

УДК 65.014(075.8)

[https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-11\(39\)-914-925](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-11(39)-914-925)

Кривова Світлана Георгіївна кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», просп. Берестейський, 37, м. Київ, 03056, тел.: (095) 240-16-55, <https://orcid.org/0000-0002-5677-3729>

Трубачев Сергій Іванович кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», просп. Берестейський, 37, м. Київ, 03056, тел.: (099) 239-70-78, <https://orcid.org/0000-0002-7349-9426>

НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ У ПРОЄКТНІЙ І СИСТЕМНО-ІНЖЕНЕРНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ СТВОРЕННЯ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Анотація. Характерною особливістю проєктної діяльності є високий ступень невизначеності. Особливо високий рівень невизначеності характерний для проєктів створення складних технічних систем (СТС). Не врахування невизначеності збільшує ризики і може суттєво вплинути на досягнення кінцевого результату проєкту. Отже, проблема більш детального дослідження і вдосконалення процедур визначення невизначеності при реалізації процесів управління проєктами і системної інженерії при створенні СТС є актуальною і потребує дослідження.

У роботі був проведений аналіз літературних та інших джерел інформації та досліджені практичні приклади реалізації проєктів створення різноманітних систем, у тому числі СТС, були виявлені особливості визначення факторів невизначеності для різних видів діяльності (операційної, проєктної та системно-інженерної) при створенні СТС. Було запропоноване вербальне співставлення факторів невизначеності характерних для різних видів діяльності при створенні СТС, яке може бути використане для формування понятійного середовища експертів перспективного експертного опитування щодо визначення найбільш значущих факторів невизначеності при створенні СТС.

Ключові слова: системна інженерія, управління проєктами, складна технічна система, невизначеність, процеси управління проєктами і системної інженерії, наукоємний продукт.

Kryvova Svitlana Heorhiyivna PhD, Associate Professor, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Ave. Beresteysky, 37, Kyiv, 03056, tel.: (095) 240-16-55, <https://orcid.org/0000-0002-5677-3729>

Trubachev Serhii Ivanovich PhD, Associate Professor, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ave. Beresteysky, 37, Kyiv, 03056, tel.: (099) 239-70-78, <https://orcid.org/0000-0002-7349-9426>

UNCERTAINTY IN THE PROJECT AND SYSTEM ENGINEERING ACTIVITIES OF CREATING COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS

Abstract. A characteristic feature of project activities is a high degree of uncertainty. A particularly high level of uncertainty is characteristic of complex technical systems (CTS) projects. Failure to take uncertainty into account increases risks and can significantly affect the achievement of the project's final result. Therefore, the problem of a more detailed study and improvement of procedures for determining uncertainty in the implementation of project management and systems engineering processes in the creation of CTS is relevant and needs to be investigated.

The paper analyzed the literature and other sources of information and studied practical examples of the implementation of projects for the creation of various systems, including CTS, and identified the features of determining uncertainty factors for various types of activities (operational, design, and system engineering) in the creation of CTS. A verbal comparison of the uncertainty factors characteristic of different types of activities in the creation of CTS was proposed, which can be used to form the conceptual environment of experts of a prospective expert survey to determine the most significant uncertainty factors in the creation of CTS.

Keywords: systems engineering, project management, complex technical system, uncertainty, project management and systems engineering processes, knowledge-intensive product.

Постановка проблеми. Важливою основою створення конкурентоспроможних складних технічних систем (СТС) – літальних апаратів, складних систем озброєння, космічних апаратів – є ефективна інтеграція методології управління проектами і системної інженерії [1,2].

Характерною особливістю будь-якої проектної діяльності, що відрізняє її від загальноекономічної - операційної діяльності з повторюваними результатами, є створення унікального результату, що в свою чергу призводить до появи численних невідомих факторів і невизначеності. Саме унікальність результату проекту є основним джерелом невизначеності. Оскільки проект створює щось нове, процес його реалізації включає безліч невідомих змінних, від технологічних аспектів до людського фактору і зовнішніх умов. Особливо високий рівень невизначеності характерний для проектів створення СТС. У таких проектах інновації є необхідністю, що автоматично збільшує рівень невизначеності. Наприклад, у процесі розробки нового літака необхідно інтегрувати нові технології, матеріали і системи, які

ще не проходили перевірку в реальних умовах. Це призводить до зростання технічних і управлінських ризиків. Проекти створення СТС, наприклад, Boeing 787 Dreamliner або Airbus A380 демонструють, що рівень невизначеності підвищується в міру збільшення складності й новизни проєкту. У таких випадках невизначеність може виникати на всіх етапах життєвого циклу проєкту: від концептуального дизайну до фінального тестування і сертифікації. Висока залежність від новітніх технологій і багаточисленні складні коопераційні зв'язки лише ускладнюють управління невизначеністю.

Останні дослідження в галузі управління проєктами і системної інженерії, пов'язані зі створенням СТС, висвітлюють важливість розуміння та управління невизначеністю. Тому дослідження спрямовані на аналіз факторів прояву невизначеності при створенні СТС є актуальною науковою і прикладною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У проєктній діяльності невизначеність зазвичай трактується як відсутність визначеності щодо майбутнього розвитку подій у проєкті, яка може бути пов'язана як з внутрішніми, так і з зовнішніми факторами [3], чи як фактор, який впливає на проєкт і виникає через нестачу інформації або непередбачуваність подій [4].

У контексті системної інженерії невизначеність розглядається як невід'ємна частина складних інженерних систем, що виникає через складність і динамічність технологічних і соціальних середовищ, вона може стосуватися як технічних, так і нетехнічних факторів [5]. В інших джерелах "невизначеність" визначається як чинник, що виникає через обмеження інформації та складність прогнозування подій або результатів у процесі системної інженерії [6].

Джерела акцентують увагу на тому, що складні проєкти, через свою унікальність і складність, часто стикаються з вищим рівнем невизначеності у порівнянні з операційною діяльністю [7].

Автори пропонують різноманітні підходи до визначення факторів невизначеності у проєктній діяльності. Так, наприклад, серед головних факторів невизначеності згадуються технічна невизначеність, пов'язана з новими технологіями і інноваціями; операційна невизначеність, викликана впливом зовнішніх чинників; ресурсна невизначеність і невизначеність результатів проєкту [8]. Інші автори виділяють такі фактори невизначеності проєктної діяльності, як змінність вхідних даних проєкту через коливання ресурсів, технологічний прогрес або зміну ринкових вимог; конфлікти інтересів або пріоритетів між зацікавленими сторонами проєкту; труднощі прийняття рішень через неповноту інформації [3]. Автори підкреслюють, що невизначеність може бути як внутрішньою, пов'язаною із самим проєктом, так і зовнішньою, що залежить від зовнішніх умов. Відповідним чином можуть бути виділені фактори зовнішніх впливів: зміни у законодавстві, економічні кризи, нові регуляторні вимоги, змінні очікування зацікавлених сторін і

фактори внутрішніх впливів: труднощі, пов'язані із впровадженням нових технологій або застосуванням нових методів, проблеми з управлінням, комунікацією в команді, зміни у структурі керівництва або людських ресурсах [7].

Джерела з системної інженерії досліджують фактори невизначеності в контексті створення СТС. Одним із головних факторів невизначеності є взаємозалежність компонентів системи, коли зміни в одній частині системи можуть непередбачувано впливати на інші. Ця складність збільшує невизначеність щодо того, як система буде працювати з часом, особливо враховуючи зовнішні впливи, такі як технічний прогрес або зміни в поведінці користувачів. Автори також розглядають невизначеність, пов'язану з життєвими характеристиками системи, наприклад, гнучкість, надійність, масштабованість. Ці характеристики необхідно враховувати з самого початку проектування, але їхня довгострокова поведінка може бути невизначеною через змінний контекст експлуатації та взаємодії користувачів [5], [6].

Незважаючи на деякі відмінності у підходах до визначення факторів невизначеності, автори одностайно наголошують, що ефективна ідентифікація і управління невизначеністю є критично важливим для успішної реалізації проєктів, особливо у складних і динамічних середовищах [3-7].

Підсумовуючи проведений аналіз літературних і інших джерел можна зробити висновок про актуальність проблематики аналізу і оцінки невизначеності, як найважливішого фактора, що визначає ефективність діяльності зі створення СТС.

Також можна відмітити, що у цілому ряді робіт [3], [8], [9] прояв факторів невизначеності розглядався окремо – відносно діяльності з управління проєктом. У ряді робіт [5], [6] та інших невизначеність аналізувалась як фактор притаманний системно-інженерній діяльності. Розгляду різних проявів факторів невизначеності у комплексі і взаємозв'язку двох різних по функціональному призначенню видів діяльності: управління проєктами і системної інженерії, до цього часу, відповідної уваги приділено не було. Це може мати суттєвий вплив на ефективність прийняття рішень, особливо на ранніх етапах розвитку проєктів, коли невизначеність є найвищою. Недостатня увага до цих аспектів призводить до того, що фахівці часто змушені покладатися на обмежені або неточні дані, що може призвести до неоптимальних рішень. Це, в свою чергу, знижує загальну ефективність управління проєктами, збільшує ризики та підвищує витрати на подолання непередбачених проблем на подальших етапах проєкту.

Таким чином, проблема більш детального дослідження і вдосконалення процедур визначення невизначеності при реалізації процесів управління проєктами і системної інженерії при створенні СТС є актуальною і потребує дослідження.

Мета статті. Метою даної статті є вдосконалення процедур визначення факторів невизначеності у взаємопов'язаних процесах управління опера-

ційною діяльністю, управління проектами і системної інженерії під час створення СТС.

Для досягнення цієї мети були сформульовані наступні задачі:

- проаналізувати найбільш репрезентативну інформацію з літературних та інших джерел в області управління проектами і системної інженерії, виявити особливості визначення факторів невизначеності для різних видів діяльності (операційної, проектної та системно-інженерної) при створенні СТС, дослідити практичні приклади впливу різноманітних факторів невизначеності під час реалізації проектів створення різноманітних систем, у тому числі СТС;

- підготувати вербальне співставлення факторів невизначеності характерних для різних видів діяльності (операційної, проектної та системно-інженерної), яке на наступних етапах досліджень буде використане для формування понятійного середовища експертів перспективного експертного опитування щодо визначення найбільш значущих факторів невизначеності при створенні СТС.

Виклад основного матеріалу. Прийнято вважати, що у загальноекономічній діяльності невизначеність визначається чотирма основними факторами [10]:

- невизначеністю середовища;
- невизначеністю прийняття рішень;
- невизначеністю наслідків прийняття рішень;
- невизначеністю пов'язаною зі зміною параметрів, умов функціонування системи у майбутньому (варіаційна невизначеність).

Це можна розповсюдити на встановлення невизначеності операційної діяльності у широкому розумінні сенсу цього терміна.

Очевидним є, що різним видам діяльності можна поставити у відповідність різні рівні невизначеності.

Розглядаючи **перший** з чотирьох основних **факторів**, які визначають загальноекономічну – операційну діяльність, зауважимо, що у проектній діяльності у порівнянні з операційною діяльністю, невизначеність, пов'язана із зовнішнім середовищем, часто стає критичним фактором. Це пов'язано з тим, що споживачі можуть не одразу сприйняти інноваційні рішення, і необхідно враховувати численні фактори, які впливають на їхню реакцію. Внутрішня невизначеність також є викликом, адже кожен проект вимагає нової команди та нової структури кооперації з постачальниками.

Одним із показових прикладів є розробка та виведення на ринок перших фрезерних верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПУ) компанією Haas Automation. Проект, започаткований у 1983 році, був інноваційним і зіткнувся з невизначеністю на багатьох рівнях. Невідомою була реакція клієнтів на нові машини з ЧПУ, які на той момент ще не були широко

використовуваними в індустрії машинобудування. Також команда розробників стикалася з внутрішніми труднощами, оскільки багато з них вперше працювали з такою складною технікою. Перші продажі йшли повільно, але з часом Haas Automation змогла створити новий стандарт для виробництва верстатів з ЧПУ, який став затребуваним по всьому світу.

Другий фактор невизначеності, типовий для операційної діяльності – невизначеність прийняття рішень. Очевидно, що проєктна діяльність, у порівнянні з операційною, завжди супроводжується більшою невизначеністю у прийнятті рішень, оскільки на всіх етапах, від ініціації до завершення проєкту, виникають питання, які потребують вироблення нових унікальних рішень. У якості прикладу, можна звернутись до досвіду Компанії Okuma, відомого розробника і виробника верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПУ), яка стикалася з невизначеністю у процесі створення нових моделей верстатів. На етапі проєктування виникала необхідність прийняття численних рішень, що стосувалися як технічних характеристик нових верстатів, так і реакції ринку. Наприклад, під час розробки системи OSP-R300A для верстатів з ЧПУ, компанія стикалася з питанням, як інтегрувати нові функції для підвищення ефективності виробництва, не збільшуючи собівартості. Невизначеність у прийнятті рішень на цьому етапі була пов'язана з необхідністю збалансувати інновації та економічну ефективність.

Третій фактор невизначеності, характерний для операційної діяльності – невизначеність наслідків прийняття рішень. Проєктна діяльність зазвичай пов'язана зі створенням унікальних продуктів або технологій, що супроводжується високим рівнем ризиків. Рішення, прийняті на різних етапах проєкту, можуть мати далекосяжні наслідки, які неможливо передбачити повністю, що робить невизначеність наслідків прийняття рішень вищою, ніж в операційній діяльності. Наприклад, компанія Fronius International, яка спеціалізується на розробці обладнання для зварювання, зіткнулася з невизначеністю наслідків прийняття рішень у процесі розробки зварювальних систем для аерокосмічної промисловості. Нові вимоги до безпеки та якості зварювальних швів призвели до того, що компанії довелося приймати рішення щодо використання нових матеріалів та технологій. Ризики були значними, оскільки будь-яка помилка у прийнятті рішень могла призвести до технічних несправностей під час експлуатації літаків або ракет, а це – величезні фінансові та репутаційні втрати.

Четвертий фактор невизначеності, пов'язаний зі зміною параметрів або умов функціонування системи у майбутньому (варіаційна невизначеність), є особливо важливим для проєктної діяльності. У результаті створення унікального продукту або послуги можуть виникнути непередбачувані зміни

у його роботі в подальші періоди часу. Це може бути пов'язано з технологічними інноваціями, новими вимогами ринку, регулятивними змінами або зносом матеріалів. Наприклад, компанія DMG Mori під час розробки верстатів для високоточних операцій зіштовхнулася з невизначеністю, пов'язаною зі зміною параметрів у довгостроковій перспективі. Спочатку ці верстати проєктувалися для роботи з конкретними матеріалами, але подальші зміни у стандартах обробки матеріалів або появі нових сплавів впливали на ефективність цих верстатів. Це потребувало модернізації обладнання або його адаптації до нових умов.

Наразі розглянемо, яким чином зміниться невизначеність проєктної діяльності, якщо її метою буде створення СТС. Наприклад, з області авіа-ракетобудування. Тобто вид діяльності залишається таким же самим – проєктна, але змінюється тип продукту, як її результат – це продукт, який відноситься до категорії СТС. Розглянемо, які додаткові невизначеності це привнесе до проєктної діяльності.

Як мінімум, до всіх чотирьох факторів додадуться невизначеності, що визначаються особливостями системно-інженерної діяльності і особливостями унікального продукту – СТС, що підтверджується численними практичними прикладами, деякі з яких наведені нижче.

Так, розглядаючи вплив **першого фактору** – невизначеності середовища – необхідно згадати, що проєкти створення СТС зазвичай характеризуються значною тривалістю (від 5-10 років і довше). За цей час ринкові умови можуть змінитися настільки, що початкові припущення, на яких базувалася розробка, стають неактуальними. Можуть змінюватись закони та стандарти, пов'язані з безпекою, екологічністю чи енергоспоживанням, що може не лише збільшувати витрати, але й ускладнювати завершення проєкту в заплановані строки. Глобалізація, зміна політичних режимів, економічні кризи, швидкий розвиток нових технологій – усі ці зовнішні фактори можуть зробити початковий проєкт створення СТС менш доцільним або економічно не вигідним.

Показовим прикладом невизначеності реакції ринку може бути найбільший у світі серійний пасажирський літак Airbus A380. Компанія Airbus створювала цей проєкт з метою збільшити пропускну здатність авіаперевезень. Під час запуску проєкту А-380 експерти оцінювали потенційний обсяг ринку літаків такого типу у 600 одиниць. Згодом стало зрозуміло, що ці прогнози не підтверджуються, кон'юнктура ринку змінилась, обсяги замовлень на модель А-380 почали падати у зв'язку з переходом авіакомпаній на літаки меншого розміру – великі літаки було складно заповнювати пасажирями, крім того, до такого переходу підштовхнули жорсткі норми щодо викидів. Додатково ситуацію погіршила пандемія COVID-19. І у 2019 році

компанія Airbus повідомила про завершення виробництва A-380. Загалом авіакомпаніям було поставлено 234 авіалайнери A-380 – менше половини від кількості, що прогнозувалась спочатку (600 літаків).

Прикладом зростаючої невизначеності внутрішнього середовища, особливо в контексті формування проектної команди, може бути згаданий проєкт створення Airbus A380, коли багатонаціональна команда стикнулася з труднощами в координації та узгодженні роботи через різні культурні підходи до проектування та управління. Це призвело до затримок у виконанні проєкту та збільшення його вартості.

Як вже зазначалось, унікальність кожного авіаційного проєкту вимагає формування нового складу кооперантів-постачальників, що також підвищує загальну невизначеність. Прикладом може бути проєкт створення Boeing 737 MAX, де залучення нових постачальників і використання інноваційних технологій призвело до додаткових викликів у виробничому процесі, що в кінцевому підсумку вплинуло на надійність системи управління польотом.

Розглядаючи невизначеність у прийнятті рішень (другий фактор) під час створення складних технічних систем можна згадати проєкт створення Boeing 787 Dreamliner, коли компанія-розробник зіткнулася з численними викликами в процесі прийняття рішень щодо використання нових матеріалів та інтеграції нових технологій у виробництво. Це призвело до ряду непередбачених проблем, включаючи затримки в постачанні матеріалів і технічні труднощі, що значно вплинуло на строки реалізації проєкту.

Подібна ситуація виникла і з Airbus A350, де інженерні рішення щодо дизайну фюзеляжу і систем літака доводилося приймати в умовах високої невизначеності. Зміни в технічних вимогах від авіакомпаній, які були замовниками літаків, часто вимагали перегляду планів і коригування рішень, що призводило до додаткових витрат і ризиків.

При створенні складних технічних систем ще більшої важливості набуває **третій фактор** невизначеності – невизначеність наслідків прийняття рішень – через унікальність кожного проєкту та його результату. Наприклад, при розробці Boeing 787 Dreamliner, рішення щодо використання нових матеріалів, таких як композити, та інноваційних технологій, призвели до непередбачених наслідків, таких як затримки в постачанні, технічні проблеми та значне перевищення бюджету.

Четвертий фактор – невизначеність, пов'язана зі зміною параметрів і умов функціонування системи в майбутньому (варіаційна невизначеність), є особливо критичною в проєктах створення СТС. В авіабудуванні унікальні проєкти, такі як розробка Boeing 747, зіштовхуються з ризиком того, що параметри та умови експлуатації літака можуть змінитися протягом його

життєвого циклу. Це включає нові вимоги щодо екологічних стандартів, змін у правилах безпеки або розвитку нових технологій, які можуть застарити існуючі рішення.

Наприклад, у випадку з Airbus A350 XWB, зміна умов функціонування системи, пов'язана зі збільшенням дальності польотів і новими вимогами щодо паливної ефективності, вимагала впровадження нових технологій і матеріалів. Хоча ці інновації забезпечили конкурентну перевагу, вони також призвели до варіаційної невизначеності, пов'язаної з довговічністю нових матеріалів і їхньою поведінкою в різних умовах експлуатації.

Викладені вище теоритичні обґрунтування щодо аналізу факторів невизначеності, підтверджені прикладами з практики створення СТС, можуть бути оформлені у вигляді вербального співставлення факторів невизначеності характерних для різних видів діяльності при створенні СТС (табл. 1 і табл. 2).

Таблиця 1.

Вербальне співставлення факторів невизначеності характерних для загально-економічної-операційної і проєктної діяльності

Фактори невизначеності типові для загально-економічної – операційної діяльності	Коментарі, підготовлені модератором для порівняння факторів невизначеності загально-економічної – операційної і проєктної діяльності
Фактор невизначеності середовища	У проєктній діяльності невизначеність, що формується середовищем, зростає за рахунок невизначеності зовнішнього середовища – невідомості реакції споживачів на новий продукт, послугу, або результат і зростаючою невизначеністю внутрішнього середовища – команди проєкту, що формується під кожний проєкт індивідуально. Окрім того, для кожного проєкта склад кооперантів-постачальників формується з нуля, що також підвищує невизначеність середовища.
Фактор невизначеності прийняття рішень	Проєктна діяльність, в силу націленості на отримання унікального продукту, послуги або результату, буде мати на всіх своїх етапах, починаючи від моменту ініціації і далі – планування, виконання, моніторингу і завершення – більшу невизначеність у виробленні і прийнятті рішень у порівнянні з операційною діяльністю.
Фактор невизначеності наслідків прийняття рішень	Так як невизначеність прийняття рішень у проєктній діяльності є вищою у порівнянні з операційною діяльністю, то і невизначеність наслідків прийняття цих рішень для проєктної діяльності буде вищою.
- Фактор невизначеності пов'язаної зі зміною параметрів, умов функціонування системи у майбутньому (варіаційна невизначеність).	Так як результатом проєктної діяльності є унікальний продукт, послуга, або результат, то у зв'язку з унікальністю, можна очікувати більшої невизначеності прояву їх властивостей у майбутньому періоді часу у порівнянні з операційною діяльністю.

Таблиця 2.

**Вербальне співставлення факторів невизначеності характерних
для загально-проектної і системно-інженерної діяльності**

Фактори невизначеності типові для проектної діяльності	Коментарі, підготовлені модератором для порівняння факторів невизначеності проектної і системно-інженерної діяльності
Фактор невизначеності середовища	Значна тривалість проектів створення СТС спричиняє зростання невизначеності зовнішнього середовища за рахунок змін на ринку авіаперевезень, екологічних вимог або нових регуляторних стандартів. Окрім того проекти створення СТС зазвичай потребують залучення багаточисельних мультикультурних команд і великої кількості кооперантів, що спричиняє підвищення невизначеності внутрішнього середовища. Отже, можна зробити висновок про вищу невизначеність середовища системно-інженерної діяльності у порівнянні з проектною діяльністю.
Фактор невизначеності прийняття рішень	Системно-інженерна діяльність зазвичай характеризується високою інноваційністю і технічною складністю інженерних рішень, що передбачають інтеграцію численних технологічних компонентів, які взаємодіють між собою. Відсутність прецедентів та попереднього досвіду значно ускладнює оцінку ризиків та можливих наслідків. Отже, невизначеність прийняття рішень у системно-інженерній діяльності зазвичай вища ніж у проектній діяльності за рахунок
Фактор невизначеності наслідків прийняття рішень	Так як невизначеність прийняття рішень у системно-інженерній діяльності є вищою у порівнянні з проектною діяльністю то і невизначеність наслідків прийняття цих рішень для системно-інженерної діяльності буде вищою.
- Фактор невизначеності пов'язаної зі зміною параметрів, умов функціонування системи у майбутньому (варіаційна невизначеність).	СТС мають численні компоненти та параметри, що взаємодіють один з одним, зміна одного з них у майбутньому може непередбачувано впливати на інші параметри та на загальне функціонування системи. Життєвий цикл СТС може бути досить довгим, що робить важким передбачення того, які параметри або умови можуть змінитися протягом цього часу. Зміни у середовищі експлуатації, зовнішніх чинниках або технологічних вимогах можуть значно вплинути на ефективність і стабільність системи, що робить точне прогнозування її поведінки складним. Отже, варіаційна невизначеність системно-інженерної діяльності є вищою у порівнянні з проектною діяльністю.

Підготовлені дані можуть бути використанні для формування понятійного середовища експертів при проведенні перспективного експертного

опитування щодо визначення найбільш значущих факторів невизначеності характерних для діяльності з управління проектами і системної інженерії.

Висновки. На основі проведеного аналізу літературних та інших джерел інформації була встановлена актуальність проблематики оцінки невизначеності, як важливого фактору, що визначає ефективність діяльності з управління проектом і системної інженерії створення СТС, були виявлені особливості визначення факторів невизначеності для різних видів діяльності (операційної, проектної та системно-інженерної) при створенні СТС. Були проаналізовані практичні приклади впливу різноманітних факторів невизначеності під час реалізації проектів створення різноманітних систем, у тому числі СТС.

Запропоноване вербальне співставлення факторів невизначеності характерних для різних видів діяльності при створенні СТС, яке буде використане для формування понятійної середи експертів перспективного експертного опитування щодо визначення найбільш значущих факторів невизначеності при створенні СТС на наступних етапах досліджень.

Література:

1. Кривов, Г. О. Управління проектами у наукоємному машинобудуванні [Електронний ресурс] : навчальний посібник / Г. О. Кривов, К. О. Зворикін, С. Г. Кривова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,54 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 224 с.
2. Основи системної інженерії [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» / Г. О. Кривов, С. Г. Кривова, К. О. Зворикін, О. Є. Зубаньов; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 17,02 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 322 с.
3. Cleden, D. (2017). Managing Project Uncertainty. Routledge.
4. Kerzner, H. (2017). Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. Wiley.
5. de Weck, O. L., Roos, D., & Magee, C. L. (2011). Engineering Systems: Meeting Human Needs in a Complex Technological World. MIT Press
6. Blanchard, B. S., & Fabrycky, W. J. (2010). Systems Engineering and Analysis (5th ed.). Prentice Hall.
7. Loosemore, M. (2006). Exploring Risk and Uncertainty in Projects. Taylor & Francis.
8. Chapman, C., & Ward, S. (2003). Project Risk Management: Processes, Techniques and Insights. Wiley.
9. De Meyer, A., Loch, C.H., Pich, M.T. "Managing project uncertainty: from variation to Chaos". MIT Sloan Management Review, 2002.
10. Авдийский В.И., Безденежный В.М. Неопределенность, изменчивость и противоречивость в задачах анализа рисков поведения экономических систем Эффективное антикризисное управление – 2011. – №3. – С. 46-62
11. <https://www.haascnc.com/index.html>
12. <https://www.okuma.com/>
13. <https://www.fronius.com/en>
14. Pilling, M. (2019). The rise and fall of the Airbus A380. FlightGlobal
15. Nolan, P. (2015). Boeing 787 Dreamliner: Innovation Gone Wrong. Business Case Studies.

References:

1. Kryvov, H. O., Zvorykin, K. O. & Kryvova S. H. (2019) Upravlinnia proektamy u naukoiemnomu mashynobuduvanni [Project management in knowledge-intensive engineering]. Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho
2. Kryvov, H. O., Kryvova, S. H., Zvorykin, K. O. & Zubanov, O. E. (2022) Osnovy systemnoi inzhenerii [Fundamentals of system engineering]. Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho
3. Cleden, D. (2017). Managing Project Uncertainty. Routledge.
4. Kerzner, H. (2017). Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. Wiley.
5. de Weck, O. L., Roos, D., & Magee, C. L. (2011). Engineering Systems: Meeting Human Needs in a Complex Technological World. MIT Press
6. Blanchard, B. S., & Fabrycky, W. J. (2010). Systems Engineering and Analysis (5th ed.). Prentice Hall.
7. Loosemore, M. (2006). Exploring Risk and Uncertainty in Projects. Taylor & Francis.
8. Chapman, C., & Ward, S. (2003). Project Risk Management: Processes, Techniques and Insights. Wiley.
9. De Meyer, A., Loch, C.H., Pich, M.T. "Managing project uncertainty: from variation to Chaos". MIT Sloan Management Review, 2002.
10. Avdyiskyi, V.Y. & Bezdenezhnyi V.M. (2011) Neopredelennost, yzmenchivost y protyvorechyvost v zadachakh analiza ryskov povedenya ekonomycheskykh system [Uncertainty, variability and contradiction in the tasks of risk analysis of economic systems behavior] Effective anti-crisis management, 3, 46-62
11. <https://www.haascnc.com/index.html>
12. <https://www.okuma.com/>
13. <https://www.fronius.com/en>
14. Pilling, M. (2019). The rise and fall of the Airbus A380. FlightGlobal
15. Nolan, P. (2015). Boeing 787 Dreamliner: Innovation Gone Wrong. Business Case Studies.