

А. Д. МОРИКОВА, О. К. ПОГУДИНА

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», Україна***МОДИФІКАЦІЯ МЕТОДУ УРАХУВАННЯ РИЗИКІВ ПРОЕКТУ РОЗРОБКИ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

Предметом дослідження у статті є процеси розробки технічних систем. Метою є підвищення якості планування основних характеристик проекту розробки технічних систем. Завдання: проаналізовано роботи в області обліку ризиків при плануванні проектів, обґрунтований вибір методу планування основних показників проекту з урахуванням невизначеності та ризиків, розроблено й апробовано метод обліку взаємовпливу ризиків в проекті розробки технічних систем, на прикладі розробки авіаційного двигуна. Методи та моделі, що було використано: метод дискретно-подієвого моделювання для отримання гістограм вартості і часу розробки технічних систем, метод розрахунку сукупного збитку ризикових подій, модель матричного уявлення як математичний апарат для подання і дослідження взаємовпливу ризиків. Отримані наступні результати. Проаналізовано існуючі роботи і стандарти в галузі управління ризиків, розглянута існуюча інформаційна система моделювання проекту врахування ризиків і варіативності проекту. На основі виявлених обмежень розроблено удосконалений метод планування основних показників проекту. Розглянуто процес ідентифікації та визначено наступні категорії ризиків: очікування, вартості, виникнення додаткової роботи, повернення. Наведено типологію взаємовпливу ризиків, формалізовано поняття адитивності, синергії (взаємопосилення) і канібалізації (взаємопогашення). Створено інформаційну підсистему, яка готує вхідні дані для моделювання показників проекту з урахуванням ризиків, де використано дані матриць взаємозв'язку ймовірності виникнення ризиків і взаємовпливу наслідків прояви ризикових подій. Розроблена інформаційна підсистема апробована на розрахунок показників вартості і часу виконання етапу науково-дослідних робіт з розробки авіаційного двигуна. Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному: удосконалено метод дискретно-подієвого моделювання обліку ризиків проекту розробки технічних систем за допомогою додавання методу формалізації взаємовпливу ризиків

Ключові слова: *технічна система; проект розробки; управління ризиками; дискретно-подійне моделювання; ідентифікація ризиків; взаємовплив ризиків; матриця ймовірностей ризику; матриця наслідків ризику.*

Вступ

В області управління ризиками проектів розробки технічних систем за останні роки запропоновано достатню кількість моделей і методів, розглянутих в роботах Є. А. Дружиніна [1], С. Д. Бушуєва [2] та ін. Також в ході планування і управління ризиками проектів широко використовуються методи теорії моделювання систем (О. Є. Федорович [3], О. В. Прохоров [4]), теорії оптимізації (А. Ченарані [5], V. Mohagheghi [6]). Деякі з цих методів лягли в основу спеціалізованих пакетів управління ризиками проектів, таких як MSPProject, Project Expert, Primavera і т.д. В даний час на практиці, також використовуються міжнародні стандарти управління ризиком, що розроблено організацією управління проектами PMI в США. У даних роботах ризик розглядається як можливість виникнення несприятливих ситуацій, які призводять до матеріальних, часо-

вих, фінансових і інших втрат [1]. Ризик є одним із значущих елементів в прийнятті будь-якого управлінського рішення. Наявність в проекті ризиків призводить до повної або часткової невизначеності його кінцевих результатів. Під невизначеністю зазвичай мають на увазі неповноту або неточність інформації про умови діяльності, в тому числі пов'язаних з нею витрат та отриманих результатів [5].

У більшості методів вирішуються завдання управління ризиками проектів, не розглядаючи їх взаємовплив один на одного, при цьому багато завдань управління ризиками зводяться тільки до фінансових аспектів. Найчастіше в проектах розробки технічних систем проявляються ризики, пов'язані з не отриманням результату заданого якості, а значить необхідністю повтору робіт, наприклад, з доопрацювання конструкції. Такі ризики, найчастіше, пов'язані і можуть проявлятися на різних етапах. Наприклад в проектах, де існує ймовірність неодно-

разового доопрацювання технічного завдання, також очікують велику кількість модифікацій результату в процесі прийняття готового продукту замовником.

В роботі Алі Ченарані [5] було представлено метод управління ризиками проекту створення складних технічних систем на основі дискретно-подієвого моделювання Монте-Карло (ДПМ). Даний метод вирішує наступні завдання:

1) моделювання проекту без урахування ризиків і варіативності. Результатами цього кроку є діаграма Ганта і вартість реалізації проекту;

2) моделювання проекту з урахуванням ризиків, з детермінованою тривалістю робіт методом дискретно-подієвого моделювання (одна ітерація методу ДПМ);

3) кількісний аналіз ризиків проекту і варіативності з використанням методу ДПМ. При цьому виконується необхідна кількість ітерацій для отримання різних імовірнісних графіків і даних робіт, проекту;

4) розрахунок і побудова показників невизначеності проекту з використанням результатів попереднього компоненту;

5) знаходження ефективного набору заходів з управління ризиками з використанням методу імітації відпалу.

В даному методі не передбачено врахування взаємовпливу ризиків. При цьому в проектах розробки технічних систем ризикові події пов'язані один з одним зустрічаються часто.

Отже, необхідно удосконалити метод ДПМ врахування ризиків за допомогою додавання методу формалізації взаємовпливу ризиків. Під підходом до обліку взаємовпливу ризиків розуміється сукупність інструментів, що дозволяють визначити вплив інноваційних ризиків один на іншого для збільшення точності оцінки рівнів ризиків з метою підвищення результативності управління ризиками та підвищення ефективності здійснення інноваційної діяльності підприємства.

Метою даної статті є підвищення якості планування основних характеристик проекту розробки технічних систем.

1. Ідентифікація ризиків

Більшість з ризиків проекту (організаційні, операційні, управлінські та ін.) можуть безпосередньо впливати, як на процес реалізації проекту, так і на процес експлуатації його результату. У той же час, наприклад, експлуатаційні ризики безпосереднього впливу на процес реалізації проекту не роблять.

Для обліку взаємовпливу ризиків спочатку потрібно їх ідентифікувати. **Ідентифікація ризиків** – Процес визначення ризиків, здатних вплинути на проект, і документування їх характеристик. Ідентифікацію ризиків виконують члени команди проекту і експерти з питань управління ризиками, в ній можуть брати участь замовники, учасники проекту та експерти в певних областях. Це ітеративний процес, оскільки у процесі розвитку проекту в рамках його життєвого циклу можуть з'являтися нові ризики. Частота ітерації і склад учасників виконання кожного циклу в кожному випадку можуть бути різними. У процесі ідентифікації повинні брати участь члени команди проекту, щоб у них з'являлося почуття "власності" та відповідальності за ризики і за дії з реагування на них [7].

Тому при ідентифікації ризиків проекту доцільно виконати процедури ранжирування і вибору найбільш пріоритетних (важливих) ризиків проекту.

Для моделювання вихідних даних використовуються три квадратні матриці: матриця структури залежностей (DSM), матриця ймовірностей ризиків (RPM) і матриця наслідків ризиків (RIM). Кожен рядок (або стовпчик) цих матриць є ще однією з робіт проекту. Іншими словами, розмір всіх матриць дорівнює числу проектних робіт.

Матриця DSM надає простий спосіб візуалізації і аналізу залежностей складних систем. Нижня трикутна частина DSM (піддіагональні елементи) має виконавче значення. Значення елемента (j, i) (рядок j, стовпець i) дорівнює одиниці, коли робота i є попередником роботи j. В іншому випадку значення цього елемента дорівнює нулю (або елемент залишається порожнім). Ненульові елементи у верхній частині DSM показують можливі повернення в проєкті. У цій роботі пропонується використовувати цілочисельні значення на верхній трикутної частині DSM (супердіагональні елементи) для подання максимального числа можливих повернень. Тому маємо:

$$DSM(i, j) = \begin{cases} 0, \text{ якщо } i > j \text{ та } j \text{ не є попередником } i; \\ 1, \text{ якщо } i > j \text{ та } j \text{ є попередником } i; \\ 0, \text{ якщо } i = j; \\ 0, \text{ якщо } i < j \text{ та немає можливості} \\ \quad \text{повернення з } j \text{ до } i; \\ n, \text{ якщо } i < j \text{ та є можливість} \\ \quad \text{повернення з } j \text{ до } i \text{ (} n \text{ раз максимум).} \end{cases}$$

При виборі пріоритетних ризиків були розглянуті наступні категорії:

- ризик очікування,
- ризик вартості,

- ризик додаткової роботи,
- ризики повернення.

Після ідентифікації ризиків необхідно формалізувати їх взаємовплив один на одного.

2. Урахування взаємовпливу ризиків

Проведені дослідження показали, що для вирішення завдання визначення взаємовпливу ризиків доцільно використовувати інструмент аналізу причинно-наслідкових зв'язків між різними факторами і ризиками, розроблений Каору Ісікава [8] (діаграма Ісікава). Відповідно до відомого принципу Парето [8], серед множини потенційних причин (причинних факторів, по Ісікаві), що породжують проблеми (наслідку), лише дві-три є найбільш значущими, їх пошук і повинен бути організований. Зображення діаграми Ісікава дає можливість отримати більш детальну інформацію про можливості взаємовпливу різних видів ризику один на іншого, що так само дасть уточнюючі дані для кількісного аналізу ризиків. Однак завдання вибору найбільш пріоритетних ризиків діаграма вирішити не може. Облік взаємовпливу ризиків є найбільш актуальним завданням, оскільки її рішення дозволяє проводити більш точну оцінку / вимір ризиків.

Розглянемо кроки з обліку взаємовпливу ризиків:

Крок 1. Розробити типологію взаємовпливу ризиків.

Крок 2. Заповнити матриці обліку взаємовпливу приватних ризиків по можливостям їх настання в розрізах окремого інвестиційного проекту і портфеля інноваційних проектів промислових підприємств.

Крок 3. Заповнити матриці обліку взаємовпливу приватних ризиків за відхиленнями від планованого цільового показника в розрізах окремого інвестиційного проекту і портфеля інноваційних проектів промислових підприємств. В якості цільового показника, по відхиленню значення якого пропонується проводити кількісну оцінку ризиків можуть бути використані: чистий дисконтований дохід інноваційного проекту (чиста поточна вартість інноваційного проекту) (NPV/ЧДД); рентабельність дисконтованих інвестицій проекту (індекс прибутковості проекту) (PI/ІП); внутрішня норма прибутковості інноваційного проекту (IRR)/(ВНП); дисконтований термін окупності інноваційного проекту (DPP/Ток).

Пропонується наступна типологія взаємовпливу ризиків:

- типи взаємовпливу ризиків в залежності від форми інноваційного ризик-менеджменту: вплив ризиків інноваційного проекту один на іншого;

вплив ризиків одного інноваційного проекту на інший;

- типи взаємовпливів ризиків в залежності від характеру впливу ризиків один на іншого: синергія (взаємопосилення) – збільшення величини ризиків / ризику за рахунок впливу іншого ризику / ризиків; канібалізація (взаємопогашення) – зниження величини ризиків / ризику за рахунок впливу іншого ризику/ризиків [9].

В роботі [10] сказано, що якщо реалізуються одночасно дві та більш ризикових події, то величина сукупного збитку залежить від характеру взаємовпливу ризиків. У даній роботі через ω_{ij} позначено ризикову подію, яка полягає в тому, що реалізуються одночасно події ω_i і ω_j , тоді:

- ризики ω_i і ω_j – є адитивними, якщо $U(\omega_{ij}) = U(\omega_i) + U(\omega_j)$. Типовий приклад такої ситуації, складають ризики збою у поставках обладнання, матеріалів або послуг, що призводять до необхідності зміни контрагентів-постачальників, наслідком чого є підвищення ціни на необхідний для реалізації проекту товар. Збій в поставках від двох постачальників одночасно призводить до збитків, рівних сумі збитків від кожної з двох ризикових подій;

- ризики ω_i і ω_j взаємно підсилюють один одного, якщо $U(\omega_{ij}) = \alpha(U(\omega_i) + U(\omega_j))$, $\alpha > 1$, і взаємно послаблюють, якщо $\alpha < 1$. Большая частина ризиків належить саме до зазначеної групи. Реалізація двох і більше різнорідних ризикових подій може привести до набагато більшого збитку, ніж сума збитків від окремих ризикових подій, аж до припинення проекту. Так, при здійсненні інвестиційних проектів, орієнтованих на випуск нової продукції, одночасна реалізація валютного ризику і ризику зміни попиту може стати критичною для проекту. Взаємне ослаблення ризиків можливо, якщо в число ризикових подій включати не тільки свідомо негативні для проекту, але і інші, що призводять до відхилення характеристик проекту від розрахункових значень;

- якщо при настанні двох подій ω_i і ω_j результат від події ω_i робить недоречним облік події ω_j , то ризик ω_i є поглинаючим по відношенню до ω_j , в цьому випадку $U(\omega_{ij}) = U(\omega_i) = \max\{U(\omega_i), U(\omega_j)\}$. Наприклад, ризик, пов'язаний з викраденням обладнання, матеріалів та ін. є поглинаючим по відношенню до ризику пошкодження відповідних товарів.

Для початку розглянемо моделювання адитивного взаємозв'язку ризиків. У даному випадку взаємозв'язок між ризиками можна визначити:

- матрицею взаємозв'язку ймовірності виникнення одного ризику на ймовірність виникнення іншого $PP(i, j)$:

$$PP(i, j) = \begin{cases} 0, \text{ якщо ймовірність ризику } j \\ \text{не впливає на ймовірність ризику } i; \\ pp_{ij}, \text{ якщо існує збільшення} \\ \text{(зменшення) ймовірності ризику } i \\ \text{при виникненні ризику } j. \end{cases}$$

де pp_{ij} – коефіцієнт впливу ризику i на ризик j ;

– матрицею взаємозв'язку наслідків виникнення одного ризику на наслідок іншого $PI(i, j)$:

$$PI(i, j) = \begin{cases} 0, \text{ якщо наслідки ризику } j \\ \text{не пов'язані з наслідками ризику } i; \\ pi_{ij}, \text{ якщо існує збільшення} \\ \text{(зменшення) наслідку ризику } i \\ \text{при виникненні ризику } j. \end{cases}$$

де pi_{ij} - коефіцієнт впливу наслідку прояву ризику i на наслідок ризику j ;

Ймовірність і наслідки ризиків будуть розраховані у такий спосіб:

$$P_j = RPM(x, y) + PP(j, i),$$

$$I_j = RIM(x, y) + PI(j, i),$$

де x, y – номер роботи, на яку впливає ризик; P_j – ймовірність ризику j ; I_j – наслідки ризику j ; $RPM(x, y)$ – дані матриці ймовірностей ризику; $RIM(x, y)$ – дані матриці наслідків ризиків.

Матриця ймовірностей ризиків (RPM), в ній показані ймовірності виникнення різних ризиків. Будемо використовувати діагональні елементи цієї матриці для представлення перших трьох видів ризику, які діють на саму роботу. Для відмінності цих трьох видів ризику в цій матриці будемо використовувати букву «t» для ризику очікування, «с» для ризику вартості і «w» для ризику додаткової роботи.

Супердіагональні елементи цієї матриці, заповнюються відповідно до елементів в матриці DSM і вказують ймовірність виникнення ризиків повернення, тобто:

$$PRM(i, j) = P_{ij}, 0 < P_{ij} < 1.$$

Третя матриця – матриця наслідків ризиків (RIM), яка представляє вплив або наслідок ризиків у разі їх виникнення. Подібно RPM , діагональні елементи RIM використовуються для вказівки наслідків перших трьох видів ризику. Значення елементів ма-

триці виражаються в одиницях часу (день, тиждень, місяць і т.п.) для ризиків очікування, Вартості (в доларах або іншій валюті) для ризиків вартості і додаткової роботи (у відсотках обсягу відповідної роботи) для ризиків додаткової роботи. Для ризику повернення, заповнені елементи верхньої трикутної частини RIM (відповідно з заповненими елементами DSM) показують наслідок повернення як середнє значення обсягів робіт по відношенню до основних обсягів відповідних робіт, яким необхідно повторюватися. Внаслідок повернення до однієї роботи і після повторення, її результати і виходи оновлюються і викликають повторення деяких подальших робіт. Цей вид повторення відомий як повторення другого порядку і його може бути оцінено по співвідношенню даних, документації, сировини, які виходять або використовуються подальшою роботою. Щоб врахувати цей аспект наслідку ризику повернення, використовуємо піддіагональні елементи RIM .

Таким чином, частина роботи, яка повторюється в результаті повторення попередньої роботи, представлена в елементах нижньої трикутної частини RIM .

3. Приклад урахування ризиків для проекту створення авіаційної техніки

Розглянемо процес ідентифікації ризиків на прикладі етапу науково-дослідних робіт (НДР) проекту створення авіаційного двигуна. Даний проект складається з 16 робіт (рис. 1). Найменування робіт і пов'язані з ними ризики були приведені в роботі [11]. Тому вважаємо, що матриці DSM , RPM і RIM заповнені. У проекті зустрічаються такі категорії ризику: очікування (належить роботам 10 і 16), вартості (належить роботі 7), додаткової роботи (належить роботі 12), повернення (позначений пунктирними стрілками, що йдуть від закінчення проекту до початку).

Приклад можливих варіантів впливу ризиків один на іншого представлений у вигляді матриць PP і PI (рис. 2). Елементи кожної із зазначених вище матриць обліку взаємовпливу ризиків, так само як і представленого прикладу, встановлюються експертна або статистично (в залежності від наявної інформації), а коефіцієнти сукупного впливу визначаються – як середньгеометричні величини приватних коефіцієнтів впливу.

Після ідентифікації ризиків було здійснено моделювання і порівняння проектів з урахуванням і без урахування взаємозв'язків між ризиками. Результати у вигляді гістограм показані на рисунку 3.

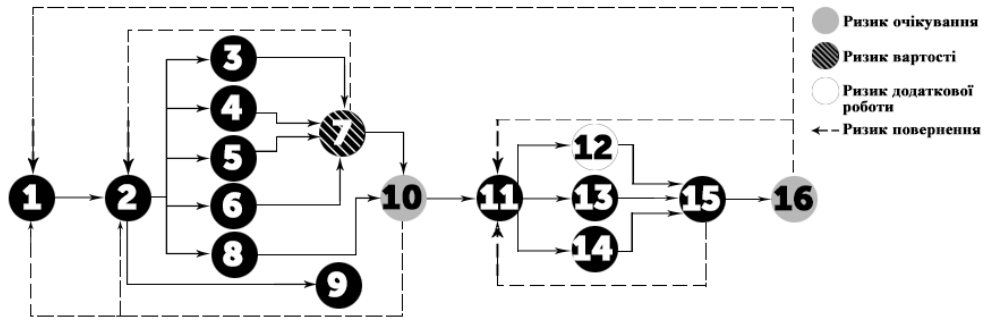


Рис. 1. Ідентифікація ризиків проекту

		PP									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		█	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0
2		0	█	0	0	0	0	0	0	0	0
3		0	0	█	0	0	0.5	0	0	0	0.3
4		0	0	0	█	0	0	0	0	0	0
5		0.2	0.3	0	0	█	0	0	0	0	0
6		0	0	0	0	0	█	0	0	0.2	0.4
7		0	0	0	0	0	0	█	0.3	0	0.2
8		0.3	0	0	0	0	0	0	█	0	0
9		0.3	0	0.3	0	0	0	0.5	0	█	0
10		0	0.4	0	0.4	0.3	0	0.4	0	0	█

а)

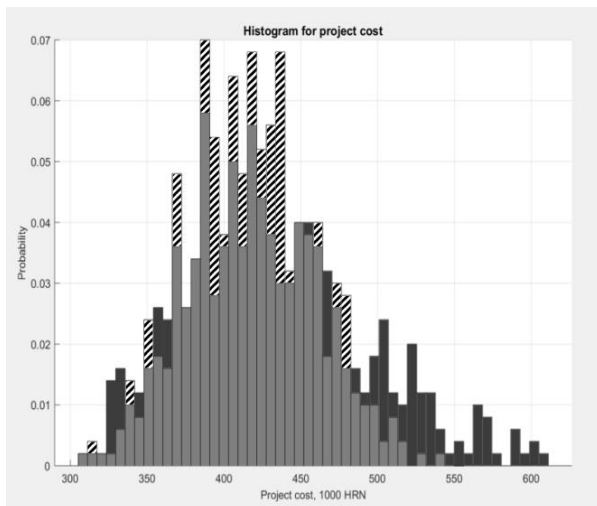
		PI									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		█	0	0	5	0	0	3	0	2	0
2		0	█	0	0	0	0	0	0	0.5	0
3		0	0.2	█	0	0.2	0	0	0	0	0
4		0	0	0	█	0	0	0.5	0	0	0
5		0	0.2	0	0	█	0	0	0	0	0.2
6		0	0	0	0.3	0	█	0	0	0.1	0
7		0	0	0	0	0.2	0	█	0	0	0.4
8		0.2	0.3	0	0	0	0	0	█	0	0
9		0	0	0	0.2	0	0	0.1	0	█	0
10		0	0	0.1	0	0.3	0	0	0	0.3	█

б)

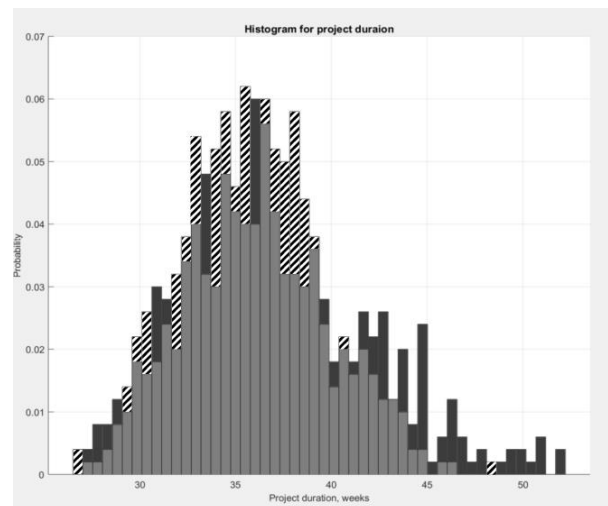
Рис. 2. Матриці врахування впливу ризиків одного на одного:

а – матриця взаємозв'язку ймовірності виникнення одного ризику на ймовірність виникнення іншого;

б – матриця взаємозв'язку наслідку виникнення ризику на наслідок іншого



а)



б)

Рис. 3. Моделювання та порівняння основних характеристик проекту:

а – гістограма вартості; б – гістограма часу

На гістограмі косою лінією подано результати моделювання проекту з урахуванням невизначеності часу і вартості реалізації окремих робіт. Для завдання невизначеності в проекті використаний трикут-

ний закон розподілу. Сірим кольором задані гістограми, з урахуванням прояву факторів ризику, але без урахування їх взаємозв'язку. Як видно гістограми зрушені вправо. Отже найбільш ймовірне зна-

чення часу і вартості реалізації проекту може виявитися більше ніж в першому випадку. Темно-сіра гістограма відображає розкид значень основних параметрів (вартість і час) проекту при моделюванні з урахуванням взаємного впливу ризиків.

Висновки

Моніторинг ризиків необхідно проводити в цілях систематичного спостереження за станом і зміною ризикової обстановки здійснення інноваційної діяльності промислового підприємства для прийняття адекватних і своєчасних управлінських рішень щодо зменшення ризиків.

У результаті даного дослідження проаналізовано проект НДР малорозмірного турбореактивного двигуна, котрий складається з 16 робіт та 10 можливих ризиків. Всі необхідні дані отримані за допомогою методу експертних оцінок. При генерації 432 можливих варіантів комбінацій ризиків в проекті з взаємовпливом ризиків та без, з ймовірністю 50 % можливо зробити наступні висновки. Без урахування взаємозв'язків між ризиками: ймовірна тривалість всього проекту 35 тижнів; ймовірна вартість всього проекту 416 тисяч гривень. З урахуванням взаємозв'язків між ризиками: ймовірна тривалість всього проекту 37 тижнів; ймовірна вартість всього проекту 433 тисячі гривень.

За результатами моделювання видно, що коли одні ризики впливають на ймовірність виникнення або на наслідки інших ризиків, тоді роботи проекту та весь проект в цілому буде більш витратним за тривалості та вартості, ніж якщо ми не будемо враховувати ці взаємозв'язки.

Це не суперечить сучасним дослідженням у галузі розроблення складних систем [12-14].

Література

1. Ченарани, А. Анализ подходов к управлению рисками проектов разработки сложной техники [Электронный ресурс] / А. Ченарани, Е. А. Дружинин, О. К. Погудина // *Вестник Национального технического университета "ХПИ"* – 2016. – № 1. – С. 70-75. – Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vntux_ctr_2016_1_16. – 5.05.2019.
2. Бушуев, С. Д. Управление проектами в условиях "поведінкової економіки" [Электронный ресурс] / С. Д. Бушуев, Д. А. Бушуев, Р. Ф. Ярошенко // *Управление развитием сложных систем*. – 2018. – Вып. 33. – С. 22-30. – Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2018_33_5. – 5.05.2019.
3. Федорович, О. Е. Использование прецедентного подхода для формирования плана мероприятий по повышению конкурентоспособности развивающегося предприятия [Электронный ресурс] /

О. Е. Федорович, К. О. Западня, М. В. Иванов // *Радиоэлектронные и компьютерные системы*. – 2016. – № 1. – С. 114-118. – Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/recs_2016_1_16. – 5.05.2019.

4. Прохоров, А. В. Агентная имитационная модель для анализа сценариев управления региональными ресурсами [Текст] / А. В. Прохоров, А. О. Матюшко // *Системы та технології*. – 2015. – № 2 (54) – С. 108-117.

5. Ченарани, А. М. Модели і методи управління ризиками проектів створення авіаційної техніки на основі оцінки невизначеності [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.22 / Ченарани Алі Мохаммад ; Нац. аерокосм. ун-т ім. М. С. Жуковського «ХАІ» – Харків, 2017. – 26 с.

6. R&D project evaluation and project portfolio selection by a new interval type-2 fuzzy optimization approach [Text] / V. Mohagheghi, S. M. Mousavi, B. Vahdani, M. R. Shahriari // *Neural Computing and Applications*. – 2017. – Vol. 28, No. 12. – P. 3869-3888. doi: 10.1007/s00521-016-2262-3

7. Грекул, В. И. Управление внедрением ин-формационных систем [Текст] : учеб. пособие / В. И. Грекул, Г.Н. Денищенко, Н.Л. Коровкина. – М. : Интернет-Университет Информационных Технологий, 2008. – 196 с.

8. Исикава, К. Японские методы управления качеством [Текст] : пер. с англ. / К. Исикава. – М. : Экономика, 1988. – 214 с.

9. Бадалова, А. Г. Управление рисками инновационной деятельности промышленных предприятий [Текст] / А. Г. Бадалова, А. А. Назарова // *Инновации*. – 2016. – №8 (214) – С. 57-61.

10. Ходоровский, М. Я. Управление рисками портфеля проектов [Текст] / М. Я. Ходоровский, В. О. Никонов // *Вестник УГТУ-УПИ. Серия экономика и управление*. – 2006. – № 7. – С. 116-122.

11. Chenarani, A. Simulating the Impact of Activity Uncertainties and Risk Combinations in R & D Projects [Text] / A. Chenarani, E. A. Druzhinin, D.N. Kritskiy // *Journal of Engineering Science & Technology Review*. – 2017. – Vol. 10, No. 4. – P. 1-9. doi: 10.25103/jestr.104.01.

12. A Method for Assessing the Impact of Technical Risks on the Aerospace Product Development Projects [Text] / D. N. Kritsky, E. A. Druzhinin, O. K. Pogudina, O. S. Kritskaya, // *Conference on Computer Science and Information Technologies*. – Springer, Cham, 2018. – P. 504-521. doi: 10.1007/978-3-030-01069-0_36.

13. Haghghi, M. H. A new soft computing model based on linear assignment and linear programming technique for multidimensional analysis of preference with interval type-2 fuzzy sets [Text] / M. H. Haghghi, S. M. Mousavi, V. Mohagheghi // *Applied Soft Computing*. – 2019. – vol. 77. – P. 780-796. doi: 10.1016/j.asoc.2019.01.048.

14. Al-Khafaji, M. S. Fuzzy Multicriteria Decision-Making Model for Maintenance Management of Irrigation Projects [Text] / M. S. Al-Khafaji, K. S. Mesheb,

M. A. Jabbar Abraham // *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. – 2019. – vol. 145, no. 12. – P. 1-12. doi: 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001429

References

1. Chenarani, A., Druzhynin, E. A., Pohudyna, O. K. Analiz podkhodov k upravleniyu riskami proektov razrabotki slozhnoi tekhniki [Analysis of approaches to risk management of projects for the development of complex equipment]. *Vesnik Natsional'nogo tekhnichnogo universiteta "KhPI"*, 2016, no. 1, pp. 70-75. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vntux_ctr_2016_1_16 (accessed 5.05.2019).
2. Bushuyev, S. D., Bushuev, D. A., Yaroshenko, R. F. Upravlinnya proektamy v umovakh "povedinkovoyi ekonomiky" [Project management in a behavioral economy]. *Upravlinnya rozvytkom skladnykh system – Management of complex systems development*, 2018, vol. 33, pp. 22-30. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2018_33_5 (accessed 5.05.2019).
3. Fedorovich, O. E., Zapadnya, K. O., Ivanov, M. V. Ispol'zovanie pretsedentnogo podkhoda dlya formirovaniya plana meropriyatiy po povysheniyu konkurentosposobnosti razvivayushchegosya predpriyatiya [Using a case-law approach to formulate an action plan to increase the competitiveness of a developing enterprise] *Radioelektronni i komp'uterni sistemi – Radioelectronic and computer systems*, 2016, no. 1, pp. 114–118. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/recs_2016_1_16. (accessed 5.05.2019).
4. Prokhorov, A. V., Matyushko, A. O. Agentnaya imitatsionnaya model' dlya analiza stsensariy upravleniya regio-nal'nymi resursami [Agent-based simulation model for scenarios of regional resource management analysis] *Sistemi ta tekhnologii – Systems and technologies*, 2015, no. 2 (54), pp. 108-117.
5. Chenarani, A. M. *Modeli i metody upravlinnya ryzykamy proektiv stvorenniya aviatsiynoyi tekhniki na osnovi otsinky nevyznachenosti*. Avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk [Models and methods of risk management of aviation engineering projects based on uncertainty]. Avtoref. diss. ... cand. tech. sci.]. Kharkiv, Nacz. aerokosm. un-t im. M. Ye. Zhukovskogo «KhAI» Publ., 2017. 26 p.
6. Mohagheghi, V., Mousavi, S. M., Vahdani, B., Shahriari, M. R. R&D project evaluation and project portfolio selection by a new interval type-2 fuzzy optimization approach. *Neural Computing and Applications*, 2017, vol. 28, no. 12, pp. 3869-3888. doi: 10.1007/s00521-016-2262-3.
7. Grekul, V. I. Denyshchenko, H. N., Korovkina, N. L. *Upravlenie vnedreniem informatsionnykh system* [Information Systems Implementation Management]. Moscow, Internet-Un-t Inform. tekhnolohiy Publ., 2008. 196 p.
8. Isikava, K., Glicheva, A. V. *Yaponskie metody upravleniya kachestvom* [Japanese quality management practices]. Moscow, Ekonomika Publ., 1988. 214 p.
9. Badalova, A. G., Nazarova, A. A. *Upravlenie riskami innovatsionnoi deyatel'nosti promyshlennykh predpriyatiy* [Risk management of innovative activities of industrial enterprises]. *Innovatsiyi – Innovation*, 2016, no. 8, pp. 57-61.
10. Khodorovskyy, M. Ya., Nikonov, V. O. Upravlenie riskami portfelya proektov [Project Portfolio Risk Management]. *Vestnik UGTU–UPI. Seriya ekonomika i upravlenie – Bulletin of USTU – UPI. Series Economics and Management*, 2006, no. 7, pp. 116-122.
11. Chenarani, A., Druzhinin, E.A., Kritskiy, D.N. Simulating the Impact of Activity Uncertainties and Risk Combinations in R & D Projects. *Journal of Engineering Science & Technology Review*, 2017, vol. 10, no. 4, pp. 1-9. doi: 10.25103/jestr.104.01.
12. Kritsky, D. N., Druzhinin, E. A., Pogudina, O. K., Kritskaya, O. S. A Method for Assessing the Impact of Technical Risks on the Aerospace Product Development Projects. *In Conference on "Computer Science and Information Technologies"*, Springer, Cham., 2018, vol. 871, pp. 504-521. doi: 10.1007/978-3-030-01069-0_36.
13. Haghighi, M. H., Mousavi, S. M., Mohagheghi V. A new soft computing model based on linear assignment and linear programming technique for multidimensional analysis of preference with interval type-2 fuzzy sets. *Applied Soft Computing*, 2019, vol. 77, pp. 780-796. doi: 10.1016/j.asoc.2019.01.048.
14. Al-Khafaji, M. S., Mesheb, K. S., Jabbar Abraham, M. A. Fuzzy Multicriteria Decision-Making Model for Maintenance Management of Irrigation Projects. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 2019, vol. 145, no. 12, pp. 1-12. doi: 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001429.

Надійшла до редакції 4.09.2018, розглянута на редколегії 23.09.2018

МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДА УЧЕТА РИСКОВ ПРОЕКТА РАЗРАБОТКИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А. Д. Морикова, О. К. Погудина

Предметом исследования в статье является процессы разработки технических систем. **Целью** является повышение качества планирования основных характеристик проекта разработки технических систем. **Задачи:** проанализированы работы в области учета рисков при планировании проектов, обоснован выбор метода планирования основных показателей проекта с учетом неопределенности и рисков, разработан и апробирован метод учета взаимовлияния рисков в проекте разработки технических систем, на примере разработки авиационного двигателя. Используемыми **методами** являются: метод дискретно-событийного моделирова-

ния для получения гистограмм стоимости и времени разработки технических систем, метод расчета совокупного ущерба рисков событий, модель матричного представления в качестве математического аппарата для представления и исследования взаимовлияния рисков. Получены следующие **результаты**. Проанализированы существующие работы и стандарты в области управления рисками, рассмотрена существующая информационная система моделирования проекта учета рисков и вариативности проекта. На основе обнаруженных ограничений разработан усовершенствованный метод планирования основных показателей проекта. Рассмотрен процесс идентификации и определены следующие категории рисков: ожидания, стоимости, возникновения дополнительной работы, возврата. Приведена типология взаимовлияния рисков, формализованы понятия аддитивности, синергии (взаимоусиливаемости) и каннибализации (взаимопогашаемости). Создана информационная подсистема, которая подготавливает входные данные для моделирования показателей проекта с учетом рисков, где использованы данные матриц взаимосвязи вероятности возникновения рисков и взаимовлияние последствий проявления рисков событий. Разработанная информационная подсистема апробирована на расчете показателя стоимости и времени выполнения этапа научно-исследовательских работ по разработке авиационного двигателя. **Научная новизна** полученных результатов состоит в следующем: усовершенствован метод дискретно-событийного моделирования учета рисков проекта разработки технических систем с помощью добавления метода формализации взаимовлияния рисков

Ключевые слова: техническая система; проект разработки; управление рисками; дискретно-событийное моделирование; идентификация рисков; взаимовлияние рисков; матрица вероятностей риска; матрица последствий риска.

MODIFICATION OF THE METHOD FOR CONSIDERING RISKS OF THE DEVELOPMENT TECHNICAL SYSTEM PROJECTS

A. D. Morikova, O. K. Pohudina

Subject research paper is the development of technical systems. The aim is to improve the quality of planning the basic characteristics of technical systems development project. Objective is to analyze the works in the area of risk when planning projects, justified the choice of method of planning the main indicators of the project taking into account the uncertainties and risks, developed and tested method of accounting for risks of interference in the project of development of technical systems on the example of the development of an aircraft engine. Used theoretical methods are: the method of discrete-event simulation for obtaining histograms of cost and time of development of technical systems, the method of calculating the cumulative damage risk events, the model matrix representation as a mathematical device for the presentation and study of interference risks. We obtained the following results. Analysis of existing work and standards in the field of risk management, reviewed the existing information system of risk-based project simulation and variability of the project. On the basis of the detected restriction provides an improved method for the basic parameters of the project planning. The process of identification and the following categories of risk identified: the expectations, cost, appearance of additional work, return. Given the typology of interference risks formalized the concept of additivity, synergy and cannibalization (negative synergy). An information subsystem that prepares input to project performance simulation taking into account the risks, where the use of the data matrix relationship likelihood of risks and interference effects manifestations of risk events. Developed information subsystem was tested on calculation Show cost and runtime stages of research works on the development of an aircraft engine. Scientific novelty of the results is as follows: improved method of discrete-event simulation account of technical systems development project risks by adding a formalization of interference risks.

Keywords: technical system; development project; risk management; discrete-event simulation; identification of risks; interference risks; risk probability matrix; consequences of risk matrix.

Морікова Анастасія Дмитрівна – аспірантка кафедри інформаційних технологій проектування, Національний Аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

Погудіна Ольга Костянтинівна – канд. техн. наук, доцент кафедри інформаційних технологій проектування, Національний Аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

Morikova Anastasiia Dmitrovna – PhD student in Department "Information Technology of Design", National Aerospace University "Kharkov Aviation Institute", Kharkov, Ukraine, e-mail: 4nosach4@gmail.com, ORCID Author ID: 0000-0003-3225-4550, ResearcherID: B-6568-2019, <https://scholar.google.com.ua/citations?user=iqhOK7MAAAAJ&hl=ru>.

Pohudina Olha Kostyantynivna – PhD in Tecnic, Associate Professor in Department "Information Technology of Design", National Aerospace University "Kharkov Aviation Institute", Kharkov, Ukraine, e-mail: ok.pogudina@gmail.com, ORCID Author ID: 0000-0001-5689-2552, Scopus Author ID: 57204907264, ResearcherID: Y-1277-2019, <https://scholar.google.com.ua/citations?user=-yKGgW8AAAAAJ&hl=ru>.