

Показано, що для деяких подій проектної діяльності повністю передбачити точний час настання яких, а отже, і запланувати його заздалегідь, неможливо, суттєвою складовою є їхня синхронізація-десинхронізація. План проекту повинен передбачати можливість самосинхронізації подій. Розроблено метод самосинхронізації, заснований на представленні проекту в якості динамічної системи, аттрактором якої є точка синхронізації на фазовому портреті

Ключові слова: управління проектом, синхронізація-десинхронізація подій, динамічна модель проектної діяльності, фазовий портрет

Показано, что для некоторых событий проектной деятельности, полностью предвидеть точное время наступления которых, а значит, и планировать его заранее, невозможно, существенной составляющей является их синхронизация-десинхронизация. План проекта должен предусматривать возможность самосинхронизации событий. Разработан метод самосинхронизации, основанный на представлении проекта как динамической системы, аттрактором которой является точка синхронизации на фазовом портрете

Ключевые слова: управление проектом, синхронизация-десинхронизация событий, динамическая модель проектной деятельности, фазовый портрет

УДК 65.012.3: 316.422

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.55665

АНАЛІЗ ДИНАМІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ

О. Л. Становський

Доктор технічних наук, професор*

E-mail: stanovsky@mail.ru

К. В. Колеснікова

Доктор технічних наук**

E-mail: amberk4@gmail.com

О. Ю. Лебедева*

E-mail: ozrti@rambler.ru

Ісмаїл Хеблов*

E-mail: heblov@gmail.com

*Кафедра нафтогазового та хімічного
машинобудування***

**Кафедра інформаційних технологій
проекування в машинобудуванні***

***Одеський національний
політехнічний університет

пр. Шевченка, 1, м. Одеса, Україна, 65044

1. Вступ

Управління проектами, програмами та різними видами робіт в рамках портфеля проектів здійснюється у відповідності з конкретними завданнями та цілями управління і вимагає відповідної координації на всіх стадіях його життєвого циклу [1, 2]. Коли мова йде про управління портфелем проектів, що складається з різноманітних програм і проектів, виникає необхідність у вирівнюванні попиту ресурсів (або їх дублюванні) [3]. Ця проблема завжди виникає, наприклад, в управлінні різними будівництвами, які входять до одного портфелю проектів, при використанні єдиного крана, залученні однієї бригади електромонтажників або використанні залізобетонних конструкцій одного виробника, тощо.

Очевидно, що таке дублювання неможливо реалізувати, якщо один і той же кран або ж одна бригада потрібні одночасно, або ж виробничі потужності підприємства не покривають потреб на виконання одночасно однієї і тієї ж роботи на різних ділянках проектів, яка збіглася за часом.

Звідси виникає проблема, яка постійно вимагає уваги з боку менеджера проекту: організувати роботу так, щоб виключити такий збіг за часом (тобто забезпечити десинхронізацію робіт). З іншого боку, можлива і зворотна вимога – про синхронізацію елементів проекту. Наприклад, при можливості скорегувати використання ресурсів і забезпечити одночасне

обслуговування двох сусідніх будівельних майданчиків одним краном.

Формалізація процесів синхронізації/десинхронізації в рамках інформаційного забезпечення управління проектами та програмами портфеля проектів і є головним завданням даної роботи.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Синхронізація – це погоджене в часі функціонування двох або декількох процесів або об'єктів. Зокрема, мова може йти про збіг або зближення змінних стану двох або декількох систем, або погоджена зміна деяких кількісних характеристик систем [4].

У системах, що складаються із декількох паралельно працюючих підсистем, іноді буває необхідно погодити (синхронізувати) роботу двох або більше об'єктів [5–7]. Для цього використовуються деякі поіменовані стани об'єктів (або, інакше, події в них), оскільки синхронізація по суті полягає в необхідності затримати (або прискорити) перехід одного з об'єктів, що синхронізуються, у стан «подія відбувається», поки інший об'єкт не прийде в деякий свій поіменованний стан. Як правило, за синхронізацію «відповідає» деякий параметр, єдиний для системи в цілому. Синхронізуючий вплив цього параметра може здійснюватися в кожному з об'єктів, що синхронізуються, або в деякому третьому об'єкті [8].

Подібні процеси можна спостерігати і при формуванні інформаційного забезпечення управління проектами та програмами, коли є нагальна потреба в синхронізації/десинхронізації певних множин видів робіт, які визначені на скінчених проміжках часу та мають обмеження на ресурси та витрати [9, 10].

Аналіз показує, що в багатьох випадках методи класичних теорій управління, системного аналізу, прийняття рішень, дослідження операцій і т. д. виявляються малоефективними для задач підтримки рішень менеджером проекту [11, 12]. Для забезпечення ефективності процесу складноструктурована модель проекту має відображати складні багатофакторні взаємозв'язки і взаємозалежності між елементами системи управління, які конкурують між собою за ресурси і організацію забезпечення, а також враховувати можливості оперативного усунення ризиків, поточних змін проекту та інших проблем [13–15].

Найвищою формою організації проектної діяльності є така, коли динамічна система «Управління проектами» сама синхронізує або десинхронізує внутрішні події, якщо виявляється, що зовнішнє турбулентне середовище «збиває» заплановане на початку реалізації проекту виконання цих умов [16–18].

3. Мета і завдання роботи

Метою роботи є підвищення ефективності процесів управління проектами за рахунок штучної планової синхронізації-десинхронізації або самосинхронізації подій в підсистемах проекту шляхом розробки та імплементації їхніх фазових динамічних моделей.

Для досягнення цієї мети в роботі були поставлені такі завдання:

- розробити засади побудови фазових моделей динамічних систем проектної діяльності на прикладі системи «фінансово-матеріальне забезпечення – поточні потреби в матеріалах»;
- розробити метод забезпечення самосинхронізації подій в підсистемах управління проектами, заснований на створенні при плануванні проектної діяльності таких умов, коли точка синхронізації на фазовому портреті динамічної системи проектної діяльності збігається із аттрактором цієї системи;
- виконати випробування реальних проектних дій, заснованих на системах сприяння синхронізації-десинхронізації важливих подій, та надати оцінку їх техніко-економічної доцільності.

4. Фазові моделі динамічної системи «фінансово-матеріальне забезпечення (ФМЗ) – поточні потреби в матеріалах (ППМ)»

Розглянемо в якості прикладу динамічного об'єкта, який потребує самосинхронізації, систему «ФМЗ – ППМ». Вибір цього об'єкта обґрунтовано тим, що:

- він природно розподіляється, щонайменше, на дві підсистеми: наявні ресурси і існуючі потреби;
- між підсистемами існує вельми тісний зв'язок – усі зрушення та події, які відбуваються в одній підсистемі, негайно відбиваються на іншій;

– існує явно виражена мета синхронізації подій у підсистемах – мета проекту.

Хай в нашому прикладі в кожній із підсистем фазовий простір одновимірний, а саме: підсистема «ФМЗ» характеризується її об'ємом T (грн), а підсистема «ППМ» – поданими заявками на виконання робіт P (люд-год). Розглянемо систему «ФМЗ – ППМ» як динамічну, тобто таку, у якій за будь-яким початковим станом $\mathbf{y}_0 \in \mathbf{R}^n$ подальша траекторія її руху $\mathbf{y}(\tau, \mathbf{y}_0)$ в n -мірному фазовому просторі \mathbf{y} при $\tau \in [0, +\infty)$ визначена однозначно [11].

Нехай фахівцями в предметній області (в даному випадку – в управлінні проектом) встановлено, що при управлінні проектом будівництва одночасне (з деяким допуском ϵ) і безвідносно до конкретного значення часу досягнення об'ємом ФМЗ значення $T=1000000$ грн і ППМ значення $P=10000$ люд-год забезпечує закінчення будівництва у встановлений термін та із заданою якістю. Тоді в системі «ФМЗ – ППМ» $n=2$, а вектор фазового стану $\mathbf{y}(\tau, \mathbf{y}_0)$ складається із двох компонентів: $T(\tau, T_0)$ і $P(\tau, P_0)$.

Починаючи з початкового стану, система в подальшому рухається до природного аттрактора: $T_k=0$ грн і $P_k=0$ люд-год (закінчення будівництва). На загальному фазовому портреті процесу (рис. 1) такий рух представляє собою деяке сімейство фазових траекторій (ФТ) від деякого початкового стану (зона ПС) до аттрактора – умов закінчення усіх робіт: $T_k=0$ грн і $P_k=0$ люд-год.

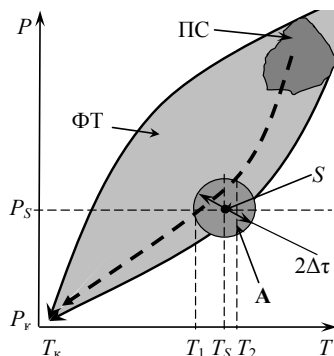


Рис. 1. Фазовий портрет життєвого циклу динамічної системи «ФМЗ – ППМ»

Нехай при плануванні, наприклад виконання бетонування фундаментів, встановлено, що одночасне досягнення $T_s=56000$ грн (подія S_1) і $P_s=100$ люд-год (подія S_2) забезпечує одержання необхідної площі заливки бетону з якісною поверхнею. Тоді, якщо на фазовому портреті позначити точку O із координатами T_s і P_s , проходження фазової траекторії крізь цю точку означає, що синхронізація подій відбулася. При цьому не має значення час такої синхронізації, – важливо тільки, що вона відбулася.

Для цього необхідно, щоб точка O входила до фазового портрету системи, або, маючи на увазі, що синхронізація відбувається з деякою точністю $\pm \Delta T_s$, необхідно, щоб виконувалося співвідношення $\{FT \cup A\} \neq \emptyset$, де A – область синхронізації, обмежена діаметром $2\Delta T_s$ (рис. 1).

Тут $2\Delta T_s$ – допустимі значення десинхронізації. Відповідно, синхронізація відбудеться, якщо ділянка

фазової траєкторії між $P(T_2)$ та $P(T_1)$ належить до перетину $\{\Phi T \cup A\}$, де T_1, T_2 – обсяг матеріально-технічного забезпечення, при яких фазова траєкторія перетинається з областю A .

Якщо ставиться задача синхронізації подій в підсистемах, будемо вважати ефективним таке планування ресурсів проекту, яке забезпечує потрапляння фазової траєкторії до області A , і навпаки – для десинхронізації.

Система управління (менеджер проекту) повинна визначити конкретну стартову точку області ПС та значення ресурсних характеристик параметрів управління (тривалість виконання робіт, ліміти на ресурси, послідовність виконання елементів проекту, тощо), що забезпечують рух системи від стартової точки крізь область A . Природно, що на всі перелічені змінні діють обмеження, які випливають зі структури мережевого графіка, пріоритетності виділення ресурсів та можливостей внесення корегування в графік.

Фазовий портрет системи в фазових змінних $\Delta\tau_S$ та τ_S^* (рис. 2), де:

$$\begin{cases} \tau_S^* = \tau_{S1} & \tau_{S1} \geq \tau_{S2} \\ \tau_S^* = \tau_{S2} & \tau_{S1} < \tau_{S2} \end{cases} \quad (1)$$

є точкою, оскільки до настання часу τ_S^* ці фазові змінні не існують, а після настання – не змінюються.

$$\tau_{S1}(s^*) = \tau_{S2}(s^*). \quad (2)$$

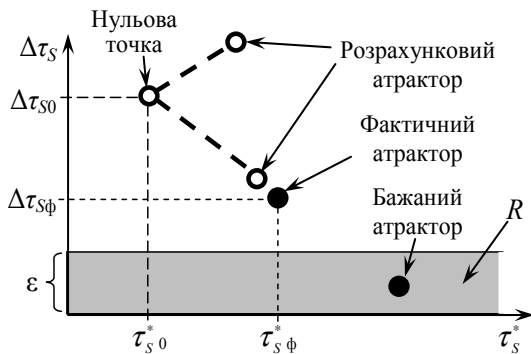


Рис. 2. Фазовий портрет системи в фазових змінних $\Delta\tau_S$ та τ_S^* : ● – реальний стан; ○ – віртуальний стан

Завдяки цій незмінності ця точка збігається із аттрактором, до якого рухається система, і який обов'язково існує.

Метою менеджера проектів є розрахунок такої системи, в якій аттрактор знаходиться в зоні R (рис. 2), оскільки при цьому виконується співвідношення $0 \leq \Delta\tau_S \leq \epsilon$, а чисельне значення змінної τ_S^* несуттєве. Розрахунки значення фазових змінних, виконані для початку життєвого циклу проекту, дають нульову точку віртуальної частини останнього, а розрахунки кінцевої точки – віртуальний аттрактор. В залежності від точності розрахункової моделі та відхилень прийнятих значеннях властивостей системи від реальних отримуємо віртуальний аттрактор того або іншого ступеня близькості до реального. Таким чином, менеджер проектів повинен визначити значення бажаного аттрактора та забезпечити близькість до нього фактичного.

Постановку і рішення проблеми самосинхронізації розглянемо на простому прикладі (рис. 3).

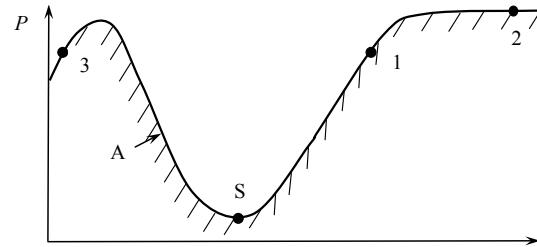


Рис. 3. Схема, що ілюструє рішення проблеми самосинхронізації

Хай на схемі координати точок 1, 2, 3 і S – стани деякого об'єкта в просторі його фазових характеристик. Хай також рух об'єкта в цьому просторі обмежено кривою A , причому, будучи наданий сам собі, об'єкт рухається в сторону зменшення деякого потенціалу P . Знаходячись в поз. 1, об'єкт обов'язково прийде в точку синхронізації S , в поз. 2 – опиниться в точці S з деякою вірогідністю, в поз. 3 – ніколи не опиниться в точці S .

Планування проекту, яке забезпечує синхронізацію, повинно гарантувати потрапляння початкового стану системи в будь-яку з точок, що мають властивості точки 1. Для цього, перш за все, необхідно, щоб об'єкт управління був динамічною системою, породженою диференційними

$$\frac{dy}{dt} = f(y); \quad y \in \mathbf{R}^n \quad (3)$$

і різницевиими рівняннями:

$$y(t+1) = f(y(t)), \quad t \in \mathbf{Z}, \quad y \in \mathbf{R}^n, \quad (4)$$

де t – проміжок часу; \mathbf{Z} – множина цілих чисел.

Рівняння (3) і (4) породжують динамічну систему, якщо з будь-якого початкового стану $y_0 \in \mathbf{R}^n$ однозначно визначається траєкторія $y(\tau, y_0)$ при $\tau \in [0, +\infty)$, де $y(\tau, y_0) = y_0$ [15].

Динамічна система, яка самовільно рухається в часі в просторі своїх станів, може піддаватися ризику дії так званих аттракторів, що «притягують» систему до деякого кінцевого відносно стабільного стану. «Притягування» аттрактора і його корисність для самосинхронізації можна проілюструвати наступним прикладом.

Нехай деякий динамічний об'єкт складається з двох підсистем стан яких описується залежностями:

$$\begin{aligned} y_1 &= f_1(\tau, y_2, y_{PC1}); \\ y_2 &= f_2(\tau, y_1, y_{PC2}). \end{aligned} \quad (5)$$

На рис. 4 ці залежності представлені пунктирними лініями.

Нехай відповідні лінії отримані розрахунком за залежностями (5), тобто є аналітичним прогнозом на проміжок часу $\tau_0 - \tau_k$. Цей же прогноз встановлює факт синхронізації подій S_1 і S_2 і час цієї синхронізації τ_S .

Нехай також фактична траєкторія руху підсистем 1 ($y_{1\text{факт}}$) через флуктуації неврахованих параметрів відповідала кривій $1'$ ($y'_{1\text{факт}}$). Система, яка самосин-

хронізується, повинна, у відповідності до (5), так скоординувати рух підсистеми 2 ($y_{2\text{факт}}$) (рис. 4) (або обох підсистем), щоб синхронізація відбулася, але вже в інший час – τ'_s . Для цього рух другої підсистеми повинен здійснюватися вздовж кривої 2' ($y'_{2\text{факт}}$).

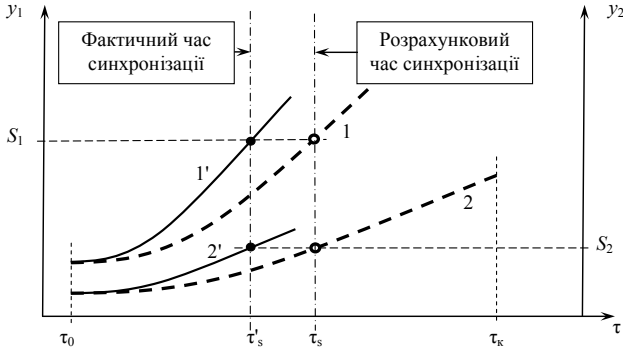


Рис. 4. Схема, яка ілюструє процес самосинхронізації двох динамічних систем

Математично це виглядає так, що від задачі пошуку синхронізуючого параметра u^* система управління (2) переходить до рішення задачі пошуку такого виду функцій f_1 і f_2 в (5), яка забезпечує виконання умов (2). Тобто виконується рішення задачі, зворотної до (5), яке крім звичайних математичних труднощів, натикається на проблему обмежень при плануванні проекту.

Обираючи на інтервалах динамічної системи «ФМЗ – ППМ»

$$P \in [P_0, \div P_\infty) \text{ і } T \in [T_0, \div T_\infty),$$

відповідно, деякі значення P^* і T^* та застосувавши до цих залежностей перетворення [7], можна отримати нову фазову змінну, єдину для системи «ФМЗ – ППМ», – інтервал десинхронізації Δ , який дорівнює модулю різниці між часом настання кожної з подій τ_p^* та τ_T^* :

$$\Delta = |\tau_p^* - \tau_T^*|. \tag{6}$$

Оцінимо область визначення цієї змінної. Очевидно, що доти, поки не відбулися обидві події, інтервал десинхронізації Δ не має сенсу. Отже область його визначення на осі часу знаходиться між часом настання останньої з двох подій та нескінченністю:

$$\Delta \in [\tau_p^* \div \infty) \Big|_{\tau_p > \tau_T^*}; \tag{7}$$

$$\Delta \in [\tau_T^* \div \infty) \Big|_{\tau_T > \tau_p^*}. \tag{8}$$

Відмітимо також, що після того, як відбулися обидві події, значення Δ не змінюється (як образ минулого), тобто на всьому протязі свого існування інтервал десинхронізації Δ є величиною сталою (рис. 5).

Хай τ_T^* виявилося більшим за τ_p^* , як це показано на рис. 5. Звернемося тепер до інтервалу часу $\tau \in [\tau_0, \div \tau_T^*)$, де змінна Δ не визначена. Але в нас є всі початкові дані (P_0 та T_0), відповідні математичні моделі ($P(\tau, P_0)$ та $T(\tau, T_0)$) та значення параметрів до них, а також прин-

ципи та алгоритми, використавши які отримуємо прогнозне значення $\Delta_{0\text{прог}}$ станом, наприклад, на τ_0 :

$$\Delta_{0\text{прог}} = |\tau_{p0\text{прог}}^* - \tau_{T0\text{прог}}^*|, \tag{9}$$

де $\tau_{p0\text{прог}}^*$ та $\tau_{T0\text{прог}}^*$, відповідно, – прогнозоване за даними, відомими на τ_0 , значення часу настання подій в підсистемах P та T . Відкладемо на вертикалі $\tau=0$ значення $\Delta_{0\text{прог}}$ (рис. 5).

Нагадаємо, що це значення в момент $\tau=0$ є лише прогнозованим – віртуальним. Реальні значення τ_p^* та τ_T^* , а отже і реальне $\Delta_{\text{реал}}$ можуть суттєво відрізнитися від прогнозованих із-за впливу ймовірнісної складової в розподілі ресурсів, похибок в оцінці та нелінійностей параметрів, що до них входять.

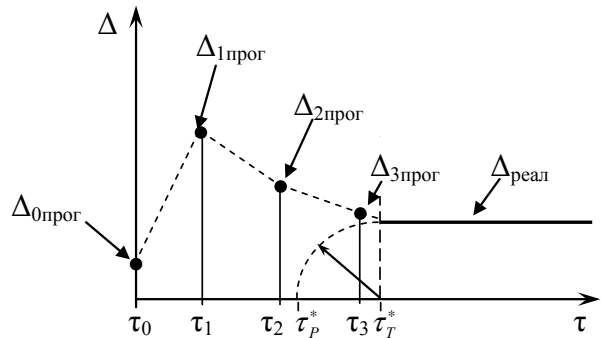


Рис. 5. До визначення області існування інтервалу десинхронізації Δ

Виконувати розрахунки прогнозованого значення $\Delta_{\text{прог}}$ можна не тільки на момент τ_0 , але й на будь-який інший момент з інтервалу $\tau \in (\tau_0, \div \tau_T^*)$, причому на інтервалі $\tau \in (\tau_p^*, \div \tau_T^*)$ час настання першої події вже відомий, і прогнозуванню піддається лише час настання другої.

Оскільки мова йде про самосинхронізацію, мета останньої є одержання локального аттрактора для стану відповідної динамічної системи управління [16]. При цьому повинне виконуватися співвідношення:

$$\lim_{\tau \rightarrow \infty} \rho[K, \mathbf{y}(\tau, \mathbf{y}_0)] = 0, \quad \forall \mathbf{y}_0 \in K(\epsilon), \tag{10}$$

де K – локальний аттрактор, множина точок \mathbf{x} , для яких $\rho[K, \mathbf{y}] < \epsilon$;

$$\rho[K, \mathbf{y}] = \inf_{z \in K} |z - \mathbf{y}|;$$

$|\cdot|$ – евклідова норма в \mathbf{R}^n , $K(\epsilon)$ – множина точок \mathbf{y} , для яких $\rho[K, \mathbf{y}] < \epsilon$.

Оскільки у випадку самосинхронізації бажаний аттрактор є деякою зоною шириною ϵ вздовж лінії $\mathbf{y}=0$ (рис. 6), приймемо $K=0$, і (10) перетворюється до вигляду:

$$\lim_{\tau \rightarrow \infty} (\mathbf{y}(\tau, \mathbf{y}_0)) = 0, \quad \forall \mathbf{y}_0 \in K(\epsilon). \tag{11}$$

Знайдемо тепер вигляд залежності $\mathbf{y}(\tau, \mathbf{y}_0)$. Підставляючи в (5) $y_1=S_1$; $y_2=S_2$, отримуємо систему

$$\begin{aligned} S_1 &= f_1(\tau; y_2(\tau); y_{пс1}); \\ S_2 &= f_2(\tau; y_1(\tau); y_{пс2}), \end{aligned} \tag{12}$$

розв'язуючи яку відносно часу самосинхронізації отримуємо:

$$\begin{aligned} \tau_{S1} &= \tilde{f}_1(S_1; y_2(\tau); y_{PC1}); \\ \tau_{S2} &= \tilde{f}_2(S_2; y_1(\tau); y_{PC2}). \end{aligned} \tag{13}$$

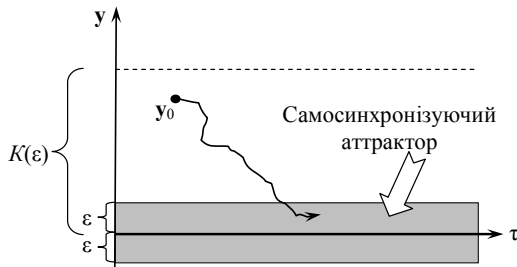


Рис. 6. Самосинхронізуючий аттрактор

В виразах (13) $\tau_{S1}, \tau_{S2}, S_1, S_2, y_{PC1}, y_{PC2}$ – суть числа. Тому їх можна записати так:

$$\begin{aligned} \tau_{S1} &= \tilde{f}_1(y_2(\tau)); \\ \tau_{S2} &= \tilde{f}_2(y_1(\tau)). \end{aligned} \tag{14}$$

Тепер можна сформулювати мету самосинхронізації:

$$|\tau_{S1} - \tau_{S2}| = |\tilde{f}_1(y_2(\tau)) - \tilde{f}_2(y_1(\tau))| \leq \epsilon. \tag{15}$$

Оскільки ми хочемо, щоб умови самосинхронізації були для об'єкта управління аттрактором, приймемо:

$$y(\tau, y_0) = |\tilde{f}_1(y_2(\tau)) - \tilde{f}_2(y_1(\tau))|. \tag{16}$$

Відповідно, (11) набуде кінцевого вигляду :

$$\lim_{\tau \rightarrow \infty} |\tilde{f}_1(y_2(\tau)) - \tilde{f}_2(y_1(\tau))| = 0, \quad \forall y_0 \in K(\epsilon). \tag{17}$$

Перейдемо тепер до одновимірному фазового простору із змінною $\Delta\tau_S(\tau)$ і загадаємо, щоб:

$$\lim_{\tau \rightarrow \infty} |\Delta\tau_S(\tau)| = \lim_{\tau \rightarrow \infty} |\tau_{S1}(\tau) - \tau_{S2}(\tau)| \leq \epsilon, \tag{18}$$

де ϵ – мале число.

Вираз (18) є ключовим в управлінні проектом, оскільки виконання цієї нерівності – необхідна і достатня умова самосинхронізації подій в динамічній системі управління [17, 18].

З викладеного вище випливає, що умова (15) на періоді часу $\{\tau_{30} \rightarrow \tau_S^*\}$ є виключно розрахунковою, тобто мова йде вже не про рух динамічної системи в просторі множини своїх параметрів, а про рух прогнозованого часу десинхронізації. Таким чином, рух об'єкта управління в одновимірному просторі стану $\Delta\tau_S$ до значення τ_S^* є віртуальним, оскільки функціонал не існує на цьому інтервалі (події ще не відбулися).

На схемі життєвого циклу змінної $\Delta\tau_S(\tau)$ (рис. 7) на осях відкладений час τ і параметр десинхронізації $\Delta\tau_S$, що має двояке значення:

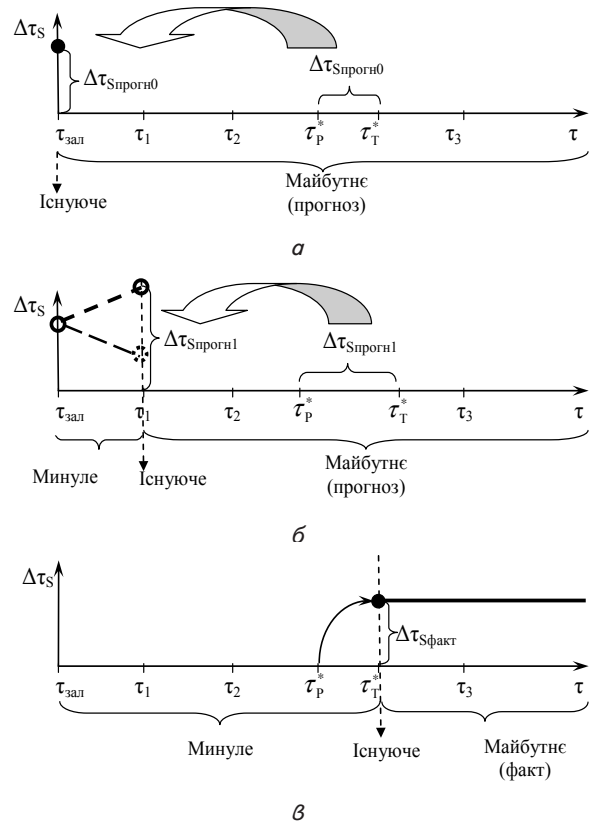


Рис. 7. Схема до опису життєвого циклу об'єкта управління: прогнози а – здійснений на час τ_0 ; б – здійснений на час τ_0 ; в – факт, виміряний на час τ_T^*

На рис. 7:

– якщо теперішній час $\tau_{існ}$ (на рис. 7, а $\tau_{існ} = \tau_{зал}$, на рис. 7, б $\tau_{існ} = \tau_1$) менше τ_S^* , то $\Delta\tau_S$ – суть прогнозне значення, отримане за моделями підсистем;

– якщо теперішній час $\tau_{існ}$ (на рис. 7, в $\tau_{існ} = \tau_3$) більше або дорівнює τ_S^* то $\Delta\tau_S$ – суть фактичне значення τ_S^* , яке можна отримати вимірюванням.

Рух об'єкта управління в одновимірному просторі станів, де єдиним виміром є функціонал (16) у лівій (за графіком) частині свого життєвого циклу є віртуальним, оскільки функціонал не існує на цьому інтервалі (події ще не відбулися!). Його відображенням є дискретним рядом точок, отриманих розрахунками для кожного конкретного проміжного стану об'єкта в «реальних» координатах (рис. 8).

Менеджер проекту має забезпечити в процесі управління виконання умови $|\tau_P^* - \tau_T^*| = 0$, тобто початок віртуального стану динамічної системи має співпасти з початком координат (точка 1, рис. 8).

Зазначимо, що точка (0, 0) у процесі планування є завданням, оскільки при цьому реалізуються методи розв'язку зворотного завдання: від наслідку (завдання) до причин: властивостей об'єкта як динамічної системи (3) або (4).

Якщо в деякий момент часу τ_1 виміряти реальний стан об'єкта, то розрахунки $|\tau_P^* - \tau_T^*|$ можуть бути виконані для цього стану як для початкового. Це будуть вже прямі розрахунки, які з точністю, обумовленою точністю розрахункової моделі, покажуть, наскільки прогнозне значення $|\tau_P^* - \tau_T^*|$ відхилиться в цьому випадку від нуля (точка 2, рис. 8). Надалі, відхилення

неврахованих розрахунками параметрів можуть привести до збільшення прогнозного значення $|\tau_p^* - \tau_T^*|$, яке може вийти за межі припустимого коридору шириною ϵ (точки 3' і 4', рис. 8), або, навпаки, до його зменшення, аж до повернення до виконання нерівності $|\tau_p^* - \tau_T^*| < \epsilon$ (точки 3 і 4, рис. 8). З'єднання цих точок за допомогою суцільних або пунктирних ліній дозволяє позначити майбутню (прогнозу) частину життєвого циклу, коли параметр, за яким оцінюється об'єкт ($|\tau_p^* - \tau_T^*|$), ще не існує.

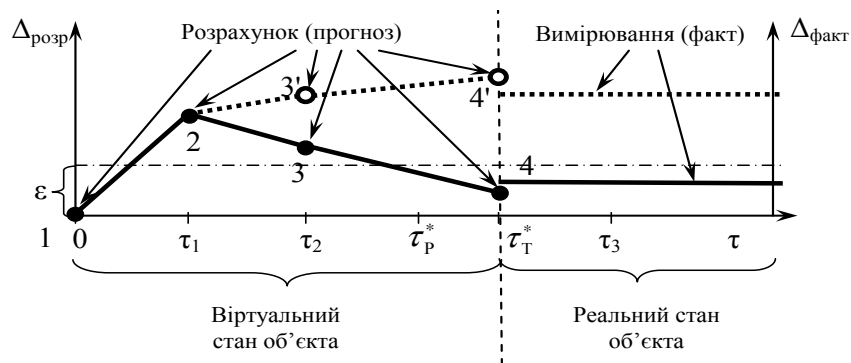


Рис. 8. Графік життєвого циклу об'єкта планування

Оскільки минуле (фактичне, обмірюване) значення $|\tau_p^* - \tau_T^*|$ незмінне на інтервалі $\tau_T^* \rightarrow \infty$, (обидві події вже відбулися), відповідна до цього інтервалу частина графіка життєвого циклу, що відбиває реальний стан об'єкта управління є горизонтальною прямою лінією на рис. 8.

При цьому неспівпадіння на границі між віртуальним і реальним станами об'єкта визначається погрешністю розрахунків на останньому віртуальному етапі. Рівняння ламаної на рис. 8 має такий вигляд:

$$\Delta\tau = \begin{cases} \Delta\tau_{\text{прогноз}} = f_{\text{дискр}}(\cdot) \Big|_{0 \leq \tau \leq \tau_T^*}; \\ \Delta\tau_{\text{факт}} = |\tau_T^* - \tau_p^*| \Big|_{\tau_T^* \leq \tau < \infty}. \end{cases} \quad (19)$$

де $f_{\text{дискр}}(\cdot)$ – дискретна функція, яка виражає залежність десинхронізації подій в підсистемах об'єкта від його внутрішніх параметрів та властивостей оточуючого середовища.

Таким чином, усі точки ламаної кривої на рис. 8 можуть бути отримані розрахунками з початкового стану системи «ФМЗ – ППМ».

5. Практичне використання результатів дослідження

Результати роботи були випробувані та впроваджені в ливарному цеху одеського ДП «Інженерний

центр лиття» (Україна). В якості об'єкта використовували процес управління проектом будівництва ливарного цеху для лиття сталевих виливків в піщано-смоляних оболонкових формах на термореактивному зв'язуючому.

В результаті встановлено, що використання самосинхронізуючої системи підтримки прийняття рішень в управлінні проектами дозволило на етапі планування проектної діяльності забезпечити такий стан динамічної системи «проект будівництва ливарного цеху», який самовільно розв'язував проблеми взаємодії із турбулентним оточуючим проект середовищем, що дозволило, в свою чергу, зменшити термін виконання проекту на 18 % та знизити витрати на його реалізацію в 1,14 рази.

6. Висновки

1. В результаті проведених досліджень сформульовані теоретичні засади та розроблені практичні рекомендації з побудови фазових моделей динамічних систем проектної

діяльності. На прикладі системи «фінансово-матеріальне забезпечення – поточні потреби в матеріалах» показано, як такий підхід дозволяє не тільки знайти причини недоліків в цій діяльності, пов'язані із небажаною синхронізацією (десинхронізацією) подій в проектах, але й свідомо розрахувати перелік та величину управлінських дій по запобіганню цих явищ.

2. В результаті аналізу проектної діяльності як динамічної системи запропоновано використовувати існування на фазовому портреті аттракторів в якості гарантії можливості розв'язання задачі самосинхронізації. Розроблено метод забезпечення самосинхронізації подій в підсистемах управління проектами, заснований на створенні при плануванні проектної діяльності таких умов, коли точка синхронізації на фазовому портреті динамічної системи проектної діяльності збігається із аттрактором цієї системи.

3. В результаті впровадження самосинхронізуючої системи підтримки прийняття рішень в управлінні проектами встановлено, що це дозволило на етапі планування проектної діяльності забезпечити такий стан динамічної системи «проект будівництва ливарного цеху», який самовільно розв'язував проблеми взаємодії із турбулентним оточуючим проект середовищем. Як наслідок, було зменшено термін виконання проекту на 18 % та знижено витрати на його реалізацію в 1,14 рази.

Література

1. Project Management Institute [Electronic resource]. – Available at : <http://www.pmi.org/>
2. Шапиро, В. Д. Управление проектами [Текст] / В. Д. Шапиро, И. И. Мазур, Н. Г. Ольдерогге. – М.: Омега-Л, 2004. – 664 с.
3. Гогунский, В. Д. Проблемы комплексной оптимизации в управлении программой создания однотипных объектов [Текст] / В. Д. Гогунский, И. И. Становская, И. Н. Гурьев // Информационні технології в освіті, науці та виробництві : зб. наук. пр. – 2013 – Вип. 1 (2). – С. 250–255.
4. Helmke, U. Adaptive synchronization of interconnected linear systems [Text] / U. Helmke, D. Pratzelwelters, S. Schmid // IMA Journal of Mathematical Control and Information. – 1991. – Vol. 8, Issue 4. – P. 397–408. doi: 10.1093/imamci/8.4.397

5. Bushuyev, S. D. Entropy measurement as a project control tool [Text] / S. D. Bushuyev, S. V. Sochnev // International Journal of Project Management. – 1999. – Vol. 17, Issue 6. – P. 343–350. doi: 10.1016/s0263-7863(98)00049-0
6. ISO/TR 10006:1997 (E) [Text]. – Quality Management – Guidelines to quality in project management.
7. Становский, А. Л. Использование муар-эффекта при синхронизации событий [Текст] / А. Л. Становский, Т. В. Лысенко // Труды Одесского политехнического университета. – 2006. – Вып. 1 (25). – С. 114–118.
8. Pecora, L. M. Synchronization in chaotic systems [Text] / L. M. Pecora, T. L. Carroll // Physical Review Letters. – 1990. – Vol. 64, Issue 8. – P. 821–832. doi: 10.1103/physrevlett.64.821
9. Коряченко, А. А. Идентификация скрытых организационных нарушений технологии литейного производства [Текст] / А. А. Коряченко, А. Л. Становский, И. Н. Щедров // Праці Одеського політехнічного університету – 2011. – Вип. 1 (35). – С. 28–31.
10. Козак, Ю. А. Многокритериальная пошаговая оптимизация систем управления с адаптивной вариацией критериев [Текст] / Ю. А. Козак, Н. П. Худенко // Труды Одесского политехнического университета. – 1999. – Вып. 2. – С. 242–245.
11. Становский, А. Л. Оптимизация финансового управления мультипликативными рисками [Текст] / А. Л. Становский, И. И. Становская, И. Н. Щедров // Управління розвитком складних систем. – 2015. – № 21, ч. 1. – С. 68–75.
12. Ramingwong, S. The Paradoxical Relationships of Risks and Benefits in Offshore Outsourcing of Software Projects [Text] / S. Ramingwong, L. Ramingwong // The Open Software Engineering Journal. – 2009. – Vol. 3, Issue 2. – P. 35–38. doi: 10.2174/1874107x00903010035
13. Чернов, С. К. Учет рисков и неопределенностей в организационных проектах [Текст] / С. К. Чернов // Управління проектами та розвиток виробництва. – 2006. – № 1 (17). – С. 41–44.
14. Становская, И. И. Профилактика и управление латентными рисками [Электронный ресурс] / И. И. Становская, И. Н. Щедров, Е. И. Березовская // Збірник наукових праць національного університету кораблебудування. – 2014. – № 3. – Режим доступа: <http://evn.nuos.edu.ua/article/view/44133/40375>
15. Райков, А. Н. Интеллектуальные информационные технологии для поддержки социально значимых стратегических решений [Текст] // Информационное общество. – 2008. – Вып. 5-6. – С. 94–102.
16. Бондарь, А. А. Методы самосинхронизации динамических процессов в САПР литейного производства [Текст] / А. А. Бондарь, Г. В. Кострова, Т. В. Лысенко // Труды Одесского национального политехнического университета. – 2009. – Вып. 2 (32). – С. 7–10.
17. Кострова, Г. В. Система «отливка – форма» как объект автоматизированного проектирования [Текст]: материалы XVI семинара / Г. В. Кострова, А. А. Бондарь / Моделирование в прикладных научных исследованиях. – Одесса, 2008. – С. 77–78.
18. Бондар, О. А. Методи забезпечення самосинхронізації ливарних об'єктів технологічними засобами [Текст]: матеріали наук.-техн. конф. / О. А. Бондар, Т. В. Лисенко, Г. В. Степаненко // Нові матеріали і технології в машинобудуванні. – К. : НТУУ «КПІ», 2010. – С. 11–13.