

РУДЬ Катерина Миколаївна,

кандидат економічних наук,

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна,

<https://orcid.org/0000-0002-6349-0161>

ПРОЄКТУВАННЯ БАГАТОВИМІРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ОЦІНЮВАННЯ РОБІТ ПРОТИМІННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ТЕРИТОРІЯХ

Метою статті є розроблення багатовимірних інформаційних моделей для забезпечення якісного управління роботами протимінної діяльності на потенційно небезпечних територіях.

Методи дослідження. На основі методології проєктування організаційних структур запроєктовано тривимірні моделі соціально-економічних систем. Застосування системного підходу дало можливість синтезувати системи різного ієрархічного рівня – технічні та соціально-економічні, завдяки чому розроблено багатовимірну інформаційну модель, яку можна застосовувати у процесі ведення робіт протимінної діяльності.

Отримані результати дослідження. Проєктування багатовимірних інформаційних моделей для ведення робіт протимінної діяльності передбачає формування низки етапів, пов'язаних із визначенням вартості цих робіт. Тому, досліджено і запропоновано етапи визначення вартості протимінної діяльності, реалізація яких дасть змогу визначити вартість ведення робіт такої діяльності. Окреслено, що одним з основних етапів визначення вартості робіт протимінної діяльності є проєктування організаційної структури. Ця структура розглядається як динамічна система, основою проєктування якої є такі параметри, як елементи витрат, час і технологічний процес. Виділення означених параметрів дає можливість сформувати тривимірну інформаційну модель соціально-економічної системи, яку визначено терміном «тривимірна інформаційна модель організаційної структури», і яка може використовуватися для моделювання процесу управління протимінною діяльністю.

Елементи наукової новизни. Формування такої моделі соціально-економічної системи забезпечує її синтез із тривимірними моделями технічних систем, що дає можливість створити і візуалізувати багатовимірну інформаційну модель ведення робіт протимінної діяльності й забезпечує ефективне управління ресурсами на всіх етапах інвестиційного циклу проєктів, пов'язаних з очищенням території від вибухонебезпечних залишків війни.

Теоретична та практична значущість статті. Отже, формування тривимірних інформаційних моделей соціально-економічних систем дасть можливість, з одного боку, визначити вартість робіт протимінної діяльності, а з іншого, забезпечує синтез із тривимірними технічними системами, стосовно яких і ведуться такі роботи, як, наприклад, об'єкти інфраструктури, земельні ділянки, житлові й промислові будівлі та споруди. Синтез тривимірних соціально-економічних і технічних систем дає змогу створити програмні продукти, які забезпечать якісну візуалізацію будь-яких процесів управління ресурсами, що підвищить керованість робіт протимінної діяльності на всіх етапах інвестиційного циклу реалізації того чи іншого проєкту.

Ключові слова: багатовимірні інформаційні моделі, протимінна діяльність, синтез технічних і соціально-економічних систем, організаційна структура, технологічний процес, елементи витрат

Вступ

Постановка проблеми.

Внаслідок повномасштабного вторгнення російської федерації стали забрудненими вибухонебезпечними предметами (далі – ВВП) та вибухонебезпечними залишками війни (далі – ВЗВ) десятки тисяч гектарів території України, що за підрахунками Інституту Тоні Блера (Tony Blair Institute) завдає щорічних збитків економіці країни в 11,2 млрд. доларів США, а це співставно з 5,6% внутрішнього валового продукту України у 2021 році.

Через нагальну потребу вирішення питання швидкого та якісного розмінування територій, в Україні, нині стрімко розвивається галузь, пов'язана з

веденням робіт протимінної діяльності (далі – ПМД), яка потребує не лише нормативно-правового забезпечення, а і розробки методологічних підходів, пов'язаних з якісною організацією і управлінням ресурсами цього виду діяльності, що можливо досягнути за допомогою проєктування багатовимірних інформаційних моделей робіт протимінної діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження наукових праць, присвячених аналізу організації та управління ресурсами ведення робіт ПМД в інших країнах [1; 2; 3] показали, що зарубіжний досвід виявився недостатнім для вирішення питання очищення територій в тих масштабах, в яких

забруднена територія України. Так, першою основною проблемою, яка на сьогоднішній день жодним чином не вирішена – це методологія визначення вартості робіт ПМД, формування якої органічно пов'язано з вирішенням другого важливого питання – це забезпеченням якісного управління ресурсами ведення робіт ПМД, що можливо ефективно реалізувати, на сьогоднішній день, за допомогою проектування багатовимірних інформаційних моделей.

Крім того, аналіз вітчизняних і зарубіжних наукових джерел засвідчив, що на сьогоднішній день відсутня не просто цілісна методологія визначення вартості робіт ПМД, а навіть не проводилися дослідження щодо визначення трудомісткості цих робіт, як це робилося в інших галузях економіки і що є основою для визначення вартості будь-якої продукції. Як свідчить аналіз звітів проведених робіт із розмінування в інших країнах [1; 2; 3], вартість цих робіт визначалася згідно фактично витрачених коштів для їх виконання, без формування планових показників. Така ситуація, на наш погляд, врешті-решт призвела до повної деградації вирішення питання управління ресурсами ведення робіт ПМД, оскільки формування лише фактичних показників витрат унеможливило здійснення основних функцій управління: планування, аналізу, контролю та регулювання.

Тому, вирішення питання методології визначення вартості робіт ПМД та управління ресурсами у процесі їх проведення, можливе, з одного боку, шляхом запозичення існуючого досвіду в інших галузях економіки, з іншого – шляхом впровадження інноваційних технологій, які стосуються проектування багатовимірних інформаційних моделей з метою якісного управління проектами.

Наукові дослідження присвячені проектуванню багатовимірних інформаційних моделей з метою ефективного управління проектами найбільш відомі в будівництві, де сформувався цілий напрям, пов'язаний з тривимірним моделюванням об'єктів будівництва, відомий як «будівельні інформаційні моделі» (Building Information Models (BIMs)), що сприяло виникненню цілої низки програмних продуктів.

Однак, не зважаючи на значний розвиток у проектуванні тривимірних інформаційних моделей (далі – 3D-моделі), основною невирішеною проблемою залишилося підвищення ефективності управління ресурсами об'єктів, що споруджуються. З погляду на означене, для тривимірних інформаційних моделей почалися пошуки додаткових параметрів, які б забезпечували керованість ресурсами цих об'єктів. Були визначені параметри для 4D, 5D, 6D та 7D-моделей. Так, для 4D-моделі додатковим параметром був визначений час, а для 5D-моделі – витрати [4–15]. І якщо в питанні визначення параметрів для 4D- та 5D-моделей більшість науковців дотримуються однакової думки, то для 6D- та 7D-моделей називаються різні параметри, які здебільшого, не мають теоретичного обґрунтування [16; 17].

Отже, нагальною проблемою, що постає перед науковцями стосовно пошуку шляхів проектування багатовимірних інформаційних моделей – це

визначення додаткових параметрів, які б могли бути якісно синтезовані з 3D-моделями технічних систем.

Мета статті. Метою статті є розроблення багатовимірних інформаційних моделей для забезпечення якісного управління роботами протимінної діяльності на потенційно небезпечних територіях.

Виклад основного матеріалу дослідження

Перш ніж перейти до розгляду питання визначення додаткових параметрів для багатовимірних інформаційних моделей безпосередньо для ведення робіт ПМД, слід повторно зазначити, що в означеній галузі не вирішеною залишається проблема формування методології визначення вартості цих робіт без якої не можливо сформувати і теоретично обґрунтувати жодні додаткові параметри для 3D-моделей технічних систем.

Формування методології визначення вартості ведення робіт ПМД має, в першу чергу, базуватися на якісному поєднанні організаційних та економічних процесів, що відбувається в структурі соціально-економічної системи, яка створена і функціонує заради досягнення єдиної мети – очищення територій від вибухонебезпечних предметів. Згідно чинного законодавства, оператори ПМД, діяльність яких регулюється державою, можуть розглядатися як соціально-економічні системами [18; 19].

Структурування організаційних та економічних процесів не можливе без визначення того, яким буде об'єкт реалізації функцій стосовно якого проектується та чи інша соціально-економічна система. Об'єктом ведення ПМД є будь-які поверхні на яких можуть знаходитися ВНП. Відповідно, означені об'єкти необхідно належним чином класифікувати як такі, стосовно яких будуть виконуватися певні функції, що визначені відповідним технологічним процесом.

Отже, на першому етапі методології визначення витрат ведення робіт ПМД має бути здійснена класифікація об'єктів ПМД. З наукової та учбової літератури відомо, що важливою складовою вартості будь-яких робіт є витрати пов'язані з оплатою праці виробничого персоналу. У випадку ведення робіт ПМД – це сапери, які безпосередньо працюють на об'єкті. Оплата праці виробничого персоналу майже в усіх галузях економіки залежить від того, який об'єм робіт за певний проміжок часу виконав той чи інший працівник. Попередньо звичайно ж встановлюються норми виробітку для кожної технологічної операції, які необхідно виконати. Відповідно до викладеного вище, стає логічно зрозумілим, що для проведення робіт ПМД мають бути визначені норми виробітку для технологічних операцій.

Отже, на другому етапі методології визначення вартості робіт ПМД має бути чітко визначений технологічний процес ведення цих робіт, виокремлені технологічні операції стосовно кожної з яких визначені норми виробітку, що в подальшому під час підрахунку дасть можливість визначити планову трудомісткість робіт ПМД для тієї чи іншої ділянки та

порівняти її з фактичними показниками трудових витрат саперів.

Самим складним питанням, яке на сьогодні постало як перед наукою управління, так і перед економічними науками – це забезпечення процесів якісного структурування витрат, які з одного боку, мають правильно визначати величину необхідних ресурсів для виконання тих чи інших робіт, а з іншого, забезпечити ефективне управління ними на різних етапах інвестиційного циклу у процесі реалізації того чи іншого проекту. Вирішення означеного питання можливо досягнути за умови проектування якісних організаційних структур, які забезпечують їх синтез з економічними елементами витрат і цілісно розглядаються не як статичні, а як динамічні організаційні структури.

Розглядаючи організаційну структуру, слід, в першу чергу, зазначити, що будь-яка структура

складається з елементів та зв'язків між ними. Слід також враховувати, що елементами організаційної структури є не лише трудові ресурси, а й матеріальні. Матеріальні ресурси можуть стати структурованими елементами лише за умови визначення функцій трудових ресурсів, які, в свою чергу визначаються згідно задуманого (запроектованого) технологічного процесу.

Отже, цілісне розуміння поняття «організаційної структури» та процес її формування слід розглядати як низку наступних послідовних взаємопов'язаних етапів:

1. Виділення однорідних економічних елементів з яких буде складатися організаційна структура.
2. Формування організаційної структури з трудових ресурсів на основі нормативної моделі [20] (рис. 1).

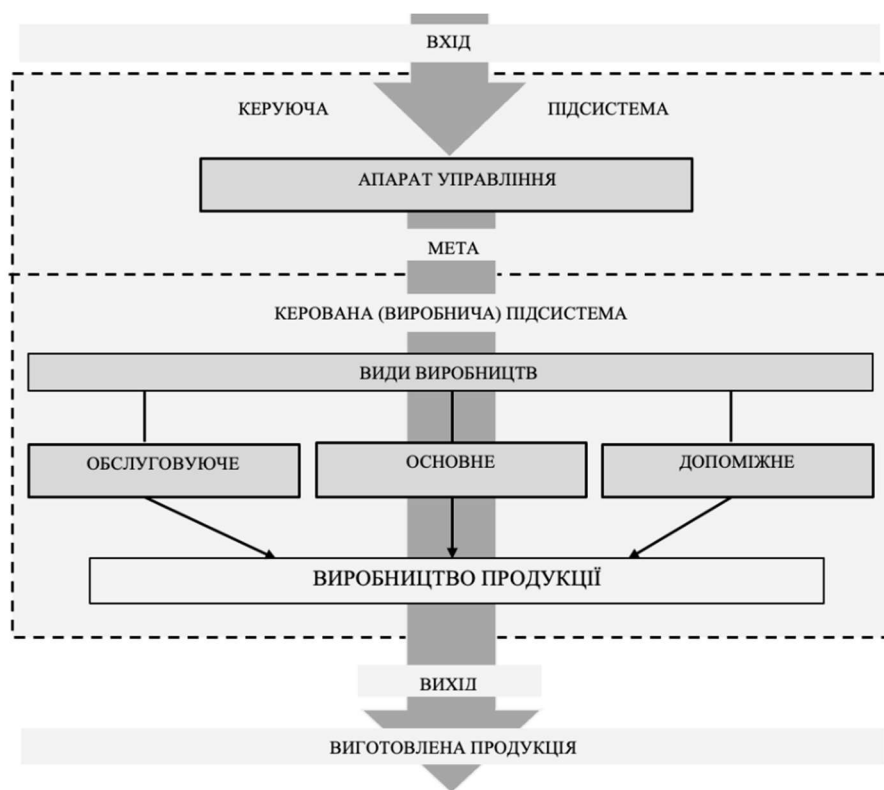


Рисунок 1 – Нормативна модель організаційної структури [20]

3. Проектування цілісної організаційної структури за всіма виділеними однорідними елементами витрат.

4. Проектування процесу функціонування організаційної структури.

Розглянемо детальніше визначені вище етапи. Виділення однорідних елементів, з яких буде складатися організаційна структура означає розподіл всіх видів ресурсів, що будуть використовуватися, за однорідними економічними елементами. Економічна наука виділяє різні види однорідних економічних елементів, що й становлять витрати організації, необхідні для реалізації того чи іншого проекту. Це: «матеріальні витрати», «експлуатація машин і

механізмів», «витрати на оплату праці», «відрахування на соціальні заходи» тощо.

Залежно від специфіки галузі для якої проектується організаційна структура можуть виділятися й інші однорідні елементи витрат. Слід також зазначити, що у процесі виділення різних видів однорідних економічних елементів, таке виділення, що відображає трудові ресурси, є обов'язковим. Формування організаційної структури з трудових ресурсів на основі нормативної моделі відбувається шляхом проектування цілісної системи, що складається з двох підсистем – *керованої та керуючої*.

Проектування починається з *керованої (виробничої) підсистеми*, в якій виділяються три види виробництв:

основне, допоміжне і обслуговуюче. Проектування організаційної структури як цілісної системи відбувається за всіма виділеними на першому етапі однорідними елементами на основі їх інтеграції з нормативною моделлю (рис. 1). В основу такого формування закладено твердження, що елементи організаційної структури (виділені на другому етапі, згідно нормативної моделі), у процесі реалізації своїх функцій стають носіями елементів витрат.

Іншими словами, структуровані згідно нормативної моделі трудові ресурси, у процесі реалізації своїх функцій, структурують за функціональним

призначенням всі інші види ресурсів за однорідною ознакою, які також стають елементами організаційної структури і мають чітко визначену ієрархію й функціональне призначення. Водночас, слід розуміти, що якщо розглядати різні етапи інвестиційного циклу, то очевидно, що на етапі проектування організаційної структури йдеться не про фактичну реалізацію функцій, а проєкту. Приклад проектування організаційної структури як цілісної системи, шляхом інтеграції нормативної моделі та, виділених вище, однорідних елементів витрат наведено на рис. 2..

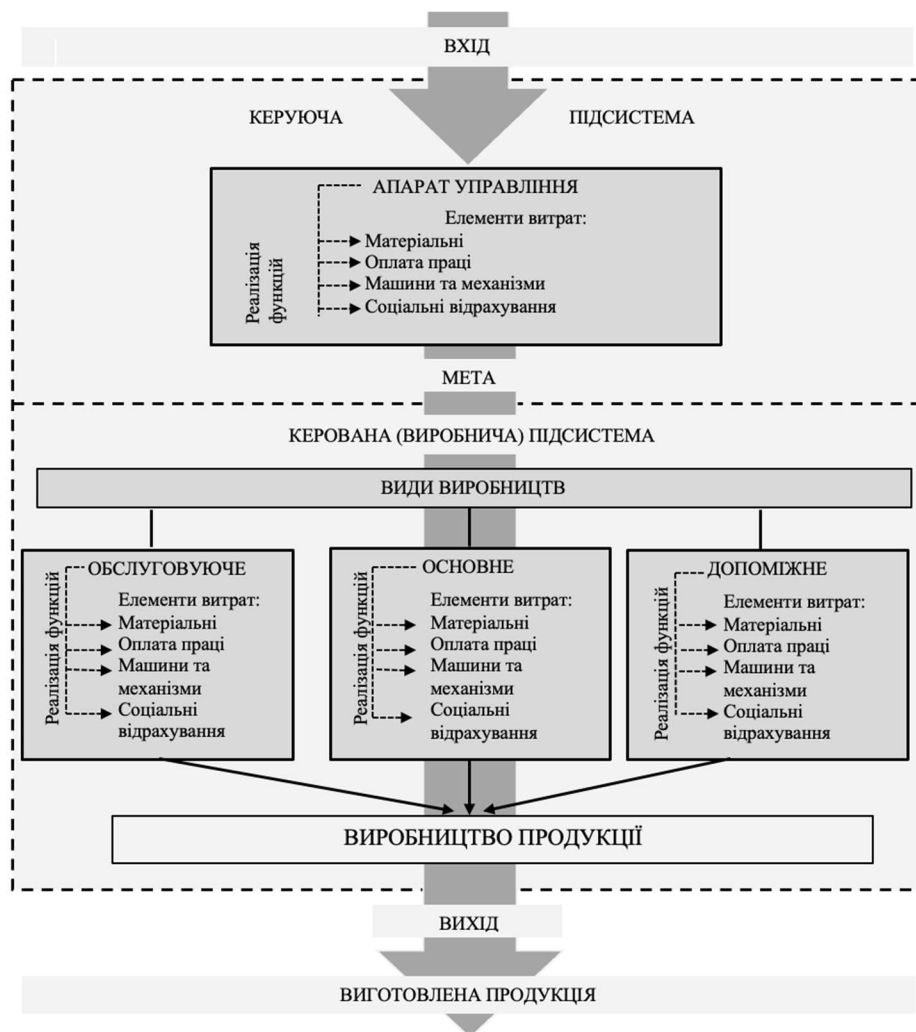


Рисунок 2 – Організаційна структура як цілісна система [Розроблено автором з використанням 21]

Проектування процесу функціонування організаційної структури відбувається в органічному взаємозв'язку з технологічним процесом. Тобто, кінцеве формування організаційної структури відбувається як органічне поєднання кожної технологічної операції із запроєктованою структурою, яка буде виконувати цю операцію. Водночас слід взяти до уваги, що наявність технологічного процесу має розглядатися не лише в керованій (виробничій) підсистемі, але і в керуючій. І якщо функції керуючої підсистеми, в більшості випадків, зводяться до планування, контролю, аналізу функціонування та, за

необхідності, корегування керованої (виробничої) підсистеми, однак, вони також мають певну технологічно визначену послідовність, а тому мають бути запроєктовані. Отже, поетапне проектування організаційної структури становить її динамічну, органічно сформовану цілісну структуру. Водночас, структура елементів такої організаційної структури на будь-якому етапі інвестиційного циклу, якісно залишається незмінною.

Якісна цілісність будь-якого елементу організаційної структури сформованої на основі нормативної моделі залишається незмінною на всіх без

виключення етапах реалізації інвестиційного проекту, що в свою чергу, дає можливість чітко і однозначно контролювати і аналізувати кількісні зміни кожного елементу витрат. Можливість здійснення аналізу якісно запроєктованого кожного елементу організаційної структури робить її абсолютно керованою, оскільки якісний аналіз кожного елемента організаційної структури дає можливість здійснювати ефективне управління нею цілісно [21].

Нормативну модель організаційної структури (рис. 2) можна навести у вигляді тривимірної інформаційної моделі соціально-економічної системи, яка має наступні параметри: перший параметр – час, другий – витрати і третій – технологічний процес. Це, в свою чергу, дає можливість запроєктувати інформаційну модель організаційної структури (далі – ІМОС), що наведено на рис. 3.

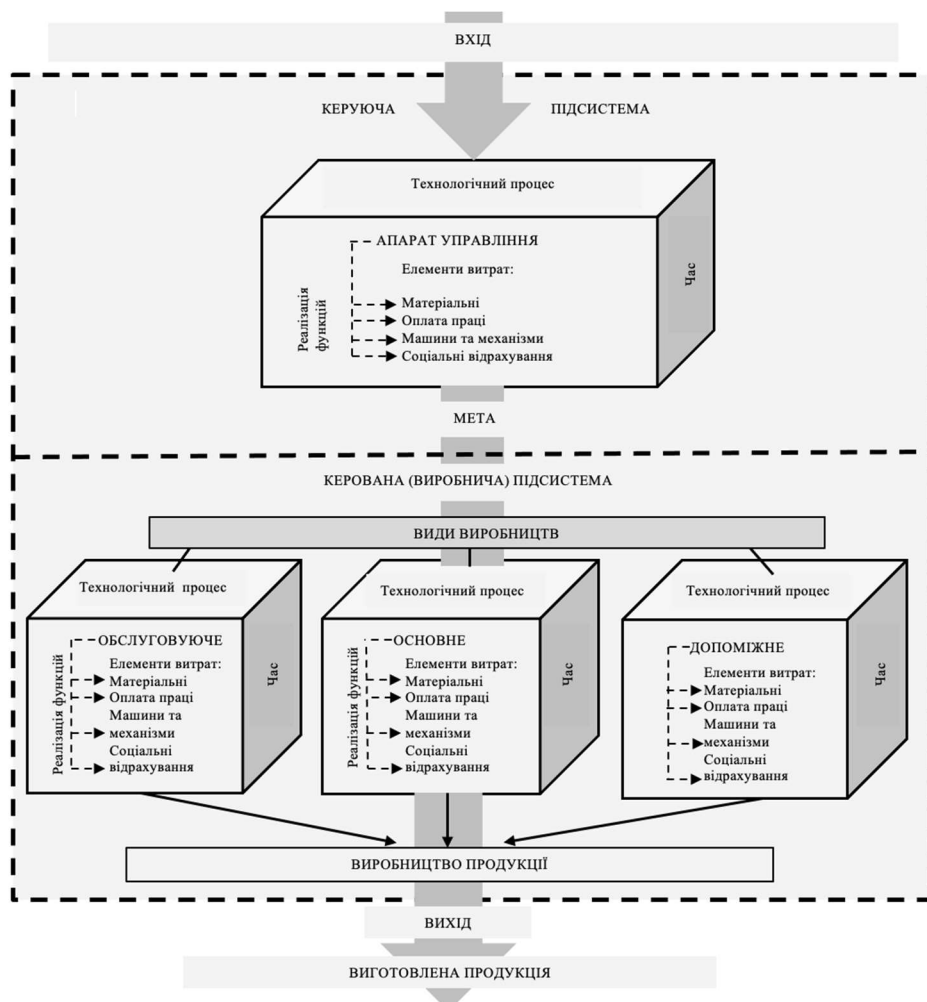


Рисунок 3 – Тривимірний інформаційний моделювальний графік організаційної структури [Розроблено автором]

Визначення «інформаційна модель організаційної структури» вводиться автором. Оскільки в науковій літературі такий термін відсутній, необхідно сформувати понятійний апарат, пов'язаний з проектуванням інформаційних моделей організаційних структур соціально-економічних систем. Отже, *інформаційна модель організаційної структури* – є цілісною тривимірною моделлю, яка складається з керуючої та керованої підсистем, а також виділенні в останній основного, допоміжного та обслуговуючого виробництва. Всі елементи ІМОС взаємопов'язані між собою, зміна одного елементу впливає на зміну всієї системи в цілому.

Слід також звернути увагу на такий параметр ІМОС як витрати. З одного боку, в організаційній структурі виділяються однорідні елементи витрат, які

структуруються на основі нормативної моделі, з іншого, самі по собі витрати, розглядаються як окремий параметр. Це свідчить про те, що сама по собі організаційна структура – це складна соціально-економічна система, яка функціонує в тривимірному просторі, і яка, для ефективного управління нею, обов'язково має проектуватися.

Проектування 3D-моделі соціально-економічної системи дає можливість її синтезувати з 3D-моделлю будь-якої технічної системи (земельні ділянки, будівлі, споруди), які на сьогоднішній день успішно проектуються за допомогою різних програмних продуктів. Якісне поєднання 3D-моделей соціально-економічних систем і 3D-моделей технічних систем дає можливість запроєктувати багатовимірні моделі, які будуть візуалізувати в просторі та часі проведення

будь-яких видів робіт з відображенням всіх витрачених ресурсів на їх виконання. Створення багатовимірних моделей забезпечить більшу керованість проведення всіх видів робіт будь-якого проєкту на різних етапах інвестиційного циклу.

Отже, враховуючи означене, можна сформулювати етапи проєктування багатовимірних інформаційних моделей для ведення робіт ПМД:

1. Проєктування нормативної моделі організаційної структури оператора ПМД.
2. Проєктування 3D-інформаційної моделі організаційної структури соціально-економічної системи оператора ПМД (рис. 3).
3. Проєктування 3D-моделі технічної системи – об'єкта ведення робіт ПМД.

4. Проєктування багатовимірної інформаційної моделі ведення робіт ПМД.

Розглянемо визначені вище етапи детальніше. Проєктування нормативної моделі організаційної структури оператора ПМД відбувається на основі нормативної моделі організаційної структури (рис. 1) і починається з виділення керуючої та керованої підсистем та розподілення в керованій (виробничій) підсистемі функцій для групи саперів, яка розглядається як цілісність. Функції розподіляються згідно технологічного процесу і групуються для виконання основних, допоміжних та обслуговуючих видів робіт (рис. 4).

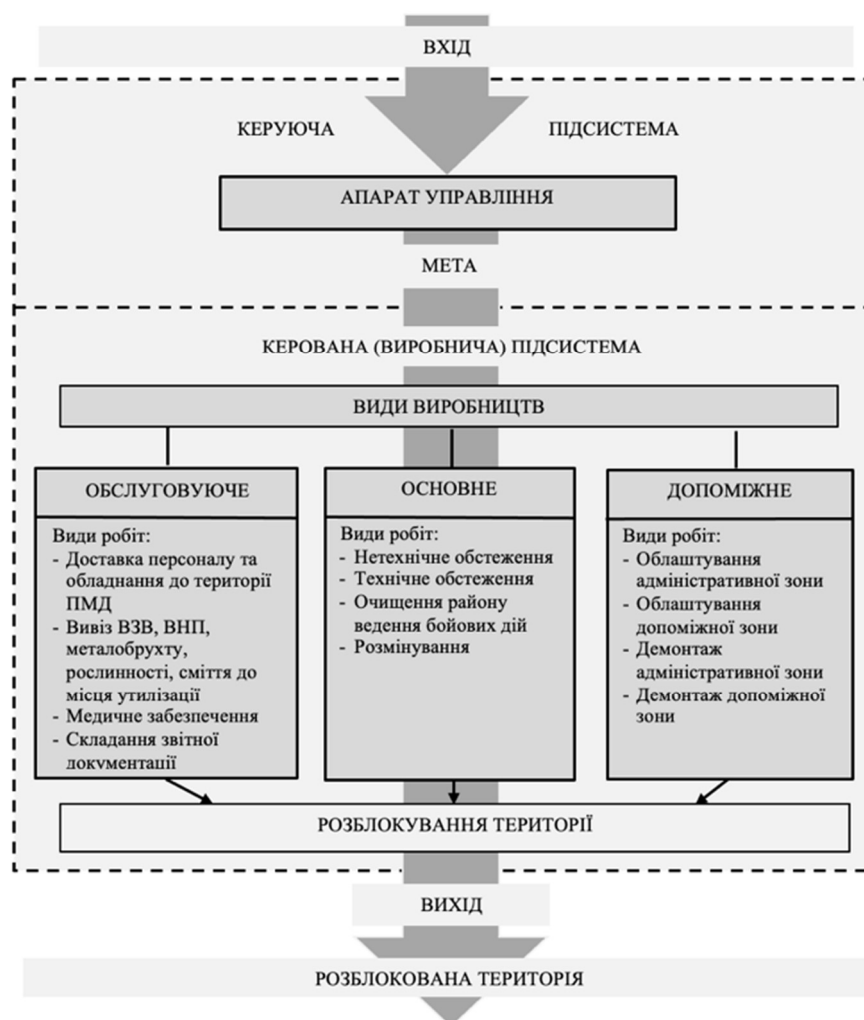


Рисунок 4 – Нормативна модель організаційної структури операторів протимінної діяльності
[Розроблено автором]

Проєктування 3D-інформаційної моделі організаційної структури соціально-економічної системи оператора ПМД відбувається на основі ІМОС (рис. 3). Для будь-яких організаційних структур параметри ІМОС є універсальними, однак у процесі проєктування слід звернути увагу на те, що за потреби набір елементів витрат (крім трудових) може змінюватися.

Проєктування 3D-моделі технічної системи – об'єкта ведення робіт ПМД залежить від

класифікаційної ознаки цього об'єкта. Наприклад, якщо йдеться про об'єкти критичної інфраструктури та житлового фонду, то тут можуть використовуватися такі програмні продукти як Archicad [23], Revit [24], Autocad [25] та інші. Якщо ж йдеться про ведення робіт на земельних ділянках, то в науковій літературі також визначені способи програмної реалізації тривимірних реалістичних картографічних моделей. Так, згідно аналізу проведеного в [22], на сьогоднішній день

використовуються програми групи геоінформаційних систем (далі – ГІС): InterGraph GeoMedia [26], ERDAS Imagine [27] та ESRI ArcInfo [28], а найпоширенішими на території України, що тою чи іншою мірою можуть задовольнити потреби картографії у реалістичному відображенні дійсності є такі, як ArcGIS [29], MapInfo [30] та ін.

Проектування багатовимірної інформаційної моделі ведення робіт ПМД відбувається шляхом

синтезу 3D-моделі соціально-економічної системи (рис. 3), яка запроєктована на основі організаційної структури оператора ПМД (рис. 4) та 3D-моделі технічної системи будь-якого об'єкта на якому проводяться роботи ПМД. Приклад проектування багатовимірної інформаційної моделі оператора ПМД для очищення об'єктів критичної інфраструктури, житлового фонду, земельних ділянок наведено на рис. 5.

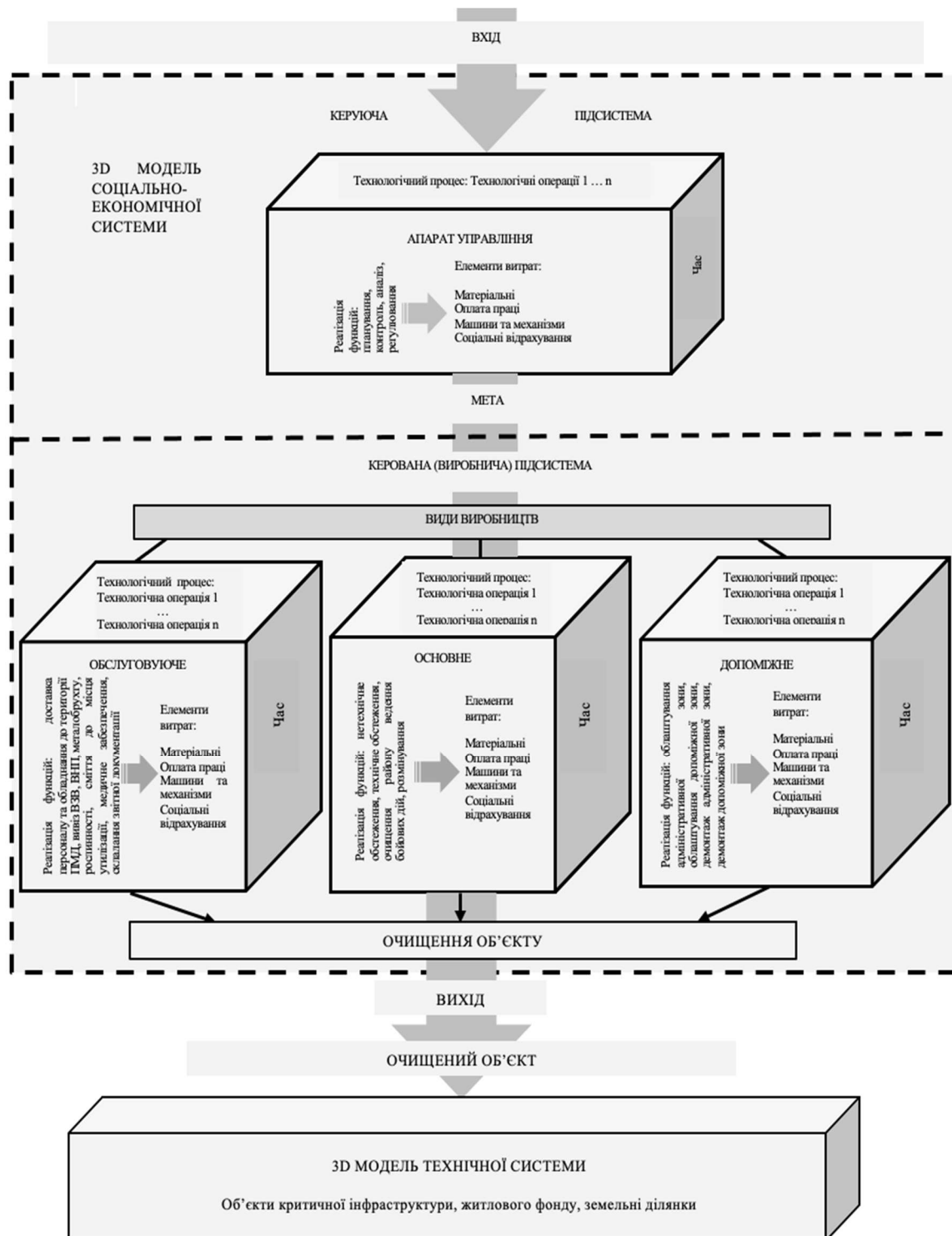


Рисунок 5 – Багатовимірна інформаційна модель оцінювання робіт протимінної діяльності
[Розроблено автором]

Створення програмних продуктів на основі багатовимірної інформаційної моделі метою яких є якісне управління проектами пов'язаними з веденням робіт ПМД дасть змогу в просторі й часі візуалізувати всі процеси, пов'язані з будь-якими видами робіт ПМД, що забезпечить їх абсолютну керованість, а відповідно і високу ефективність

Висновки й перспективи подальших досліджень

У роботі визначено передумови проектування багатовимірних інформаційних моделей для ведення робіт протимінної діяльності на потенційно небезпечних територіях. Зокрема, сформовані та визначені шляхи вирішення методологічних проблем, які є основою для обґрунтування параметрів формування 3D-моделей соціально-економічних систем.

Наголошено на необхідності класифікації об'єктів (технічних систем), стосовно яких будуть проектуватися 3D-моделі соціально-економічних систем. Також обґрунтовано необхідність визначення технологічного процесу як одного з основних параметрів 3D-моделі соціально-економічної системи та пов'язаних із ним норм виробітку для кожної технологічної операції. Визначено, що основою для проектування будь-якої інформаційної моделі соціально-економічної системи є нормативна модель організаційної структури, яка розглядається як динамічна система. На основі системного підходу, що

виокремлює різні типи систем – технічні, біологічні та соціально-економічні, визначено, що проектування багатовимірних інформаційних моделей, які забезпечать якісне управління проектами, зокрема під час ведення робіт протимінної діяльності – це процес якісного синтезу 3D-технічних та 3D-соціально-економічних систем.

Проектування соціально-економічних систем на основі нормативної моделі організаційної структури як цілісної системи, дало змогу якісно визначити параметри для створення 3D-моделі соціально-економічної системи та ввести поняття «інформаційна модель організаційної структури». Така модель організаційної структури забезпечує її синтез із будь-якою 3D-моделлю технічної системи, що дає змогу проектувати багатовимірні моделі. Такий синтез забезпечує створення програмних продуктів, які допоможуть якісно візуалізувати виконання всіх процесів пов'язаних із веденням робіт протимінної діяльності, а отже і ефективно управляти всіма параметрами, з яких складається багатовимірна модель.

Перспективою подальших досліджень є створення програмних продуктів з управління роботами протимінною діяльністю на потенційно небезпечних територіях на різних етапах інвестиційного циклу проектів, які повністю візуалізуватимуть будь-які виробничі процеси, що забезпечить повну керованість цих процесів та якісне управління ресурсами під час їх реалізації.

Список бібліографічних посилань

- Harris G.** The economics of landmine clearance: case study of Cambodia. *Journal of International Development*. 2000. №12(2). DOI: 10.1002/(SICI)1099-1328(200003)12:2<219::AID-JID638>3.0.CO;2-M. **2. Gildestad B.** Cost-Benefit Analysis of Mine Clearance Operations in Cambodia. *JMU Scholarly Commons*. 2005. URL: <https://commons.lib.jmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2176&context=cisr-globalcld> (accessed: 16 January 2025). **3. Gebrehiwot E., Kara H.** Economics of Landmines and Demining: MBA Professional Report. In Naval Postgraduate School. 2009. URL: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA501166> (accessed: 16 January 2025). **4. Гудима Л. О.** BIM-технології в будівництві: сучасні виклики для України. *Бізнесінформ*. №2. 2024. С. 97–104. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-2-97-104>. **5. Адаменко В. М.** Досвід застосування BIM-технологій при проектуванні і розрахунках сталевих та залізобетонних конструкцій. *BIM-технології в будівництві: досвід та інновації*. Перша всеукраїнська науково-практичної конференція, (Харків, 18–19 березня 2021 р.). Харків: ХНУБА, 2021. С. 13–16. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/22c24008-b885-4e52-ba3d-b9a79e67650d/content> (дата звернення: 16.01.2025). **6. Андрухов В. М., Потеха А. С., Мартинов І. С.** Поєднання BIM-технології з системами САД для розробки робочої документації залізобетонних монолітних конструкцій. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2023. С. 152–155. DOI: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2023-1-152-155>. **7. Гуторов О. С.** BIM як засіб вирішення проблем проектування. *Молодий вчений*. 2021. № 6. С. 88–91. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2021-6-94-20>. **8. Rokoei S.** Building Information Modeling in Project

- Management: Necessities, Challenges and Outcomes. *Procedia Social and Behavioral Sciences*. 2015. P. 87–95. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.332>. **9. Sharma P., Gupta S., Kumar L. A.** A Critical Appraisal of Integrating 4D and 5D BIM into Construction Practice. *ADR Journals*. 2017. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/215066.pdf> (accessed: 16 January 2025). **10. Noviani S., Amin M., Hardjomuljadi S.** The impact of 3D, 4D, and 5D Building Information Modeling for reducing claims to service providers. *Sinergi*. 2022. P. 47–56. DOI: <http://dx.doi.org/10.22441/sinergi.2022.1.007>. **11. Hosamo H., Rolfsen C., Zeka F.** Navigating Adoption of 5D Building Information Modeling: Insights from Norway. *MDPI*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/infrastructures9040075>. **12. Amico F., Ascanio L., Falco M.** BIM for Infrastructure: an efficient process to achieve 4D and 5D digital dimensions. *European Transport*. 2020. P. 1–11. URL: <https://repository.uwl.ac.uk/id/eprint/7729/> (accessed: 16 January 2025). **13. Xu J.** Research on Application of BIM 5D Technology in Central Grand Project. *Procedia Engineering. 13th Global Congress on Manufacturing and Management, GCMM*. 2016. P. 600–610. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.194>. **14. Basir W., Majid U.** Adaptation 4D and 5D BIM for BIM/GIS data integration in construction project management. *International Graduate Conference of Built Environment and Surveying*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1274/1/012002>. **15. Mulyo and Mawardi Amin.** Analysis of Building Information Modelling (BIM) 4D-5D Method to Minimize the Occurrence of Variation Orders in Design and Build. *International Journal of Engineering Research and Advanced Technology*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.31695/IJERAT.2023.9.12.2>. **16. Трач Р. В.** Інформаційне моделювання в будівництві (BIM): сутність,

етапи становлення та перспективи розвитку. *Електронне наукове видання «Глобальні та національні проблеми економіки»*. 2017. № 16. С. 490–495. URL: <http://global-national.in.ua/archive/16-2017/99.pdf> (дата звернення: 16.01.2025). 17. Wang Z., Liu J. A. Seven-Dimensional Building Information Model for the Improvement of Construction Efficiency. *Advances in Civil Engineering*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/8842475>. 18. Про протимінну діяльність: Закон України від 01.01.2024 №2642-VIII. Чинна редакція. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2642-19#Text> (дата звернення 16.01.2025). 19. ДСТУ 8820:2023. Протимінна діяльність. Процеси управління. Основні положення [Чинний від 01.04.2023]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2023. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=102147 (дата звернення 16.01.2025). 20. Рудь Н. С. Повышение эффективности функционирования строительных объединений на основе совершенствования их производственных структур: Дис... канд. экон. наук: 08.00.05. Киев, 1984. 171 с. 21. Рудь К. М. Методологічні основи формування організаційної структури на основі системного підходу. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2022. Вип. 50. С. 61–68. DOI:

[https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.50\(2\).61-68](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.50(2).61-68).

22. Орещенко А. В. Способи програмної реалізації тривимірних реалістичних картографічних моделей. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/may/1636/gka72200913.pdf> (дата звернення 16.01.2025). 23. Archicad. 2024. URL: <https://graphisoft.com/solutions/archicad/> (accessed: 16 January 2025). 24. Revit. 2024. URL: <https://www.autodesk.com/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> (accessed: 16 January 2025). 25. Autocad. 2024. <https://www.autodesk.com/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> (accessed: 16 January 2025). 26. InterGraph. 2024. URL: <https://hexagon.com/intergraph> (accessed: 16 January 2025). 27. ERDAS Imagine. 2024. URL: <https://hexagon.com/products/erdas-imagine> (accessed: 16 January 2025). 28. ESRI ArcInfo. 2024. URL: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/manage-data/coverages/importing-an-arcinfo-interchange-file.htm> (accessed: 16 January 2025). 29. ArcGIS. 2024. URL: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-online/overview> (accessed: 16 January 2025). 30. MapInfo. 2024. URL: <https://www.precisely.com/product/precisely-mapinfo/mapinfo-pro> (accessed: 16 January 2025).

DESIGNING MULTIDIMENSIONAL INFORMATION MODELS FOR ASSESSING MINE ACTION IN POTENTIALLY HAZARDOUS AREAS

RUD Kateryna, Candidate of Economic Sciences, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-6349-0161>

Formulation of the problem in general. The purpose of the article is to develop multidimensional information models to ensure quality management of mine action in potentially hazardous areas.

Research methods. Writing the article based on the methodology of designing organizational structures, three-dimensional models of socio-economic systems were designed. The application of the system approach made it possible to synthesize systems of different hierarchical levels – technical and socio-economic, due to which multidimensional information models were developed, which can be used in the process of conducting mine action works.

Analysis of recent research and publications. The study of scientific literature showed that in mine action, it is necessary to first solve the issue of determining the cost of these works, which is a necessary condition for designing multidimensional information models.

Presenting the main material. The design of multidimensional information models for conducting mine action works involves the formation of a number of stages related to the determination of the cost of these works. Therefore, stages of determining the cost of mine action have been researched and proposed, the implementation of which will allow determining the conduct of the cost mine action works. It was determined that one of the main stages for determining the cost of mine action works is the design of the organizational structure. The organizational structure is considered a dynamic system, the basis for the design of which is parameters such as cost elements, time, and technological process. The selection of the indicated parameters makes it possible to form a three-dimensional information model of the socio-economic system, which is defined by the term «three-dimensional information model of the organizational structure».

Elements of scientific novelty. The formation of a three-dimensional information model of socio-economic system ensures its synthesis with three-dimensional models of technical system, which makes it possible to create and visualize multidimensional information models for conducting of mine action works, which ensures effective management of resources at all stages of the investment cycle of projects related to the clearance of the territory from explosive objects.

Theoretical and practical significance of the article. The formation of three-dimensional information models of socio-economic systems will make it possible, on the one hand, to determine the cost of mine action works, and the other hand, provide a synthesis with three-dimensional technical systems in relation to which these works are carried out, such as infrastructure, objects, land plots, residential and buildings and structures.

Conclusion and the perspectives of future research. The synthesis of three-dimensional socio-economic and technical systems allows creating software products that will provide high-quality visualization of any resource management processes, which will increase the manageability of mine action works at all stages of the investment cycle of the implementation of a particular project.

Keywords: multidimensional information models, mine action, synthesis of technical and socio-economic systems, organizational structure, technological process, cost elements.

References

1. **Harris, G.**, (2000). The economics of landmine clearance: case study of Cambodia. Journal of International Development. 12(2). DOI: 10.1002/(SICI)1099-1328(200003)12:2<219AID-JID638>3.0.CO;2-M. 2. **Gildestad, B.**, (2005). Cost-Benefit Analysis of Mine Clearance Operations in Cambodia. JMU Scholarly Commons [online]. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2176&context=cisr-globalcwid> [Accessed: 16 January 2025].
3. **Gebrehiwot, E., Kara, H.**, (2009). Economics of Landmines and Demining: MBA Professional Report. In Naval Postgraduate School [online]. Available at: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA501166> [Accessed: 16 January 2025].
4. **Gudyma, L. O.**, (2024). BIM technologies in construction: modern challenges for Ukraine. Business inform. 2, 97-104. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-2-97-104>.
5. **Adamenko, V. M.**, (2021). Experience in the use of BIM technologies in the design and calculations of steel and reinforced concrete structures. In: BIM technologies in construction: experience and innovations: First All-Ukrainian scientific and practical conference, (Kharkiv, March 18–19, 2021). Kharkiv: KHNUBA [online]. Available at: <https://repository.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/22c24008-b885-4e52-ba3d-b9a79e67650d/content> [Accessed: 16 January 2025].
6. **Andrukhov, V. M., Poteha, A. S., Martynov, I. S.**, (2023). The combination of BIM technology with CAD systems for the development of working documentation of reinforced concrete monolithic structures. Modern technologies, materials and structures in construction. DOI: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2023-1-152-155>.
7. **Gutorov, O. S.**, (2021). BIM as a means of solving design problems. A young scientist. 6, 88-91. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2021-6-94-20>.
8. **Rokoei, S.**, (2015). Building Information Modeling in Project Management: Necessities, Challenges and Outcomes. Procedia Social and Behavioral Sciences. 87-95. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.332>
9. **Sharma, P., Gupta, S., Kumar, L. A.**, (2017). Critical Appraisal of Integrating 4D and 5D BIM into Construction Practice. ADRJournals. [online]. Available at: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/215066.pdf> [Accessed: 16 January 2025].
10. **Noviani, S., Amin, M., Hardjomuljadi, S.**, (2022). The impact of 3D, 4D, and 5D Building Information Modeling for reducing claims to service providers. Sinergi. 47-56. DOI: <http://dx.doi.org/10.22441/sinergi.2022.1.007>.
11. **Hosamo, H., Rolfsen, C., Zeka, F.**, (2024). Navigating Adoption of 5D Building Information Modeling: from Norway. MDPI. DOI: <https://doi.org/10.3390/infrastructures9040075>.
12. **Amico, F., Ascanio, L., Falco, M.**, (2020). BIM for Infrastructure: an efficient process to achieve 4D and 5D digital dimensions. European Transport. 1-11. [online]. Available at: <https://repository.uwl.ac.uk/id/eprint/7729/> [Accessed: 16 January 2025].
13. **Xu, J.**, (2016). Research on Application of BIM 5D Technology in Central Grand Project. Procedia Engineering. 13th Global Congress on Manufacturing and Management, GCM. 600-610. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.194>.
14. **Basir, W., Majid, U.**, (2023). Adaptation 4D and 5D BIM for BIM/GIS data integration in construction project management. International Graduate Conference of Built Environment and Surveying. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1274/1/012002>.
15. **Mulyo, and Mawardi Amin**, (2023). Analysis of Building Information Modelling (BIM) 4D-5D Method to Minimize the Occurrence of Variation Orders in Design and Build. International Journal of Engineering Research and Advanced Technology. DOI: <https://doi.org/10.31695/IJERAT.2023.9.12.2>.
16. **Trach, R. V.**, (2017). Information modelling in construction (BIM): essence, stages of formation and development prospects. Mykolaiv National University V. O. Sukhomlynskyi. 16, 490-495. [online]. Available at: <http://global-national.in.ua/archive/16-2017/99.pdf> [Accessed: 16 January 2025].
17. **Wang, Z. and Liu, J., A.**, (2020). Seven-Dimensional Building Information Model for the Improvement of Construction Efficiency. Advances in Civil Engineering. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/8842475>.
18. **On mine action in Ukraine** [online]. Zakon Ukrainy №2642-VIII, April 01. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2642-19#Text> [Accessed: 16 January 2025].
19. **National Standard of Ukraine**, (2023). Mine action. Management processes. Main points. DSTU 8820:2023. Kyiv: Vyd. ofits. Kyiv.
20. **Rud, N. S.**, (1984). Increasing the efficiency of the functioning of construction associations based on improving their production structures. PhD. 08.00.05. Kyiv Civil Engineering un-t.
21. **Rud, K.**, (2022). Methodological foundations of forming an organizational structure based on a systematic approach. Ways to increase the efficiency of construction in the conditions of the formation of market relations. 50, 61-68. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.50\(2\).61-68](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.50(2).61-68).
22. **Oreshchenko, A. V.**, (2009). Methods of software implementation of three-dimensional realistic cartographic models [online]. Available at: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/may/1636/gka72200913.pdf> [Accessed: 16 January 2025].
23. **Archicad** [online], (2024). Available at: <https://graphisoft.com/solutions/archicad/> [Accessed: 16 January 2025].
24. **Revit** [online], (2024). URL.: <https://www.autodesk.com/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>.
25. **Autocad** [online], (2024). Available at: <https://www.autodesk.com/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> [Accessed: 16 January 2025].
26. **InterGraph** [online], (2024). Available at: <https://hexagon.com/intergraph> [Accessed: 16 January 2025].
27. **ERDAS Imagine** [online], (2024). Available at: <https://hexagon.com/products/erdas-imagine> [Accessed: 16 January 2025].
28. **ESRI ArcInfo** [online], (2024). Available at: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/manage-data/coverages/importing-an-arcinfo-interchange-file.htm> [Accessed: 16 January 2025].
29. **ArcGIS** [online], (2024). Available at: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-online/overview> [Accessed: 16 January 2025].
30. **MapInfo** [online], (2024). Available at: <https://www.precisely.com/product/precisely-mapinfo/mapinfo-pro> [Accessed: 16 January 2025].

Рукопис надійшов до редакції 09.01.2025
 Рукопис прийнято до друку після рецензування 24.03.2025
 Дата публікації 30.04.2025