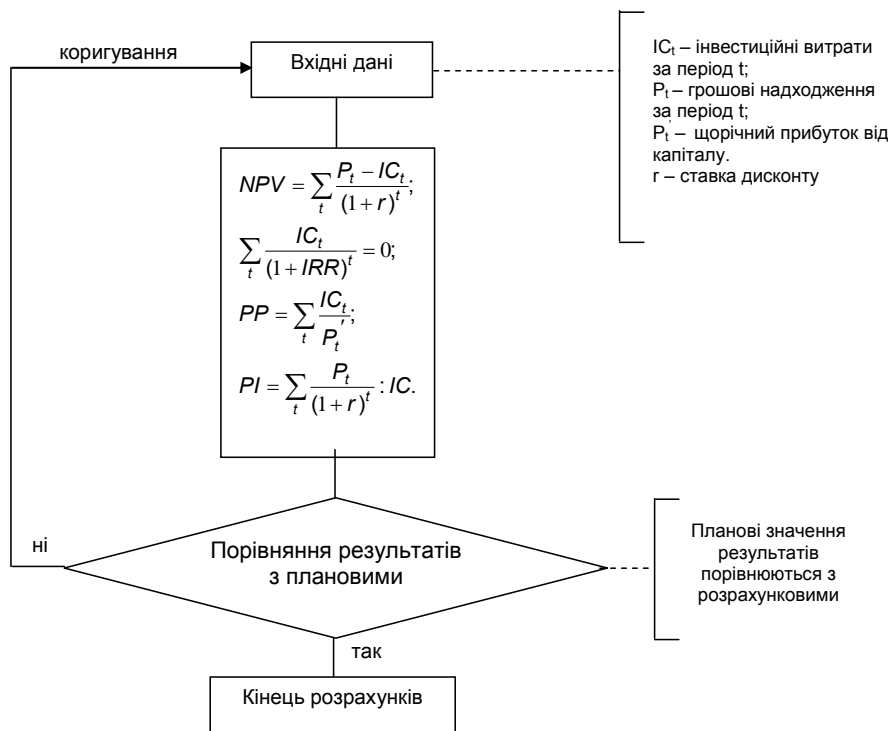


Рис. 7. Алгоритм роботи системи автоматизованого управління інформаційними потоками

Основними вхідними даними для розрахунку бізнес-плану проекту є строк реалізації продукції, обсяг збуту, ціна продукції, прями та змінні витрати, ставка дисконту. Вихідними розрахо-

ваними даними по проекту є показники ефективності проекту (чистий приведений прибуток (NPV), внутрішня норма прибутковості (IRR), термін окупності (PP), індекс рентабельності (PI)).

Отриманий сигнал $y_{вих}$ (рис. 6) після проходження через автоматизовану систему управління параметрів ефективності проекту надходить до проектної команди (рис. 8), яка виробляє управлінське рішення для виконання робіт [5].

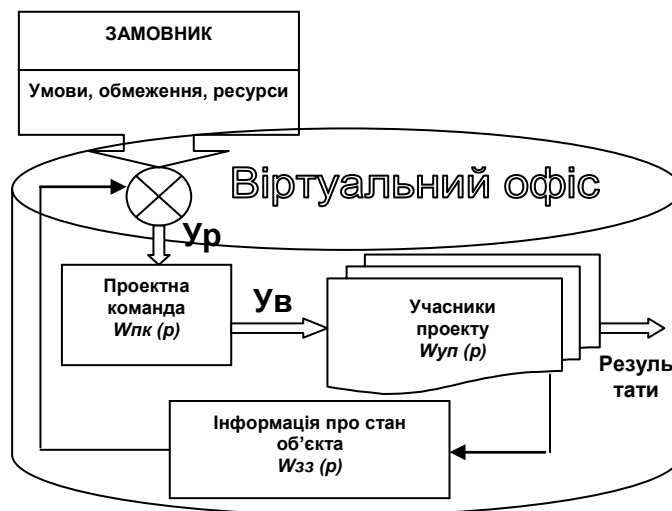


Рис. 8. Структурна схема системи управління проектом

Передавальну функцію керівництва підсистеми $Wp(p)$ представимо паралельним з'єднанням аперіодичної ланки першого порядку і безінерційної ланки. Якщо без інерційна ланка характеризує здатність керівництва до вироблення рішень, то аперіодична ланка відображає здатність до проведення аналізу протікання процесів реалізації проекту.

З урахуванням вищесказаного передавальні функції керівництва підсистеми $Wпк(p)$ і об'єкту управління $Wуп(p)$ запишемо у вигляді:

$$W_{пк}(p) = \frac{k_1}{Tp+1} + k_2; \quad W_{уп}(p) = \frac{1}{\frac{p}{k_3} + 1}, \quad (5)$$

Економіка

де k_1 та k_2 – коефіцієнти, що характеризують зусилля керівництва та визначаються чисельністю та досвідом керівного складу;

T – постійна часу, характеризує інерційність роботи керівництва;

k_3 – коефіцієнт, що характеризує зусилля виконавців та залежить від їх чисельності та досвіду.

Передавальну функцію зворотного зв'язку підсистеми можна представити у вигляді:

$$W_{3.3}(p) = 1 + k_{3.3}p. \quad (6)$$

Передавальна функція замкнутої підсистеми (рис. 8) буде мати вигляд:

$$W(p) = \frac{W_p(p)W_{Oy}(p)}{1 + W_{3.3}(p)W_p(p)W_{Oy}(p)}. \quad (7)$$

Після її перетворення отримаємо:

$$W(p) = \frac{k_1 + k_2(Tp + 1)}{p^2T\left(k_2k_{o.c.} + \frac{1}{k_3}\right) + p\left[(1 + k_2)T + (k_1 + k_2)k_{o.c.} + \frac{1}{k_3}\right] + (1 + k_1 + k_2)} \quad (8)$$

Аналізуючи передавальну функцію (8), використовуючи відомі методи теорії управління [6], можна оцінити динамічні характеристики процесу проектування. Оцінимо стійкість системи управління проектом за критерієм Гурвіца. Спочатку визначимо основну передавальну функцію замкненої системи:

$$\begin{aligned} \Phi(p) &= \frac{W(p)}{1 + W(p)} = \\ &= \frac{k_1 + k_2 + k_2Tp}{p^2T\left(k_2 \cdot k_{3.3} + \frac{1}{k_3}\right) + p\left[(1 + k_2)T + (k_1 + k_2)k_{3.3} + \frac{1}{k_3} + k_2T\right] + 1 + 2k_1 + 2k_2}. \end{aligned}$$

Характеризуючий поліном розімкненої системи отримаємо у вигляді:

$$D(p) = p^2T\left(k_2 \cdot k_{3.3} + \frac{1}{k_3}\right) + p\left[(1 + k_2)T + (k_1 + k_2)k_{3.3} + \frac{1}{k_3} + k_2T\right] + 1 + 2k_1 + 2k_2.$$

Коефіцієнти рівняння $D(p)$ мають вигляд:

Економіка

$$\begin{cases} a_0 = 0; & a_1 = T(k_2 \cdot k_{3.3} + \frac{1}{k_3}); \\ a_2 = (1 + k_2)T + (k_1 + k_2)k_{3.3} + \frac{1}{k_3} + k_2T; & a_3 = 1 + 2k_1 + 2k_2. \end{cases}$$

Необхідною умовою стійкості є $a_2 > 0$; $a_3 > 0$.

Після розрахунків за критерієм Гурвіца умова стійкості системи матиме вигляд:

$$T > -\frac{1}{k_3} \cdot \frac{1}{(1 + 2k_2)(k_2 \cdot k_{3.3} \cdot k_3 + 1)} - \frac{k_{3.3}(k_1 + k_2)}{1 + 2k_2}.$$

Рівень кваліфікації спеціалістів з управління проектами k_1 визначається за напрямками стандарту з питань визначення компетентності та сертифікації професійних керівників і фахівців з управління проектами (NCB) [6].

Із врахуванням цього можна використовувати значення коефіцієнту, що розраховується за формулою:

$$k_1 = \frac{Ч_A + Ч_B + Ч_C + Ч_D}{Ч_{3.у}}, \quad (9)$$

де $Ч_A, Ч_B, Ч_C, Ч_D$ – чисельність робітників, сертифікованих за рівнями відповідно A, B, C, D ; $Ч_{3.у}$ – загальна кількість управлінських робітників.

Зусилля керівництва k_2 можна визначати за часткою керівного складу в загальній кількості персоналу за відомою формулою:

$$k_2 = Ч_y / Ч, \quad (10)$$

де $Ч_y$ – середньоспискова чисельність адміністративно-управлінського персоналу проекту;

$Ч$ – середньоспискова чисельність виконавців даного проекту.

Зусилля виконавців (кваліфікація персоналу) k_3 можна визначати за результатами атестації працівників, що є інтегральною оцінкою їх кваліфікації.

Визначимо значення коефіцієнту інерційності для проекту Чернігівського лінійного управління магістральних газопроводів «Автоматизація компресора стиснутого повітря на Олишівській КС».

Початкові коефіцієнти для проекту $k_1=0,5$, $k_2=0,2$. Коефіцієнт k_3 визначаємо за шкалою (табл. 2).

Економіка

Таблиця 2

Шкала оцінки зусиль виконавців

1 рівень	2 рівень	3 рівень	4 рівень	5 рівень
0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1

1 рівень – робота нижче очікувань; 2 рівень – робота не завжди відповідає вимогам; 3 рівень – виконуються всі вимоги до роботи та іноді навіть більше; 4 рівень – робота тією чи іншою мірою перевищує всі очікування; 5 рівень – робота перевищує очікування.

Варіюючи коефіцієнти k_1 , k_2 , k_3 , $k_{3.3}$, визначимо інерційність системи. Коли $k_1=0,5$; $k_2=0,2$; $k_3=0,9$; $k_{3.3}=-1$, коефіцієнт інерційності буде дорівнювати $T>0,38$. Збільшимо коефіцієнти k_1 , k_2 на 10 %. Тоді $k_1=0,56$; $k_2=0,22$; $k_3=0,9$; $k_{3.3}=-1$, коефіцієнт інерційності буде дорівнювати $T>0,34$. При збільшенні коефіцієнтів, що характеризують зусилля керівництва k_1 та k_2 , значення коефіцієнта інерційності знижується, система починає працювати більш злагоджено, підвищується стійкість системи.

Збільшуючи коефіцієнт k_3 на 10%, $k_1=0,5$; $k_2=0,2$; $k_3=1$; $k_{3.3}=-1$, коефіцієнт інерційності матиме значення $T>0,29$. При збільшенні коефіцієнта, що характеризує зусилля виконавців значення коефіцієнта інерційності знижується.

Порівнюючи значення коефіцієнта інерційності, отриманого при підвищенні коефіцієнтів k_1 , k_2 та коефіцієнта k_3 , можна зробити висновок, що система займає найстійкіше положення при збільшенні коефіцієнта k_3 .

Зменшуючи коефіцієнт $k_{3.3}$, $k_1=0,5$, $k_2=0,2$, $k_3=0,9$, $k_{3.3}=-0,8$, коефіцієнт інерційності дорівнює $T>0,46$.

Зменшимо коефіцієнти k_2 , k_3 , $k_{3.3}$ і збільшимо коефіцієнт k_1 , $k_1=0,56$, $k_2=0,18$, $k_3=0,8$, $k_{3.3}=-0,8$. Коефіцієнт інерційності дорівнює $T>0,6$.

Порівнюючи отримані значення коефіцієнтів інерційності системи для різних випадків варіювання коефіцієнтів k_1 , k_2 , k_3 , $k_{3.3}$, можна зробити висновок, що чим менший коефіцієнт інерційності T (чим ближче до нуля), тим краще стійкість системи, яка визначається комплексом параметрів, система працює більш злагоджено, швидко реагує на зовнішні впливи.

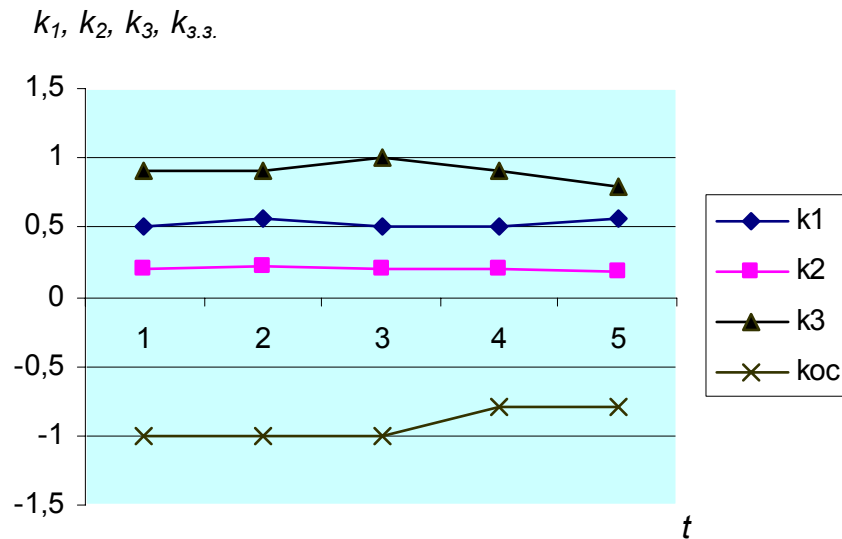
Економіка

Рис. 9. Залежність коефіцієнтів системи від часу здійснення проекту

Таким чином, є можливість розраховувати інерційність системи управління проектом для розробки рішень щодо підвищення ефективності роботи даної системи та забезпечення її стійкості.

Висновки. У результаті проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. Моделювання інформаційних систем управління проектами підкоряється основним законам динаміки технологічної системи.

2. Для моделювання інформаційних процесів управління проектами необхідно виділити окремий блок автоматичного регулювання процесу, який використовується для подальших досліджень.

3. Для спрощення математичних розрахунків рекомендується використовувати спрощені формули визначення характеристик динамічної системи управління проектом і визначення інерційності системи.

Література

1. Зотов В. А. Технология построения прогностических комплексов в экономике : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. экон. наук :

Економіка

спец. 08.00.13 „Математические и инструментальные методы экономики” / В. А. Зотов. – Москва, 2008. – 24 с.

2. Тищенко Н. М. Введение в проектирование сложных систем автоматики / Н. М. Тищенко. – М. : „Энергия”, 1976. – 304 с.

3. Цалов Г. В. Управление коммуникативной подсистемой предприятия в бизнес-окружении: инструментально-методический аспект : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. экон. наук : спец. 05.13.10 „Управление в социальных и экономических системах (экономические науки)” / Г. В. Цалов. – Ростов-на-Дону, 2008. – 25 с.

4. Попов Е. П. Автоматическое регулирование и управление / Е. П. Попов. – М. : Наука, 1966. – 388 с.

5. Сахно Є. Ю. Визначення інерційності системи управління проектами / Є. Ю. Сахно, І. С. Скітер, М. С. Дорош, І. В. Калінько // Вісник Черкаського державного технологічного університету : Зб. наук. праць. – Черкаси, 2008. – № 2. – С. 94-99.

6. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК) третье издание, 2004. – 388 с.

7. Лавинский Г. В. Построение и функционирование сложных систем управления: Учеб. пособие / Г. В. Лавинский. – К. : Выща шк. Головное изд-во, 1989. – 336 с.

8. Мазур И. И. Корпоративный менеджмент : Справочник для профессионалов / И. И. Мазур, В. Д. Шапиро, Н. Г. Ольдерогге и др. ; под общ. ред. И. И. Мазура. – М. : Высшая школа, 2003. – 1077 с.

Надійшла 11.02.2009