

Д. П. ЛИТВИНЕНКО, О. В. МАЛЄЄВА, А. В. ЄЛІЗЄВА

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Україна

БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГІЇ В УПРАВЛІННІ КОМУНІКАЦІЯМИ ІНФРАСТРУКТУРНИХ ПРОЕКТІВ

Предметом дослідження у статті є процеси і технології управління комунікаціями інфраструктурних проєктів. Розглядаються можливості застосування технології блокчейн в області управління проєктами. **Мета** роботи: підвищення інформаційної безпеки інфраструктурних проєктів. Буде зменшено ризики комунікацій стейкхолдерів шляхом підвищення безпеки звернення до даних та зменшення часу на їх обробку, що в свою чергу забезпечить більш гнучке управління проєктом. **Задачі** роботи: проаналізувати сучасний стан розвитку технології блокчейн й провести порівняльний аналіз технологій і сучасних загальноприйнятих методів управління, навести приклади впровадження, визначити переваги технології блокчейн в сучасних умовах; проаналізувати переваги розумних контрактів в управлінні комунікаціями; застосувати модель життєвого циклу розумного контракту. **Методи** дослідження: системний аналіз, проєктний підхід, структурне моделювання, інструмент Geth, мова програмування Solidity. **Отримані такі результати.** Охарактеризовані основні напрямки розвитку і впровадження технології блокчейн, зібрані й проаналізовані приклади застосування технології блокчейн в різних сферах, визначені основні переваги й недоліки технології, проведений порівняльний аналіз технології блокчейн і класичних методів управління проєктами, описані можливості застосування впровадження розумних контрактів, визначені переваги і недоліки інструменту розумних контрактів в порівнянні з традиційним підходом. Набула подальшого розвитку модель життєвого циклу розумного контракту для забезпечення комунікацій в інфраструктурних проєктах. Модель описує етапи створення розумного контракту, його встановлення в блокчейн, виконання й закриття контракту. Наведений приклад застосування розумного контракту для етапу складного фінансування проєкту, що зменшує ризики, пов'язані з невиконанням контракту. **Висновки.** Наукова новизна отриманих результатів полягає в подальшому розвитку моделі життєвого циклу розумного контракту в управлінні комунікаціями інфраструктурного проєкту. Це дозволяє підвищити інформаційну безпеку, зменшити можливі ризики і підвищує реалізованість інфраструктурного проєкту за рахунок застосування технології блокчейн в порівнянні з класичними методами управління проєктами.

Ключові слова: технологія блокчейн; управління проєктами; інфраструктурний проєкт; розумний контракт; модель життєвого циклу; управління комунікаціями.

Вступ

Одна з головних характерних проблем сучасного управління проєктами, яка має тенденцію до загострення, – це вирішення питання децентралізованого управління, яке було б безпечним з точки зору процесів та інформації [1, 2]. Особливо критичним став 2020 рік, коли під час світової пандемії COVID-19 більша частина бізнесу була змушена пристосуватися до нових умов децентралізованого управління в кризовій ситуації та при відсутності стабільних інструментів переходу на віддалені умови роботи і відсутності стійких рекомендацій щодо таких умов. Проте, в часи постіндустріальної економіки для багатьох компаній такі тенденції не є новими, і багато хто з менеджменту різних рівнів вже активно практикував віддалений режим роботи за деякий час до пандемії.

Оскільки мільйони людей тепер працюють зі своїх власних будинків, ми стали свідками перево-

роту у світі віддаленої праці та докорінної зміни ринку віддаленої робочої сили. ІТ-команди покладали чимало зусиль для пристосування до нових умов і правил гри для цілих компаній. Багато хто вже говорить про позитивність такого революційного кроку в бізнес моделях, але нові умови створюють безпрецедентні виклики у сфері захисту інформації і ці виклики мають бути подолані у найкоротший проміжок часу.

При збільшенні кількості віддалених користувачів та збільшенням масштабів систем комунікацій та обробки даних одночасно падає і надійність. Така ситуація вимагає негайного виправлення та впровадження нових технологій, систем та моделей, які б працювали на принципах децентралізації, були достатньо надійними та компоненти яких могли б підтримувати значну автономність. В таких умовах компанії вже почали переформатування своїх систем, що не може не вплинути на кінцеву вартість продукту, а проєкти, якими ці компанії керують,

вимушені негайно переоцінювати трикутник терміни-якість-вартість.

Постановка задачі

Метою роботи є підвищення інформаційної безпеки інфраструктурних проектів.

Слід відзначити, що галузева специфіка сфери управління комунікаціями між стейкхолдерами досліджена слабо. Хоча важливість управління комунікаціями в межах галузі була описана як ключова у ряді досліджень [3, 4], а слабка комунікація часто визначається як основний фактор провалів у інфраструктурних проектах [5]. Одним з найважливіших та найпоширеніших методів обміну інформацією між стейкхолдерами залишаються контракти, специфікації, звіти, розклади, розрахунки, схеми, фотографії, адженди та задокументовані результати зустрічей. Стандартизація, вільний доступ та захист від змін грає надважливу роль для побудови стійких та надійних комунікаційних моделей. Перед ІТ сектором вже зараз стоїть задача забезпечувати швидкий, надійний та безпечний обмін усіх зазначених документів. Забезпечення цих характеристик дозволяє знизити ризики та побудувати довірливі відносини серед учасників проекту.

Значне місце в інфраструктурних проектах відіграє спілкування з місцевим населенням та донесення інформації для соціальних груп. Для цього часто використовують телебачення, друковані ЗМІ, зовнішню рекламу, публічні зустрічі та презентації. Інтернет мережа у цьому випадку теж грає не останню роль, як ефективний та сучасний засіб донесення інформації. Так сайт проекту, завдяки вчасному оновленню, може стати основним джерелом свіжої та надійної інформації для різних категорії стейкхолдерів та бути загальнодоступним у будь який час доби.

Отже, один з інструментів, який має потенціал значно допомогти компаніям вирішити поточні проблеми комунікацій та безпеки – це технологія блокчейн. Технологія блокчейн не є новою. За останні роки сфери її застосування значно поширилися та широко застосовані, проте, вона не має досі всеосяжного застосування у галузі управління проектами. Технологія блокчейн – це автономна та саморегульована система, яка може бути абсолютно публічною та існувати без яскраво вираженого регулятора, так і мати застосування у корпоративному секторі. Це дозволяє застосовувати Blockchain технології надзвичайно гнучко та у різних сферах життя. Проте, ця технологія досі не знаходить широкого застосування у галузі управління проектами.

Одна з головних проблем запровадження блокчейна у сфері управління проектами – це питання

перебудови процесів та функцій, які відточувалися та готувалися роками розвитку та досвіду. Блокчейн принципово відрізняється від старих систем, тому вимагає від менеджерів та команд особливої зосередженості та уваги при переході. Найкраще рішення запроваджувати блокчейн до нових проектів – не чіпаючи структуру та процеси на льоту, оскільки блокчейн – це не просто ще одна технологія, яку можна легко застосувати до проекту чи продукту, а докорінна зміна у сфері управління даними. Блокчейн треба сприймати як нову парадигму для реалізації бізнес-процесів, яка буде вимагати серйозних змін, як у відношенні до інформації, так і до засобів управління цією інформацією, до чого може бути готова не кожна команда.

Виходячи з вищевикладеного, у статті були поставлені такі задачі: проаналізувати сучасний стан розвитку технології блокчейн й провести порівняльний аналіз технологій і сучасних загальноприйнятих методів управління, навести приклади впровадження, визначити переваги технології блокчейн в сучасних умовах; проаналізувати переваги розумних контрактів в управлінні комунікаціями; застосувати модель життєвого циклу розумного контракту.

Огляд літератури

При огляді літературних джерел для вирішення проблем комунікацій в інфраструктурних проектах треба було звернути увагу на те, які сучасні технології застосовуються в комунікаціях, як вирішуються вказані питання в інших галузях та як питання розвитку комунікацій пов'язані з програмами розвитку суспільства в Україні. Тобто, згідно з системним підходом, треба розглядати джерела, що відповідають на питання: «що?», «де?» та «для чого?».

Як вказано вище, технологія блокчейн є сучасним та ефективним інструментом вирішення проблем комунікацій у розподілених системах. Питання її впровадження у різних галузях господарства відображені в роботах [6 - 8]. Крім того, у роботі [9] надається приклад застосування даної технології в управлінні будівельним проектами. Вона вбудована у загальну ІТ-інфраструктуру, до якої додаються будівельні програми. Це має потенціал зробити комунікаційні процеси менш централізованими. У статті [10] запропоновано управління ланцюжками поставок за допомогою блокчейн-додатків для вдосконалення та інтеграції процесу своїх транзакцій та діяльності, підключившись до розповсюдженої програми для смартфонів, яка дозволить усім учасникам вставляти, отримувати, зберігати, керувати або дискримінувати інформацію в мережі.

Але далеко не у всіх галузях питання впровадження блокчейну вже закриті, деякі залишаються

на слабкому рівні цифровізації та вимагають поштовху в розвитку, на цьому продовжують наголошувати вчені у своїх дослідженнях.

Так як предметом дослідження у статті є процеси комунікації в інфраструктурних проектах, то треба розглядати питання обміну інформації у хмарних середовищах. Тому що саме ці технології можуть забезпечити зберігання та обмін великих обсягів даних. Питання застосування хмарних технологій для комунікацій та взаємодії у розподілених системах розглядалися у роботах [11 - 13]. У статті [14] проведено аналіз застосування блокчейну для впровадження ключових технологій 5G, включаючи хмарні обчислення, граничні обчислення. Блокчейн потенційно дає можливість надавати послуги управління спектром, обміну даними, віртуалізації мережі, управління ресурсами до перешкод управління, федеративне навчання, забезпечення конфіденційності та безпеки. Крім того є досягнення у застосуванні блокчейну у таких доменах як розумна медицина, розумне місто, розумний транспорт, розумна мережа та БПЛА.

Розробкою системи розумних контрактів на сьогодні зацікавлені ледь не всі сфери господарства. Саме тому розробка надійних та відповідних моделей життєвого циклу розумного контракту залишається актуальною темою для ряду дослідників [15 - 17].

Сьогодні в Україні пріоритетним є напрямок побудови цифрових економік та діджиталізації суспільства. Шляхи вирішення цих проблем розглядалися в роботах [18 - 20]. У полі дискусії залишаються відкритими ще багато питань цифровізації та можливості застосування блокчейну, як одного з інструментів.

Загальні характеристики технології блокчейн

Технологією блокчейн можна назвати надійно захищену історію транзакцій, що зберігається розподілено серед агентів-користувачів та не вимагає координації з боку стороннього серверу чи центрального органу [21].

Технологія блокчейн прийшла на зміну класичної системи управління та координації, де роль гаранта безпеки даних та контролю їх розповсюдження виконував центральний орган. І цей центральний орган повинен мати максимальну надійність, щоб довіра до нього з боку агентів була непохитною. Особливо це активно проявляється у фінансових системах. Поки центральний орган залишається надійним, все йде за планом, але одна помилка, збій чи злам може призвести до руйнації усієї системи та її зупинки. Крім того, лише центральний орган може

гарантувати однозначність збережених даних чи транзакцій, але, в свою чергу, не поодинокими є випадки, коли шахраї вносили зміни на центральних серверах, що мало значні наслідки для всіх учасників системи.

Технологія блокчейн вирішує проблему кардинально, вона дозволяє позбутися центрального органу і за допомогою простих операцій гарантувати незмінність транзакцій через збереження інформації про них у розподілених агентів. Таким чином, кожен з агентів є гарантом збереження інформації, а її зміна в одного з них не вплине ні на що, оскільки система буде орієнтуватися на більшість. Таким чином технологію блокчейн можна віднести до саморегулюючих систем.

Три принципи, на яких базується система блокчейн це: відкритість, захищеність, безпека [22]. Блокчейн-системи можна умовно поділити на відкриті, регульовані та закриті. У закритих системах кількість учасників обмежена, їх дії можуть мати обмежений характер, учасники таких систем можуть мати різні ролі для читання та запису даних. Регульовані системи – це проміжний тип, де приєднання користувачів до системи є вільним, але користування даними обмежено системою. Вільна система не має обмежень і регулюється самостійно.

Початковим етапом розвитку блокчейн-систем став розквіт криптовалют. Саме у цій галузі технологія розкрилася на повну і дала можливості, які раніше у фінансовому світі мало хто міг уявити. Поява технології блокчейн 2.0 та створення концепції «розумних контрактів» дала змогу впроваджувати технологію у найрізноманітніших галузях. Нинішні можливості блокчейну та технічна можливість використання DLT (спільне зберігання інформації на базі консенсусу) дає змогу сприймати блокчейн як надійну технологію, що може бути застосована всюди, де існують транзакції та розгалужена система агентів [23].

Технічно, можливості блокчейн реалізуються за допомогою таких технологій: peer-to-peer мережі та цифровий підпис. Кожен з агентів мережі зберігає на своєму пристрої частину або повну базу даних усіх створених транзакцій. Таким чином, будь-яка зміна у базі можлива лише у окремого користувача, що відразу стане помітним і підозрілим, а при використанні консенсусної інформації від більшості – можна гарантувати цілісність інформації, абсолютно не застосовуючи можливості певного центрального органу. По суті, кожен з користувачів може самостійно перевіряти, наскільки інформація відповідає початковому значенню, просто автоматизовано опитавши інших користувачів. Цифровий підпис допомагає гарантувати підтвердження того, хто саме створює нову транзакцію та чи має він на це право.

На рис. 1 наведена схема використання технології шифрування з відкритим ключем в межах технології блокчейн.



Рис.1. Використання технології шифрування з відкритим ключем в межах технології блокчейн

Як показано на рис. 1, цифрові підписи в блокчейні реалізовані на основі технологій криптографії з відкритим ключем. При шифруванні застосовуються два ключі: закритий ключ, що надійно схований і використовується для генерування відкритого ключа, який, в свою чергу, застосовується для перевірки та створення підписів. Якщо просто згенерувати відкритий ключ, то зворотна дія вимагає надзвичайної кількості операцій і на даному етапі розвитку інформаційних технологій неможлива.

Застосування блокчейну в управлінні проектами на прикладі реєстру змін

Попри значну популярність технології блокчейн, вона досить слабо представлена у галузі уп-

равління проектами. Однак, можливість такого застосування є ледь не у всіх процесах, що характерні для галузі [24]. Але, перед тим як переходити до конкретних прикладів та впровадження, розглянемо, в чому відмінність між блокчейном та традиційним підходом (табл. 1).

Як бачимо, технологія блокчейн має ряд переваг перед традиційними підходами. Зокрема, користуючись наведеними механізмами, можна значно покращити довіру стейкхолдерів до проекту шляхом збільшення його прозорості та надійності [25]. Прозорість досягається шляхом вільного доступу учасників проекту до бази даних та документів цього проекту, а безпека шляхом децентралізації та стійкості до лихих втручань у процеси.

Реєстр змін до проекту – це список усіх змін, що були запропоновані впродовж виконання проекту одним зі стейкхолдерів та були підтримані чи відхилені іншими стейкхолдерами, в тому числі командою чи керівництвом проекту. Такі зміни можуть бути як вимушеними, так і мати малий вплив на виконання всього проекту. Кожна така зміна може бути абсолютно новим обмеженням чи правилом, що запроваджується при виконанні проекту, так і бути зміною вже наявної домовленості чи процесу. Кожна зі змін передбачає внесення поправок до одного або декількох документів проекту. Відповідно, всі необхідні стейкхолдери мають бути сповіщені негайно. Зміни також можуть торкатися усіх ключових особливостей проекту, як то бюджет, графік та обмеження. Крім того, вся інформація з реєстру має бути надійно збережена до проекту.

Таблиця 1

Порівняння традиційних підходів та технології блокчейн

Характеристики	Традиційний підхід	Блокчейн
Безпека звернення до даних	Єдина система криптографічних ключів шифрування, криптографічна автентифікація	Засоби центрального органу опіки, що можуть включати різні способи автентифікації та авторизації
Якість даних	Механізм консенсусу для нових транзакцій, незмінність вже створених транзакцій. Незмінні записи гарантуються технологією DLT	Засоби центрального органу та його персональна відповідальність. Незмінність даних не завжди гарантується
Час роботи з даними	Безперервно	Обмеження можуть бути накладені особливістю зберігання чи СУБД
Розподілення актуального стану, доступність	Автоматичне та швидке розподілення по всім агентам в мережі. Однорангова мережа з реплікаціями по всім наявним вузлам	Окремі процеси синхронізації, частіше по запиті. Потенційно єдина точка відмови.
Можливості процедур, що зберігаються	Широке застосування механізму розумних контрактів	Частіше не застосовуються як потенційно небезпечні
Доступ до створення транзакцій	Є можливість для абсолютно вільного доступу усіх агентів	Обмеження можуть бути накладені центральним органом і, найчастіше, накладаються, як засіб безпеки

Найчастіше реєстр змін до проекту представлений такими полями: Id, Тип зміни, Частина проекту, Опис зміни, Ініціатор зміни, Затвердзувачі зміни, Дата подання, Дата затвердження/відхилення, Результат розгляду, Коментарі, Список змінених документів. Приклад такого реєстру наведений в табл. 2. Згідно традиційного підходу така таблиця мала б зберігатися централізовано у одного з стейкхолдерів, який опікується інформаційною підтримкою проекту. Такий централізований орган мав би опікуватися збереженням інформації, її імутабельності та відповідати за своєчасні та доречні зміни. Крім того, саме він мав би право керувати доступом до цієї інформації та міг би відповідати на запити інших стейкхолдерів щодо його наповнення.

У випадку з використанням технології блокчейн, ця інформація буде доступна відразу кожному, адже зберігатися вона буде одночасно у кожного зі стейкхолдерів, безпека збереження даних теж таким

чином буде гарантована, адже збій не може статися у всіх стейкхолдерів одночасно, а внести зміни в такому випадку теж вже буде неможливо, що гарантує правдивість кожної букви реєстру.

Кожна нова транзакція, тобто кожен новий запис буде підписаний його створювачем, що гарантує відповідальність у введенні даних перед учасниками процесу. Таким чином використання технології блокчейн дозволяє вирішити цілий ряд питань та повністю нівелювати ряд ризиків, серед яких: ризик втрати інформації з реєстру, ризик свідомого втручання у реєстр, ризик неотримання доступу до реєстру знань та інших.

Реєстр змін є лише прикладом застосування технології блокчейн. Як показують дослідження, застосування інструменту є можливим ледь не в кожному з процесів управління проектом [26]. Саме існування такої прозорої та чіткої бази знань створює велику кількість переваг та можливостей.

Таблиця 2

Приклад таблиці реєстру змін до проекту

Id	Тип зміни	Частина проекту	Опис змін	Ініціатор	Затвердзувачі	Дата подання	Дата закриття	Результат	Перелік змінених документів
1	Бюджет	Закупівля будівельних матеріалів	Збільшити бюджет на закупівлю цвяхів	Кервіник проекту	Інвестор, Державна влада	20.01.00	22.01.00	Відхилено	-
2	Комунікації	Звітність	Додати тижневий звіт громаді	Місцева влада	Кервіник проекту	25.01.00	26.01.00	Задоволено	План комунікацій проекту

В табл. 3 наведені характеристики, а також переваги та додаткові можливості впровадження технології блокчейн в управлінні проектами.

Застосування розумних контрактів в управлінні проектами на прикладі складного фінансування

Важливим інструментом блокчейну, що може слугувати надійним помічником в управлінні проектом – є механізм розумного контракту.

Основи розумного контракту були сформовані ще наприкінці 20-го століття науковцем Ніком Сабо. За його власним формулюванням розумний контракт – це «набір взаємообов'язків, сформованих у математичній формі, що містить протоколи взаємодії сторін та виконання взятих сторонами обов'язків» [27].

В нинішні часи підхід до розумних контрактів не особливо змінився, але їх впровадження стало простішим та надійнішим. Розумний контракт являє собою програмний скрипт, що виконується автома-

тично при настанні певних умов. У комплексі з блокчейном головна його перевага в тому, що після запуску не потрібно жодних інших агентів чи централізованих систем. Блокчейн же, в свою чергу, гарантує, що після створення контракт не може бути змінений та видалений. Таким чином застосування розумних контрактів в умовах блокчейн-системи значно зменшує ризики, пов'язані з невиконанням контракту однієї зі сторін та гарантує невтручання у процес виконання самих контрактів.

Розумні контракти вже зараз широко застосовуються у фінансовій галузі, особливо у галузі електронних валют. Так, розумні контракти застосовуються у Ethereum, Hyperledger Fabric, Corda, Rootstock (RSK), EOS, & Stella [28].

Наведемо переваги розумних контрактів у порівнянні з традиційним підходом:

1. Зниження ризиків. Через особливості системи блокчейн, що описані вище, розумні контракти не можуть бути змінені та модифіковані після їх створення. В результаті цього цілий ряд ризиків може бути автоматично відкинтий.

Таблиця 3

Переваги та додаткові можливості впровадження технології блокчейн в управління проектами

Характеристика	Перелік переваг та додаткових можливостей
Прозорість інформації та управління доступом	<ul style="list-style-type: none"> – є надійним майданчиком для переговорів та запевненням для інвесторів про чисті наміри проекту; – система може бути адаптована до взаємодії з постачальниками та зовнішніми організаціями, використовуючи стабільний та загальноприйнятий інтерфейс; – стан виконання проекту може відслідковуватися усіма зацікавленими сторонами вільно та постійно; – система блокчейн може замінити собою цілий ряд задач, пов'язаних з управлінням комунікаціями; – гнучкі налаштування доступу можуть автоматизувати та спростити інформування стейкхолдерів, розбивши їх на різні рівні доступу.
Надійність та стійкість до змін	<ul style="list-style-type: none"> – є опорою для менеджменту проекту у тому, що вимоги не будуть змінені без погодження та «заднім числом»; – є надійною опорою для менеджменту проекту у питаннях графіку та його сталості; – гарантують, що всі зміни для бюджету проекту будуть чітко регламентовані, а зміни до фінансування не стануть сюрпризом для жодної сторони проекту; – внутрішні розслідування у критичних ситуаціях будуть проходити швидше завдяки однозначності та системності у наявній інформації; – база проекту є надійним джерелом для аналізу та досліджень його перебігу.
Розумні контракти	<ul style="list-style-type: none"> – шляхом налаштування розумних контрактів можна більш гнучко налаштувати управління ризиками та пришвидшувати реакцію на них; – розумні контракти можуть допомогти автоматизувати фінансові домовленості як всередині системи так і з сторонніми організаціями; – розумні контракти можна і треба використовувати як основні маркери закінчення проекту та успішності окремих його компонентів; – чіткість та однозначність розумних контрактів дає змогу уникнути цілого ряду мітингів та перемовин.

2. Зменшення витрат на обслуговування. Центральний орган, що зазвичай керує транзакціями та здійснює контроль над їх виконанням може бути повністю розформований або децентралізований, що значно зекономить ресурси проекту.

3. Збільшення ефективності процесів. Велику кількість бюрократичних процедур можна не використовувати, тому процеси, які залучені у виконанні контракту можуть відбуватися в рази швидше та простіше, а значить ефективніше.

4. Швидкість робіт. Оскільки розумні контракти замінюють собою роботу, що, зазвичай, виконується вручну, то це значно підвищує швидкість її виконання.

5. Точність. Автоматизовані процеси мають значно менше помилок ніж дії, що виконані людиною.

6. Захист від збою. Розумні контракти на блокчейні децентралізовані, тому можуть бути виконані, навіть якщо не працює значна частина системи.

7. Довіра. Розумні контракти безпечні та мають надійний захист від стороннього втручання, а значить викликають довіру усіх учасників процесу.

8. Економія коштів. Впровадження розумних контрактів економить значну кількість ресурсів, які традиційно йдуть на підтримку системи.

9. Підтримка децентралізованих та віддалених систем. Розумні контракти дозволяють підтримувати та створювати зобов'язання сторін, які розділені географічно та не мають змоги зустрітися.

Розглянемо застосування розумних контрактів на прикладі будівництва об'єкта транспортної інфраструктури, наприклад мосту. Дуже часто, при будівництві великого об'єкту державних коштів може не вистачати й тому держава вимушена запозичувати додаткові кошти в інших інвесторів. Інвестори, у свою чергу, можуть ставити певні вимоги перед початком інвестування. Розглянемо приклад таких інвестицій. Припустимо, що міжнародна компанія готова вкластися в об'єкт інфраструктури – міст, який би полегшив життя місцевим жителям важкодоступного села, але вимагає всебічного екологічного дослідження та використання безпечних для довкілля матеріалів. Сторони погоджуються на умови та вирішують заключити розумний контракт. Всі етапи життєвого циклу розумного контракту схематично зображені на рис. 2.

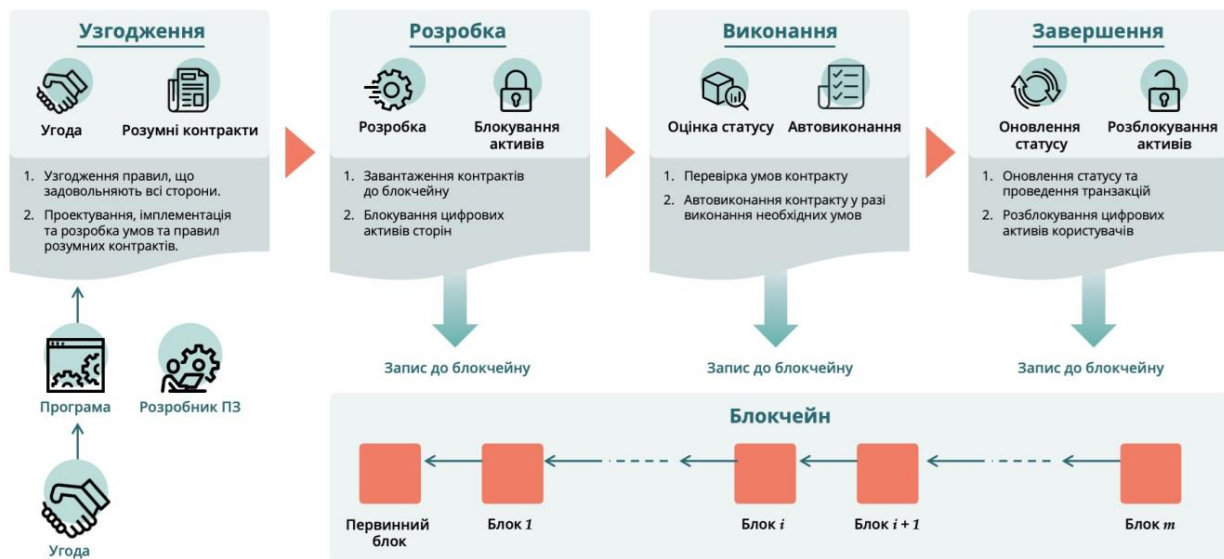


Рис. 2. Життєвий цикл розумного контракту

Життєвий цикл розумного контракту представлений наступними етапами:

1. Створення розумного контракту. Заклучення контракту відбувається класичним способом з використанням юристів та раундів переговорів. Але, як тільки цей етап завершено, до справи беруться програмісти та імплементують контракт, застосовуючи усі необхідні інструменти при розробці звичайного програмного забезпечення. Після завершення такий контракт має бути ще раз затверджений юристами та усіма іншими учасниками процесу.

2. Встановлення розумного контракту в блокчейн. Контракт інсталюється в блокчейн як звичайна транзакція, тобто у разі встановлення вже не може бути деінстальованим чи зміненим. Якщо сторони погодять модифікацію контракту, то це вимагатиме створення додаткових транзакцій. Відразу після встановлення контракт буде доступний для всіх учасників процесу через систему блокчейн.

3. Виконання контракту. З певною періодичністю або шляхом спрацювання певного тригера умови контракту перевіряються. Коли всі умови контракту будуть виконані, відбувається фінальний розрахунок між сторонами. Вимоги можуть мати декілька етапів та бути доволі складними, але навіть в такому випадку сторони не впливають на процес, а лише спостерігають за ним.

4. Закриття контракту. Після того, як всі умови та розрахунки контракту виконані, контракт вважається закритим та неактивним. Контракт може передбачати додаткову логіку після закриття, як то, наприклад, розблокування певних фінансових статків чи оповіщення усіх учасників контракту.

Повернемось до прикладу. Згідно з першим етапом життєвого циклу проекту його стейкхолдери (Держава, Інвестор, Проектант, Підрядник та Неза-

лежна Екологічна Інспекція) вкладають контракт [29]. Згідно з контрактом Інвестор зобов'язується інвестувати певну суму грошей на будівництво мосту під Державні гарантії у разі, якщо Незалежна Екологічна Інспекція оцінить проект безпечним згідно певних нормативів та умов. Проектант зобов'язується надати всі належні документи, Підрядник – надати доступ до об'єкта будівництва та допустити до інспекції власних інструментів та засобів.

Після того, як все владнано, контракт переноситься у цифрову форму та завантажується у систему блокчейн. Контракт має вигляд програмного коду, написаного на одній з мов програмування. Після створення, цей код заноситься у розподілений реєстр контрактів, який автоматизований, та робота якого постійно підтримується.

Різні блокчейн-системи підтримують контакти (описує вимоги та інтерфейси) різним чином. Наприклад, одна з найбільш популярних електронних валют світу Bitcoin, що теж ґрунтується на принципах блокчейн, підтримує розумні контракти, але в обмеженій формі. Справа у доволі простій мові програмування Bitcoin Script, що використовується за замовчуванням та навіть не є Тьюрінг-повною.

Наприклад, при реалізації взаємодії між постачальником та субпідрядником в проекті будівництва об'єкту інфраструктури створюється контракт на проведення оплати у разі виконання певних умов. При успішному постачанні будівельних матеріалів вони заносяться у певну базу і їх наявність у цій базі є тригером для розумного контракту. Тоді у форматі транзакцій, що підтримуються біткоїн системою, є два поля: ScriptSig та ScriptPubKey (рис. 3), які використовуються для блокування та розблокування транзакції, відповідно. Коли нова транзакція ство-

Поле	Тип (обсяг)	Коментар	
Version	uint (4 Byte)	Typically "1"	
Marker	byte (1 Byte)	MUST be 0x00, see BIP141	
Flag	byte (1 Byte)	MUST be 0x01, see BIP141	
Input count "n"	var_int (2–9 Byte)	At least 1	
n× Input #i	TX-ID	byte (32 Byte)	SHA-256d hash of the TX-ID
	TX-Index	uint32 (4 Byte)	
	unlock script length	var_int (2–9 Byte)	
	unlock script	byte (variable length)	
	sequence	uint32 (4 Byte)	
Output count "m"	var_int (2–9 Byte)		
m× Output #j	value	uint64 (8 Byte)	Amount to transfer in Satoshi
	lock script length	var_int (2–9 Byte)	
	lock script	byte (variable length)	
n× Witness p×	stack item count "p"	var_int (2–9 Byte)	
	stack item length	var_int (2–9 Byte)	
	stack item #k	byte (variable Byte)	NOT Bitcoin Script!
Lock Time	uint32 (4 Byte)		

Рис. 3. Формат даних транзакції системи Bitcoin

рюється, то в полі ScriptSig має міститися умова (ключ) для розблокування транзакції, саме у вигляді коду (скрипту). Тобто, по суті, це умова, яка диктує сценарій, за яким кошти будуть сплачені в майбутньому.

Якщо ScriptSig розблоковує кошти з чинної транзакції, взаємодіючи з скриптом минулого блоку, то ScriptPubKey є скриптом для майбутньої транзакції (рис. 4). ScriptSig та ScriptPubKey однієї транзакції між собою не взаємодіють.

Інша електронна валюта, Ethereum, має кращу підтримку розумних контрактів. Ethereum підтримує цілий ряд доступних кожному інструментів для роботи з розумними контрактами та написання розумних контрактів вручну. Зокрема, за допомогою інструменту Geth та написання коду мовою Solidity (рис. 5) можна легко та навіть користуючись графічним інтерфейсом створити контракт та завантажити його у блокчейн.

У наведеному прикладі розумний контракт буде регулярно перевіряти, чи з'являються у системі всі необхідні документи від Екологічної Інспекції та

чи мають вони необхідний статус. Підрядник та Проектант уважно документують всі свої зобов'язання та заносять їх у систему теж окремими документами. Незалежна Екологічна Інспекція заносить у систему результати своєї експертизи та заповнює висновки-статуси. Як тільки всі необхідні документи завантажені, система розумного контракту автоматично здійснює транзакцію з інвестування зазначеної суми коштів. На фінальному етапі контракт закривається, а всі учасники процесу отримують сповіщення про це та подяку один від одного за належно виконану роботу.

Висновки

В роботі було охарактеризовано основні напрямки розвитку та впровадження технології блокчейн. Проведено аналіз позитивних прикладів впровадження технології у різні галузі економіки, сформовано порівняльну таблицю відмінностей і схожостей технології блокчейн та сучасних засобів управління проектами.

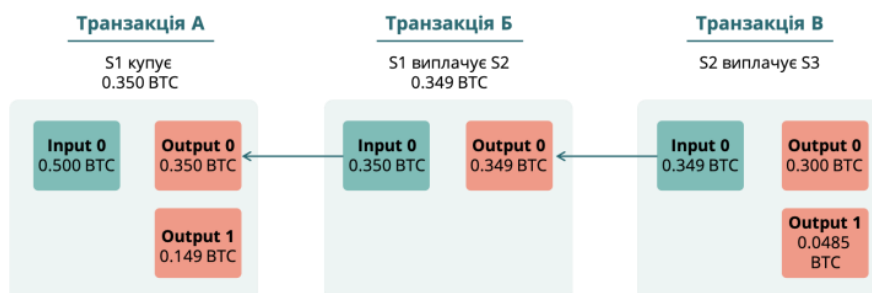


Рис. 4. Взаємодія скриптів різних транзакцій між собою


```

Contract contract_name {
    string key;

    /*Функція contract_name є
    конструктором контракту і виконується
    лише раз, при завантаженні контракту
    у блокчейн. Конструктор контракту
    повинен мати тотожну назву до ім'я
    контракту. Конструктор виконує одну
    операції, запише значення ключа у
    змінну key */
    function contract_name(string
    _key) { key = _key; }

    /*Функція selfdestruct знищує
    контракт і відправляє усі передбачені
    контрактом фінанси з рахунку на
    адресу вказану в аргументі */
    /*В Ethereum будь хто може
    викликати функції контракту. В нашому
    випадку кошти передбачені контрактом
    будуть надіслані користувачу, що
    правильно вкаже ключ*/
    function kill(string _key) { if
    (key == _key)
    selfdestruct(msg.sender); }
}

```

Рис. 5. Лістинг прикладу коду контракту на мові Solidity

Наукова новизна полягає в тому, що набула подальшого розвитку модель життєвого циклу розумного контракту для забезпечення комунікацій в інфраструктурних проектах. Модель описує етапи створення розумного контракту, його встановлення в блокчейн, виконання й закриття контракту. Наведений приклад застосування розумного контракту для етапу складного фінансування проекту. Це дозволяє підвищити інформаційну безпеку, зменшити можливі ризики й підвищує реалізованість інфраструктурного проекту за рахунок застосування технології блокчейн в порівнянні з класичними методами управління проектами.

Практична цінність полягає в тому, що результати дослідження мають перспективи використання технології блокчейн в управлінні проектами та потенціал її впровадження у різних сферах управління, як то управління комунікаціями, реєстрами, документообігом, фінансовими операціями та іншими сферами управління.

Напрямами подальших досліджень є розробка системи комунікацій з підвищеним захистом інформації при реалізації проекту розвитку транспортної інфраструктури Харківського регіону.

Література

1. Вартамян, В. М. Застосування методу аналізу ієрархій для побудови стратегії управління знаннями високотехнологічних проектів [Текст] / В. М. Вартамян, Д. О. Штейнбрехер //

Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2019. – № 2 (90). – С. 118–26. DOI: 10.32620/reks.2019.2.11.

2. Кононенко, И. В. Информационная система выбора и формирования подхода к управлению проектом [Текст] / И. В. Кононенко, С. Ю. Луценко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2020. – № 2 (94). – С. 109–118. DOI: 10.32620/reks.2019.2.11.

3. Vanita, A. Effective Communication Management for Urban Infrastructure Projects [Electronic resource] / A. Vanita, Sh. Priyadarshini // Project Management National Conference, India – 2015. Available at: https://www.researchgate.net/publication/282439575_Effective_Communication_Management_for_Urban_Infrastructure_Projects (accessed 19.03.2021)

4. Pakhale, P.D. Digital project management in infrastructure project: a case study of Nagpur Metro Rail Project [Text] / P.D. Pakhale, A. Pal // Asian Journal of Civil Engineering. – 2020. – Vol. 21. – P. 639-647. DOI: 10.1007/s42107-020-00224-4.

5. Ikediashi, D. I., Analysis of project failure factors for infrastructure projects in Saudi Arabia: a multivariate approach [Text] / D. I. Ikediashi, S. O. Ogunlana, A. Alotaibi // Journal of Construction in Developing Countries. – 2014. – Vol. 19. – P. 35-52.

6. Crosby, M. Blockchain Technology: Beyond Bitcoin [Text] / M. Crosby, Nachiappan, P. Pattanayak, S. Verma, V. Kalyanaraman // Applied Innovation Review. – 2016. – Vol. 2. – P. 6-19.

7. Dai, H. Blockchain for Internet of Things: A Survey [Text] / H. Dai, Z. Zheng, Y. Zhang // IEEE Internet of Things Journal. – 2019. – Vol. 6. – P. 8076-8094.

8. Ahmad, F. The rise of “blockchain”: bibliometric analysis of blockchain study [Text] / F. Ahmad, M. F. Razak, A. Feizollah, I. A. T. Hashem, M. Hazim // Scientometrics. – 2019. – Vol. 3. – P. 1289-1331. DOI: 10.1007/s11192-019-03170-4.

9. Turk, Ž. Potentials of Blockchain Technology for Construction Management [Text] / Ž. Turk, R. Klinc // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 19. – P. 638-645. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.08.052.

10. Dutta, P. Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities, Transportation Research [Text] / P.Dutta, T.-M. Choi, S. Somani, R. Butala // Logistics and Transportation Review. – 2020. – Vol. 142. DOI: 10.1016/j.tre.2020.102067.

11. Ahmed, H. A. S. Data Security Issues In Cloud Computing: Review [Text] / H. A. S. Ahmed, M. F. B. Zolkipli // International Journal of Software Engineering & Computer Systems. – Pahang : Universiti Malaysia Pahang. – 2016. – Vol. 13. – P. 58–65. DOI: 10.15282/ijsecs.2.2016.5.0016.

12. Privacy-friendly platform for healthcare data in cloud based on blockchain environment [Text] /

A. Omar, Md. Z. A. Bhuiyan, A. Basu, S. Kiyomoto, M. S. Rahmane // *Future Generation Computer Systems*. – 2019. – Vol. 95. – P. 511–521. DOI: 10.1016/J.FUTURE.2018.12.044.

13. Cloud Based Secure Service Providing for IoTs Using Blockchain [Text] / M. Rehman, N. Javaid, M. Awais, M. Imran, N. Naseer // *IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*. – 2019. – P. 1-7. DOI: 10.1109/GLOBECOM38437.2019.9013413.

14. Blockchain for 5G and beyond networks: A state of the art survey [Text] / D. C. Nguyen, P. N. Pathirana, M. Ding, A. Seneviratne // *Journal of Network and Computer Applications*. – 2020. – Vol. 166. DOI: 10.1016/j.jnca.2020.102693.

15. Norta, A. Designing a Smart-Contract Application Layer for Transacting Decentralized Autonomous Organizations. [Text] / A. Norta // *Advances in Computing and Data Sciences. Communications in Computer and Information Science*, – 2016. – Vol. 721. DOI: 10.1007/978-981-10-5427-3_61

16. Smart-Contract Value-Transfer Protocols on a Distributed Mobile Application Platform [Text] / P. Dai, N. Mahi, J. Earls, A. Norta // *Project: Self-Aware Contracts*. – 2017. DOI: 10.13140/RG.2.2.35140.63365.

17. Sillaber, Ch. Life Cycle of Smart Contracts in Blockchain Ecosystems [Text] / Ch. Sillaber, B. Waihl // *Datenschutz Und Datensicherheit*. – 2017. – Vol. 41(8). – P. 497–500. DOI: 10.1007/s11623-017-0819-7.

18. Паришина, О. А. Економічна безпека в умовах діджиталізації: сучасний стан та перспективи розвитку інформаційного суспільства [Текст] / О. А. Паришина, Ю. І. Паришин, Ю. В. Савченко // *Науковий вісник Дніпропетровського державного університету внутрішніх справ*. – 2019. – № 2 (99). – С. 167–174.

19. Турянський, Ю. І. Діджиталізація внутрішнього ринку України як інструмент досягнення цілей сталого розвитку [Текст] / Ю. І. Турянський, І. І. Свидрук, О. Ю. Клепанчук // *Науковий погляд: економіка та управління*. – 2019. – № 4 (66). – С. 35–45. DOI: 10.32836/2521-666X/2019-66-5.

20. Разумей, Г. Ю. Розвиток механізмів електронного управління митними ризиками [Текст] / Г. Ю. Разумей // *Публічне управління та митне адміністрування*. – 2019. – № 3 (22). – С. 267–276. DOI: 10.32836/2310-9653-2019-3-267-276.

21. Mueller, P. Application of blockchain technology [Text] / P. Mueller // *Information Technology*. – 2018. – Vol. 60. – P. 249–251.

22. Zyskind, G. Decentralizing privacy: Using blockchain to protect personal data [Text] / G. Zyskind, O. Nathan, A. Pentland // *IEEE Security and Privacy*

Workshops. – 2015. – P. 180–184. DOI: 10.1109/SPW.2015.27.

23. Pastor, I. G. Unveiling the Opportunities of Using Blockchain in Project Management [Text] / I. G. Pastor, J. R. Olaso, F. Fuente / *1-st International Conference on Research and Education in Project Management / REPM*, 2018. – P. 22–25.

24. Корчагин, С. А. Математическое моделирование логистической блокчейн системы [Текст] / С. А. Корчагин, Д. А. Шелудяков, Д. В. Терин. – Саратов : Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского. – 2019. – Т. 21. – С. 58–61.

25. Models of Harmonization of Interests and Conflict Resolution of Project Stakeholders [Text] / O. Malyeyeva, D. Lytvynenko, V. Kosenko, R. Artiukh // *Proceedings of the 1st International Workshop IT Project Management (ITPM 2020)*. – Slavsko, 2020. – P. 24–35.

26. Литвиненко, Д. П. Моделі управління стейкхолдерами на етапах життєвого циклу проектів розвитку транспортних систем [Текст] / Д. П. Литвиненко, О. В. Малєєва // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2020. – № 3. – С. 97–107. DOI: 10.32620/reks.2020.3.10

27. Szabo, N. Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets [Electronic recourse] / N. Szabo. Available at: https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationIn-Speech/CDROM/Literature/L0Twinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_2.html (accessed – 25.01.2021).

28. Shailak, J. Smart Contracts: Building Blocks for Digital Transformation [Text] / J. Shailak. – Indira Gandhi National Open University, 2020. – 14 p. DOI: 10.13140/RG.2.2.33316.83847.

29. Lytvynenko, D. Analyzing the interests and interaction of the participants of a transport system development project [Text] / D. Lytvynenko, A. Dorokhina, R. Artiukh // *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. – 2019. – № 1(7) – С. 69-74. DOI: 10.30837/2522-9818.2019.7.069.

References

1. Vartanyan, V. M., Shteynbrekher, D. O. Zastosuvannya metodu analizu iyerarkhiy dlya pobudovy stratehiyi upravlinnya znan-nyamy vysokotekhnolohichnykh proektiv [Application of the method of hierarchy analysis to build a knowledge management strategy for high-tech projects]. *Radioelektronni i komp'uterni sistemi – Radioelectronic and computer systems*, 2019, no. 2(90), pp. 118-126. DOI: 10.32620/reks.2019.2.11.

2. Kononenko, Y. V., Lutsenko, S. Yu. Ynformatsyonnaya systema vibora y formyrovanyya podkhoda k upravlenyyu proektom [Information system for selection and formation of an approach to project management]. *Radioelektronni i komp'uterni sistemi – Radioelectronic and computer systems*, 2020, no. 2(94), pp. 109–118. DOI: 10.32620/reks.2019.2.11.
3. Vanita, A., Priyadarshini, Sh. Effective Communication Management for Urban Infrastructure Projects. *Project Management National Conference, India*, 2015. Available at: https://www.researchgate.net/publication/282439575_Effective_Communication_Management_for_Urban_Infrastructure_Projects (accessed 19.03.2021)
4. Pakhale, P.D., Pal, A. Digital project management in infrastructure project: a case study of Nagpur Metro Rail Project. *Asian Journal of Civil Engineering*, 2020, vol. 21, pp. 639-647. DOI: 10.1007/s42107-020-00224-4.
5. Ikediashi, D. I., Ogunlana, S. O. & Alotaibi, A. Analysis of project failure factors for infrastructure projects in Saudi Arabia: a multivariate approach. *Journal of Construction in Developing Countries*, 2014, vol. 19, pp. 35-52.
6. Crosby, M. Nachiappan, Pattanayak, P., Verma, S., Kalyanaraman, V. BlockChain Technology: Beyond Bitcoin. *Applied Innovation Review*, 2016, vol. 2, pp. 6-19.
7. Dai, H., Zheng, Z., Zhang, Y. Blockchain for Internet of Things: A Survey. *IEEE Internet of Things Journal*, 2019, vol. 6, pp. 8076-8094.
8. Ahmad, F., Razak, M. F., Feizollah, A., Hashem, I. A. T., Hazim, M. The rise of “blockchain”: bibliometric analysis of blockchain study. *Scientometrics*, 2019, vol. 3, pp. 1289-1331. DOI: 10.1007/s11192-019-03170-4.
9. Turk, Ž., Klinc, R. Potentials of Blockchain Technology for Construction Management. *Procedia Engineering*, 2017, vol. 19, pp. 638-645. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.08.052.
10. Dutta, P., Choi, T.-M., Somani, S., Butala, R. Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities, Transportation Research. *Logistics and Transportation Review*, 2020, vol. 142. DOI: 10.1016/j.tre.2020.102067.
11. Ahmed, H. A. S., Zolkipli, M. F. B. Data Security Issues In Cloud Computing: Review. *International Journal of Software Engineering & Computer Systems*. Pahang, Universiti Malaysia Pahang Publ., 2016, vol. 13, pp. 58-65. DOI: 10.15282/ijsecs.2.2016.5.0016.
12. Omar, A., Bhuiyan, Md. Z. A., Basu, A., Kiyomoto, S., Rahmane, M. S. Privacy-friendly platform for healthcare data in cloud based on blockchain environment. *Future Generation Computer Systems*, 2019, vol. 95, pp. 511-521. DOI: 10.1016/J.FUTURE.2018.12.044.
13. Rehman, M., Javaid, N., Awais, M., Imran, M., Naseer, N. Cloud Based Secure Service Providing for IoTs Using Blockchain. *IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*, 2019, pp. 1-7. DOI: 10.1109/GLOBECOM38437.2019.9013413.
14. Nguyen, D. C., Pathirana, P. N., Ding, M., Seneviratne, A. Blockchain for 5G and beyond networks: A state of the art survey. *Journal of Network and Computer Applications*, 2020, vol. 166. DOI: 10.1016/j.jnca.2020.102693.f
15. Norta, A. Designing a Smart-Contract Application Layer for Transacting Decentralized Autonomous Organizations. In: *Advances in Computing and Data Sciences. ICACDS 2016. Communications in Computer and Information Science*, Springer, Singapore, 2017, vol. 721. DOI: 10.1007/978-981-10-5427-3_61
16. Dai, P., Mahi, N., Earls, J., Norta, A. Smart-Contract Value-Transfer Protocols on a Distributed Mobile Application Platform. *Project: Self-Aware Contracts*, 2017. DOI: 10.13140/RG.2.2.35140.63365
17. Sillaber, Ch., Watl, B. Life Cycle of Smart Contracts in Blockchain Ecosystems. *Datenschutz Und Datensicherheit*, 2017, vol. 41(8), pp. 497-500. DOI: 10.1007/s11623-017-0819-7.
18. Parshyna, O. A., Parshyn, Yu. I., Savchenko, Yu. V. Ekonomichna bezpeka v umovakh didzhitalizatsiyi: suchasnyy stan ta perspektyvy rozvytku informatsiynoho suspil'stva [Economic security in the conditions of digitalization: current state and prospects of information society development]. *Naukovyy visnyk Dnipropetrovs'koho derzhavnoho uni-versytetu vnutrishnikh sprav*, 2019, no. 2(99), pp. 167–174.
19. Turyans'kyy, Yu. I., Svydruk, I. I., Klepanchuk, O. Yu. Didzhitalizatsiya vnutrishn'oho rynku Ukrainy yak instrument dosyahnennya tsiley staloho rozvytku [Digitalization of the internal market of Ukraine as a tool to achieve sustainable development goals]. *Naukovyy pohlyad: ekonomika ta upravlinnya*, 2019, no. 4(66), pp. 35-45. DOI: 10.32836/2521-666X/2019-66-5.
20. Razumey, H. Yu. Rozvytok mekhanizmiv elektronnoho upravlinnya mytnymy ryzykamy [Development of mechanisms for electronic management of customs risks]. *Publichne upravlinnya ta mytne administruvannya*, 2019, no. 3(22), pp. 267-276. DOI: 10.32836/2310-9653-2019-3-267-276.
21. Mueller, P. Application of blockchain technology. *Information Technology*, 2018, no. 60, pp. 249-251.
22. Zyskind, G., Nathan, O., Pentland, A. Decentralizing privacy: Using blockchain to protect personal data. *IEEE Security and Privacy Workshops*, 2015, no. 20, pp. 180-184. DOI: 10.1109/SPW.2015.27.

23. Pastor, I. G., Olaso, J. R., Fuente, F. Unveiling the Opportunities of Using Blockchain in Project Management. *1-st International Conference on Research and Education in Project Management*. Cambridge, 2018, pp. 22–25.

24. Korchahyn, S. A., Sheludyakov, D. A., Teryn, D. V. *Matematicheskoe modelirovanie logisticheskoi blokchein sistemy* [Mathematical modeling of a logistic blockchain system]. Saratov, Saratovskii natsional'nyi issledovatel'skii gosudarstvennyi universitet imeni N.G. Chernyshevskogo Publ., 2019, vol. 21, pp. 58–61.

25. Malyeyeva, O., Lytvynenko, D., Kosenko, V., Artiukh, R. Models of Harmonization of Interests and Conflict Resolution of Project Stakeholders. *Proceedings of the 1st International Workshop IT Project Management (ITPM 2020)*, Slavsko, 2020, pp. 24–35.

26. Lytvynenko, D. P., Malyeyeva, O. V. Modeli upravlinnya steykholderamy na etapakh zhyttyevoho tsykladu proektiv rozvytku transportnykh system [Stakeholder management models at the stages of the

life cycle of transport systems development projects]. *Radioelektronni i komp'uterni sistemi – Radioelectronic and computer systems*, 2020, no. 3(95), pp. 97–107. DOI: <https://doi.org/10.32620/reks.2020.3.10>.

27. Szabo, N. *Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets*. Available at: https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_2.html (accessed 25.01.2021).

28. Shailak, J. *Smart Contracts: Building Blocks for Digital Transformation*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/340376424_Smart_Contracts_Building_Blocks_for_Digital_Transformation (accessed 10.02.2021).

29. Lytvynenko, D., Dorokhina, A., Artiukh, R. Analyzing the interests and interaction of the participants of a transport system development project. *Suchasnyy stan naukovykh doslidzhen' ta tekhnolohiy v promyslovosti – Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, 2019, no. 1(7), pp. 69–74. DOI: 10.30837/2522-9818.2019.7.069.

Надійшла до редакції 10.03.2021, розглянута на редколегії 23.09.2021

БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ КОММУНИКАЦИЯМИ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТОВ

Д. П. Литвиненко, О. В. Малеева, А. В. Елизева

Предметом исследования в статье являются процессы и технологии управления коммуникациями инфраструктурных проектов. Рассматриваются возможности применения технологии блокчейн в области управления проектами. **Цель** работы: повышение информационной безопасности инфраструктурных проектов. Будут уменьшены риски коммуникаций стейкхолдеров путем повышения безопасности обращения к данным и уменьшения времени на их обработку, что в свою очередь обеспечит более гибкое управление проектом. **Задачи** работы: проанализировать состояние развития технологии блокчейн и провести сравнительный анализ технологий и современных общепринятых методов управления, привести примеры внедрения, определить преимущества технологии блокчейн в современных условиях; проанализировать преимущества разумных контрактов в управлении коммуникациями; применить модель жизненного цикла разумного контракта. **Методы** исследования: системный анализ, проектный подход, структурное моделирование, инструмент Geth, язык программирования Solidity. Получены следующие **результаты**. Охарактеризованы основные направления развития и внедрения технологии блокчейн, собраны и проанализированы примеры применения технологии блокчейн в различных отраслях, определены основные преимущества и недостатки технологии, проведен сравнительный анализ технологии блокчейн и классических методов управления проектами, описаны возможности применения разумных контрактов, определены преимущества и недостатки разумных контрактов, проанализирован инструментарий разумных контрактов по сравнению с традиционным подходом. Получила дальнейшее развитие модель жизненного цикла разумного контракта для обеспечения коммуникаций в инфраструктурных проектах. Модель описывает этапы создания разумного контракта, его установку в блокчейн, исполнения и закрытия контракта. Приведен пример применения разумного контракта для этапа сложного финансирования проекта, что уменьшает риски, связанные с невыполнением контракта. **Выводы**. Научная новизна полученных результатов заключается в дальнейшем развитии модели жизненного цикла разумного контракта в управлении коммуникациями инфраструктурного проекта. Это позволяет повысить информационную безопасность, уменьшить возможные риски и повышает реализуемость инфраструктурного проекта за счет применения технологии блокчейн по сравнению с классическими методами управления проектами.

Ключевые слова: технология блокчейн; управление проектами; инфраструктурный проект; разумный контракт; модель жизненного цикла; управления коммуникациями.

**BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES IN COMMUNICATION MANAGEMENT
OF INFRASTRUCTURE PROJECTS***D. Lytvynenko, O. Malyeyeva, A. Yelizieva*

The **subject** of research in the article is the processes and technologies of communication management of infrastructural projects. The possibilities of using blockchain technology in the field of project management are considered. The **goal** of work: improving the information security of infrastructure projects. The risks of stakeholder communications will be reduced by increasing the security of data access and reducing the time for their processing, which in turn will provide more flexible project management. The **tasks** of the work: to analyze the current state of development of blockchain technology and conduct a comparative analysis of technology and modern generally accepted management methods, give examples of implementation, determine the advantages of blockchain technology in modern conditions; analyze the benefits of using smart contracts in communication management, apply the smart contract life cycle model in an infrastructure project. Research **methods**: systems analysis, design approach, structural modeling, instrument Geth, programming language Solidity. The following **results** were obtained. The main directions of development and implementation of blockchain technology are characterized, examples of the use of blockchain technology in various industries are collected and analyzed, the main advantages and disadvantages of the technology are identified, a comparative analysis of blockchain technology and classical project management methods is carried out, the possibilities of using blockchain technology in the field of project management are described, the main the possibility of implementing reasonable contracts, the advantages and disadvantages of reasonable contracts are identified, the advantages and disadvantages of the instrument of reasonable contracts are analyzed in comparison with the traditional approach. The smart contract life cycle model presents the creation stages, installation to the blockchain contract managing, and contract completion. Provided an example of the smart contract used for the complex financial project, which reduced the risk of project failures. **Conclusion**. The scientific novelty of the obtained results is in the improvement of the project management life cycle model through the further development of the smart contract model. This allows to increase information security, reduce possible risks and guarantee the implementation of an infrastructure project through the use of blockchain technology in comparison with classical project management methods.

Keywords: blockchain technology; project management; infrastructure project; smart contract; life cycle model; communications management.

Литвиненко Дмитро Петрович – аспірант каф. комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

Малєєва Ольга Володимирівна – д-р техн. наук, проф., проф. каф. комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

Слізєва Аліна Володимирівна – канд. техн. наук, доц. каф. комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

Dmytro Lytvynenko – PhD student of the Department of Computer science and information technologies, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine, e-mail: newboroshno@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5766-0139.

Olga Malyeyeva – Doctor of Sciences (Technical Sciences), Professor, Professor of the Department of Computer science and information technologies, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine, e-mail: o.malyeyeva@khai.edu, ORCID: 0000-0002-9336-4182.

Alina Yelizieva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer science and information technologies, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine, e-mail: a.elizeva@khai.edu, ORCID: 0000-0002-8228-9383.