

DOI: 10.32347/2786-7269.2025.11.435-455

УДК 69.003.2:658.5

к.т.н., доцент **Малихін М.О.**,
malykhin.mo@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9721-2733,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ФОРМУВАННЯ НОВІТНЬОЇ СИСТЕМИ ІНТЕГРОВАНОЇ ЦИФРОВОЇ ПІДГОТОВКИ БУДІВНИЦТВА

Формування новітньої системи інтегрованої цифрової підготовки будівництва є ключовим кроком до вдосконалення управлінських і виробничих процесів у будівельній галузі. Сучасний етап розвитку технологій вимагає використання інтегрованих цифрових рішень, які здатні підвищити ефективність будівництва, знизити витрати, мінімізувати ризики та покращити контроль якості на всіх етапах життєвого циклу проєкту.

Інтегрована цифрова підготовка будівництва передбачає об'єднання всіх елементів будівельного процесу в єдину цифрову екосистему, яка охоплює планування, проєктування, виробництво та контроль. Ця система базується на використанні сучасних інформаційних технологій, таких як будівельне інформаційне моделювання (BIM), хмарні технології, інтернет речей (IoT) та штучний інтелект (AI). Вони дозволяють забезпечити точність даних, покращити комунікацію між учасниками проєкту та створити умови для автоматизації ключових процесів.

Основними перевагами новітньої системи є підвищення продуктивності, скорочення термінів виконання проєктів, покращення якості робіт та забезпечення їхньої відповідності нормативним вимогам. Інтеграція різних цифрових інструментів дозволяє уникнути дублювання інформації, зменшити кількість помилок, що виникають через людський фактор, та забезпечити оперативний доступ до актуальних даних для прийняття рішень на всіх рівнях управління.

Системи цифрової підготовки дозволяють проводити моделювання різних сценаріїв розвитку подій, аналізувати ризики, прогнозувати витрати та оптимізувати використання ресурсів. Вони сприяють більш точному плануванню та контролю за виконанням робіт, що є надзвичайно важливим для великих інфраструктурних проєктів, де навіть невеликі затримки можуть призвести до значних втрат.

Окрім цього, цифрова трансформація будівельної галузі сприяє формуванню єдиної інформаційної платформи, яка об'єднує всіх стейкхолдерів, спрощує управління документацією та забезпечує прозорість у реалізації проєктів. Впровадження сучасних цифрових рішень також сприяє підвищенню

екологічної відповідальності будівельної галузі, оскільки дозволяє зменшити витрати матеріалів, енергоресурсів і мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище. Таким чином, новітня система інтегрованої цифрової підготовки будівництва є потужним інструментом, що дозволяє не лише підвищити ефективність управління будівельними процесами, а й адаптувати галузь до вимог цифрової економіки, сприяючи її сталому розвитку.

Ключові слова: Інтегрована система; цифрова підготовка; будівельне інформаційне моделювання; BIM; інтернет речей; автоматизація; управління будівництвом; хмарні технології.

Постановка проблеми. Сучасні технології, такі як будівельне інформаційне моделювання (BIM), інтернет речей (IoT), штучний інтелект, хмарні обчислення та автоматизація процесів, значно впливають на етапи проектування, підготовки і реалізації будівництва. Тому дослідження спрямоване на вивчення шляхів створення комплексної системи, яка забезпечить ефективну інтеграцію цих технологій для досягнення нових стандартів продуктивності, точності та економічної ефективності.

Проблематика дослідження полягає в тому, що більшість будівельних компаній та організацій часто застосовують окремі цифрові інструменти, які функціонують автономно. Це створює труднощі в синхронізації інформації, підвищує ризики помилок у плануванні і реалізації проєктів, а також ускладнює прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Таким чином, постає необхідність розробки інтегрованої системи, яка дозволить об'єднати всі етапи підготовки будівництва, включно з проектуванням, фінансуванням, управлінням ресурсами та виконанням робіт, в єдине цифрове середовище.

Мета статті. Головна ціль роботи - визначення оптимальних підходів до формування новітньої системи інтегрованої цифрової підготовки будівництва. Ставляться завдання: дослідити існуючі технологічні рішення та системи, виявити їхні переваги та недоліки, проаналізувати можливості інтеграції цих рішень в єдину платформу, а також оцінити вплив такої інтеграції на загальну ефективність будівельних процесів.

Об'єктом дослідження є процеси цифрової підготовки та управління будівництвом, які включають всі етапи життєвого циклу будівельного проєкту – від концептуального планування до введення об'єкта в експлуатацію. Предметом є технологічні інструменти і методи, що використовуються для інтеграції цих процесів в єдину систему.

Інноваційність полягає в комплексному підході до створення інтегрованої цифрової системи підготовки будівництва, яка сприяє мінімізації ризиків,

підвищенню продуктивності та покращенню взаємодії між учасниками будівельного процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз сучасних досліджень і публікацій з питань формування новітньої системи інтегрованої цифрової підготовки будівництва свідчить про зростаючий інтерес до впровадження цифрових технологій у всі етапи реалізації будівельних проєктів. У численних роботах розглядаються можливості інтеграції технологій BIM (Building Information Modeling) як базового елемента цифровізації, що забезпечує ефективність проєктування, будівництва та експлуатації об'єктів.

Дослідники також акцентують увагу на автоматизації управлінських процесів, яка досягається завдяки використанню платформ управління даними, штучного інтелекту та технологій аналізу великих даних. Значна кількість публікацій підкреслює важливість формування єдиного інформаційного середовища, яке сприяє координації між усіма учасниками будівельного процесу: замовниками, підрядниками, проєктувальниками та іншими стейкхолдерами.

Окремо розглядаються аспекти підвищення кваліфікації фахівців у сфері будівництва, зокрема через впровадження інтерактивних навчальних платформ, симуляційних програм і віртуальної реальності, що дозволяє адаптувати робочі процеси до сучасних технологічних вимог. Увага приділяється і питанням регулювання нормативної бази для підтримки цифровізації галузі. Таким чином, дослідження демонструють, що формування системи інтегрованої цифрової підготовки будівництва є комплексним завданням, яке потребує поєднання інноваційних технологій, новітніх управлінських підходів і розвитку професійних компетенцій.

Виклад основного матеріалу. Сучасний етап розвитку будівельної галузі характеризується стрімким зростанням вимог до якості, швидкості та економічної ефективності реалізації будівельних проєктів. У цьому контексті цифровізація будівельного процесу стає одним із ключових факторів підвищення конкурентоспроможності та інноваційного розвитку галузі. Діджиталізація дозволяє підвищити точність планування, оптимізувати ресурси, а також мінімізувати можливі помилки та ризики, пов'язані з процесом будівництва.

Формування новітньої системи інтегрованої цифрової підготовки будівництва є важливим кроком на шляху до створення ефективної та прозорої системи управління будівельними проєктами. Ця система сприяє більш ефективній координації роботи всіх учасників будівельного процесу – від архітекторів та інженерів до підрядників та замовників. Інтеграція цифрових

інструментів та технологій дозволяє значно скоротити часові та фінансові витрати, а також підвищити якість реалізації проєктів.

Зокрема, актуальність цієї теми зумовлена розвитком концепції BIM (Building Information Modeling) – інформаційного моделювання будівель, яке забезпечує комплексний підхід до управління даними на всіх етапах життєвого циклу будівельного об'єкта. Впровадження BIM технологій дає можливість створювати інтегровані цифрові моделі об'єктів, які містять в собі всю необхідну інформацію про проєктування, будівництво та експлуатацію об'єкта. Це дозволяє всім учасникам процесу будівництва працювати з однією актуальною та єдиною версією проєкту, що сприяє зменшенню помилок та підвищенню ефективності процесу будівництва.

У підсумку, необхідність формування новітньої системи інтегрованої цифрової підготовки будівництва зумовлена сучасними вимогами до якості, ефективності та швидкості реалізації будівельних проєктів. Впровадження цифрових технологій та інструментів у процес підготовки будівництва дозволяє оптимізувати роботу, зменшити витрати та підвищити загальну ефективність галузі.

Новітня система інтегрованої цифрової підготовки будівництва базується на використанні сучасних технологій, які забезпечують злагоджене та ефективне управління будівельними проєктами. Основні компоненти цієї системи включають [1]:

1. Інформаційне моделювання будівель (BIM) – ключова технологія, що забезпечує створення та управління цифровою моделлю будівельного об'єкта. BIM дозволяє інтегрувати всі аспекти будівельного проєкту – архітектурні, інженерні, фінансові, експлуатаційні – в єдину цифрову платформу. Це дозволяє координувати дії всіх учасників проєкту, скоротити кількість помилок і підвищити ефективність будівельного процесу.

2. Проєктні системи управління – це засоби, призначені для організації, моніторингу та ефективного використання ресурсів в рамках проєктів. Вони дозволяють здійснювати моніторинг виконання робіт, розподіляти завдання між учасниками команди, контролювати дотримання термінів та бюджетів. Інтеграція таких систем із BIM-моделлю дозволяє здійснювати більш точне планування та контроль за виконанням будівельних робіт.

3. Хмарні технології забезпечують можливість зберігання та переданням інформацією в реальному часі між усіма сторонами, залученими до будівельного етапу. Це дозволяє забезпечити доступ до актуальної інформації про проєкт незалежно від місця розташування та сприяє підвищенню ефективності комунікації та координації дій між різними учасниками проєкту.

4. Доповнена та віртуальна реальність (AR/VR) – технології, що дозволяють візуалізувати будівельні об'єкти та процеси, створюючи можливість для перевірки та внесення змін у проєкт ще до початку будівництва. Це дає змогу уникнути потенційних проблем і покращує розуміння проєкту всіма учасниками.

5. Системи автоматизованого контролю якості та безпеки – дозволяють здійснювати моніторинг якості будівельних робіт та дотримання вимог безпеки в режимі реального часу. Завдяки використанню датчиків, дронів та інших технологічних рішень, можливо своєчасно виявляти та усувати недоліки, що сприяє підвищенню якості та безпеки будівництва.

Принципи функціонування новітньої системи інтегрованої цифрової підготовки будівництва базуються на таких основних засадах:

- Цілісність: інтеграція всіх елементів та учасників будівельного процесу в єдину цифрову платформу, що забезпечує безперервний обмін інформацією та ефективну координацію дій.

- Прозорість: доступність інформації про всі аспекти будівельного проєкту для всіх зацікавлених сторін, що сприяє покращенню комунікації та прийняття рішень.

- Гнучкість та адаптивність: можливість швидкої адаптації системи до змін у проєкті, що дозволяє оперативно реагувати на виникаючі проблеми та виклики.

- Орієнтованість на інновації: постійне впровадження нових технологій та методів для підвищення ефективності будівельного процесу.

Впровадження цих компонентів та принципів дозволяє сформувати ефективну систему цифрової підготовки будівництва, яка здатна забезпечити високу якість, економічність та оперативність реалізації будівельних проєктів у сучасних умовах.

Організаційна підготовка передусім охоплює розробку графіків виконання технологічних етапів робіт. Процес включає в себе ряд взаємопов'язаних завдань, виконання яких сприяє завершенню конструктивних елементів і завершує кожну стадію технічного циклу в загальному технічному процесі створення об'єктів, будівель і споруд. Він також забезпечує якнайшвидше відкриття робочого фронту відповідної організації [2].

Комплексна організаційна підготовка зосередженого будівництва здійснюється в три етапи, які представлені на рис. 1.

Перший етап організаційної підготовки будівельних об'єктів та комплексів є критично важливим для забезпечення успішної реалізації проєкту. Він охоплює кілька ключових завдань.

По-перше, передпроектна підготовка будівництва включає в себе вивчення умов будівництва, технічних вимог та нормативів, а також оцінку потенційних ризиків і можливих перешкод. Це дозволяє зрозуміти, які ресурси та технології необхідні для успішного завершення проекту. На цьому етапі важливо також здійснити аналіз ринку, щоб зрозуміти кон'юнктуру та потенційних конкурентів [3].

По-друге, своєчасне і якісне приймання та перевірка проектно-технічної документації є невід'ємною частиною цього етапу. Важливо не лише перевірити відповідність документації сучасним стандартам, але й провести детальний аналіз її надійності та технічної доцільності. Це включає в себе перевірку архітектурних, конструктивних, інженерних рішень і підтвердження їх відповідності вимогам замовника та чинним нормам.

Третім важливим етапом є складання паспорта об'єкта, який містить всю необхідну інформацію про проект, його характеристики, етапи виконання, а також дані про підрядників і постачальників. Цей документ слугує базою для подальшої роботи і контролю.

Крім того, на цьому етапі проводиться розробка проекту організації будівництва (ПОБ), який містить детальний план реалізації проекту, розподіл ресурсів, розклад виконання робіт та інші важливі аспекти, такі як охорона праці, охорона навколишнього середовища та план заходів у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

Другий етап охоплює організаційну підготовку виробництва на планований рік. Він є важливим для забезпечення своєчасного виконання проекту та включає кілька завдань.

Одним з перших завдань є опрацювання протоколів-замовлень від клієнтів, внутрішньобудівельних титульних списків і пускових комплексів. Це дозволяє формувати чітке уявлення про обсяги робіт, які потрібно виконати, а також про терміни їх виконання. Дана інформація є основою для подальшого планування [4].

Далі, необхідно забезпечити відповідність плану будівельно-монтажних робіт виділеним фінансовим ресурсам. Це означає, що потрібно не лише створити план, але й контролювати його виконання, забезпечуючи раціональне використання коштів. Цей аспект також включає в себе контроль за дотриманням бюджетних витрат і своєчасним фінансуванням.

Також важливим етапом є розробка проектів планів та планів будівельних і монтажних робіт для учасників та об'єктів. Це передбачає підготовку протоколів погодження обсягів робіт із субпідрядними організаціями, складання графіків виконання технологічних етапів і підетапів для окремих

об'єктів і виконавців, а також зведеного графіка. Таке планування дозволяє забезпечити ефективну координацію між усіма учасниками проекту.

Не менш важливим завданням є розрахунок фінансових ресурсів на рік. Це передбачає створення фінансової моделі, яка допомагає передбачити можливі витрати, джерела фінансування та доходи. Правильне фінансування є запорукою успішного виконання всіх запланованих робіт і реалізації проекту в цілому.

Третій етап полягає в оперативному плануванні виробництва. На цьому етапі важливо адаптувати план до реальних умов виконання робіт, що можуть змінюватись внаслідок різних факторів, таких як зміна погоди, затримки з постачанням матеріалів або зміни в графіку роботи підрядників. Оперативне планування передбачає регулярний моніторинг прогресу виконання робіт, аналіз відхилень від графіку та своєчасне коригування плану дій. Це дозволяє швидко реагувати на виникаючі проблеми і забезпечувати дотримання термінів.

Таким чином, послідовність цих етапів є критично важливою для успішної реалізації будівельних проектів. Від якісної організаційної підготовки до оперативного планування залежить не лише успіх конкретного проекту, але й загальна ефективність будівельної компанії в умовах сучасного ринку.

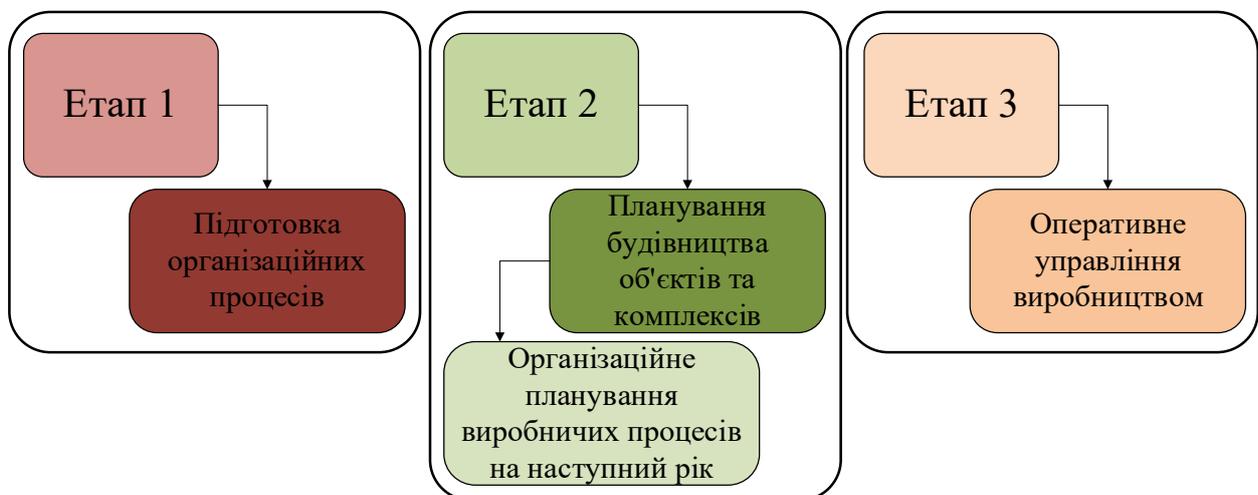


Рис. 1. Етапи комплексної організаційної підготовки для реалізації зосередженого будівництва в певній послідовності (розроблено автором на основі [5])

На етапі передпроектної підготовки замовник має забезпечити впровадження в проекти найбільш прогресивних організаційно-технологічних рішень, які сприятимуть зниженню трудомісткості та матеріаломісткості будівництва. Для цього обов'язковою є участь представників будівельних організацій у процесі вибору ділянок для будівництва та погодження завдань на проектування всіх житлово-цивільних об'єктів. Вони також мають бути залучені до планування проектних рішень при реконструкції, модернізації

чинних підприємств, розміщенні нових виробництв, а також надавати висновки щодо ключових аспектів будівельного проектування підприємств і споруд.

Нормативно-технологічна документація (НТД), яка створюється в рамках комплексної організаційної підготовки виробництва, повинна узгоджуватися з керівництвом будівельної організації, що здійснюватиме спорудження об'єкта, та управлінням виробничо-технологічного комплектування [6]. Затверджена НТД стає єдиним нормативним документом для планування та організації будівельних робіт і виробничо-технологічної комплектації в процесі комплексної організаційної підготовки виробництва. Для великих і складних об'єктів ця документація розглядається й затверджується спеціальною технічною радою.

Для реалізації повного спектру робіт з організаційної підготовки будівництва можуть бути створені спеціалізовані постійно діючі підрозділи — відділи комплексної організаційної підготовки виробництва (КОПВ). До складу таких відділів входять інженерно-технічні працівники з різних підрозділів, зокрема відділів головного технолога, технічного, виробничого, кошторисно-договірної, планового, відділу з обробки заробітної плати, нормативно-дослідницької станції (НДС), групи розробки проектів виконання робіт (ППР), проектно-кошторисних груп (ПКГ), а також проектно-кошторисних бюро (ПКБ), разом із будівельними управліннями. Розподіл функцій між інженерно-технічними працівниками цих підрозділів здійснюється залежно від їхньої спеціалізації [7].

Системний підхід до організації будівельного процесу повинен враховувати всі основні окремі специфічні критерії, які пропонується об'єднати в єдиний інтегрований показник. Оцінка будівництва за одним параметром не спрощує процес і не дозволяє провести комплексну оцінку організації, а також не дозволяє встановити зв'язок з ефективністю використання трудових або матеріально-технічних ресурсів. Тільки після оцінки різних факторів і вибору найбільш прийняттого варіанту можна прийняти рішення, яке відповідає вимогам.

При розробці організації будівництва враховується безліч індивідуальних і приватних (диференційованих) критеріїв, а також їх системи. Основні індивідуальні критерії організації будівництва зазвичай включають тривалість будівельних робіт, собівартість одиниці продукції, трудомісткість виготовлення одиниці продукції, рівень стандартизації будівельних процесів та інші. Ці критерії визначаються відповідно до нормативних документів, вимог замовника, проекту організації будівництва (ПОБ) і проекту виконання робіт (ППР) або обчислюються за допомогою розрахунків [8].

Однією з формул, що дозволяє об'єднати різні критерії оцінки в один інтегральний показник (I), є:

$$I = w_1 \times C_1 + w_2 \times C_2 + w_3 \times C_3 + \dots + w_n \times C_n, \quad (1)$$

де: I — інтегральний показник, який оцінює загальну ефективність проекту з урахуванням різних критеріїв;

C_i — значення i -го критерію, що характеризує певний аспект організації будівництва (наприклад, собівартість, тривалість робіт, трудомісткість тощо);

w_i — ваговий коефіцієнт для i -го критерію, що відображає його важливість в загальному оцінювальному показнику. Чим більший коефіцієнт, тим більше значення цього критерію для кінцевої оцінки проекту.

Ще однією важливою формулою є розрахунок собівартості одиниці продукції:

$$S = \frac{C_t + C_m + C_e}{Q}, \quad (2)$$

де: S — собівартість одиниці продукції, що показує, скільки коштує виготовлення одного виробу.

C_t — витрати на трудові ресурси, що включають зарплату працівників.

C_m — витрати на матеріали, що охоплюють всі сировинні та допоміжні матеріали, необхідні для виробництва.

C_e — інші витрати, які можуть включати накладні витрати, витрати на енергію та адміністративні витрати.

Q — загальна кількість виготовленої продукції, що дозволяє визначити собівартість одиниці продукту шляхом ділення загальних витрат на обсяги виробництва.

Останньою формулою, яка допомагає оцінити трудомісткість виготовлення одиниці продукції, є:

$$T = \frac{H}{Q}, \quad (3)$$

де: T — трудомісткість виготовлення одиниці продукції, що показує, скільки трудових годин потрібно для виготовлення одного виробу.

H — загальна кількість трудових годин, витрачених на виробництво всіх одиниць продукції.

Q — кількість виготовленої продукції, що дозволяє оцінити середню трудомісткість на одиницю виробу.

Ці формули надають важливі інструменти для оцінки та аналізу процесу організації будівництва. Використовуючи їх, управлінці можуть більш точно оцінювати ефективність проектів, виявляти проблеми та ухвалювати обґрунтовані рішення, що, в свою чергу, сприяє підвищенню продуктивності та успішності будівельних проектів.

Перелік конкретних стандартів для будівельних організацій може бути об'єднаний в інтегрований перелік і включати необмежену кількість показників. Кількість цих критеріїв визначається практичними вимогами [9]. Наприклад, до спеціальних критеріїв можна віднести своєчасність виконання робіт, суміщення різних видів робіт, безперервність використання фронту робіт, рівномірність використання, безперервність розвитку фронту робіт, оптимальне наповнення фронту робіт тощо. Це дозволяє об'єднати перераховані вище спеціальні (диференціальні) критерії в інтегровані критерії з урахуванням їх важливості в конкретних обставинах. При необхідності використання диференціальних критеріїв для коректної оцінки варіантів деякі з них можна виключити, встановивши коефіцієнт важливості відповідних критеріїв рівним нулю. Наприклад, диференціальний критерій «своєчасність виконання робіт» є одним з найважливіших показників в сучасних умовах. На початок виконання основних будівельно-монтажних робіт необхідно забезпечити організаційні заходи з підготовки будівельного виробництва, позамайданчикові підготовчі роботи та внутрішньомайданчикові підготовчі роботи. Необхідна організаційна підготовка до будівництва включає розгляд питань, пов'язаних з умовами використання існуючих транспортних та інженерних комунікацій, підприємств будівельної індустрії, об'єктів теплоенергетики тощо. Вона також включає визначення порядку використання місцевих матеріалів, визначення організацій, що беруть участь у будівництві, вирішення питання про необхідність перенесення або розширення виробничих потужностей будівельно-монтажних організацій, укладення договорів зі спеціалізованими субпідрядними організаціями на виконання окремих видів робіт. Перед початком організаційної підготовки важливо, щоб інженерно-технічний персонал ретельно вивчив проектно-вишукувальну документацію та місцеві умови будівництва [10].

До позамайданчикових підготовчих робіт належить прокладання зовнішніх автомобільних під'їзних шляхів, організація мереж зв'язку, електропостачання з трансформаторними підстанціями, будівництво водопровідних систем із водозабірними об'єктами, а також облаштування каналізаційних колекторів з очисними спорудами [11].

Список внутрішньомайданчикових підготовчих робіт є більш об'ємним та охоплює такі завдання:

- Встановлення геодезичної розмічальної основи для будівництва: Цей етап включає точну розмітку майданчика відповідно до проектної документації. Використання геодезичних інструментів, таких як теодоліти та рівні, дозволяє забезпечити правильність розташування основних елементів будівлі, таких як фундамент, стіни та інші конструкції. Важливість цього етапу полягає у зменшенні ризиків помилок у будівництві, що можуть призвести до додаткових витрат та затримок.

- Очищення території будівельного майданчика та демонтаж зайвих, не задіяних у процесі будівництва об'єктів: Цей процес передбачає видалення всіх перешкод на ділянці, таких як старі будівлі, дерева, сміття, а також небезпечні матеріали, які можуть заважати виконанню будівельних робіт. Очищення майданчика важливе для забезпечення безпеки робітників та створення належних умов для початку будівництва.

- Інженерне облаштування площадки з первинними задачами з створення ділянки під будівництва та організацією тимчасового відведення води: Цей етап включає проведення земельних робіт для вирівнювання ділянки та створення основи для подальшого будівництва. Також важливо забезпечити ефективне відведення поверхневих вод, щоб уникнути підтоплення та пошкодження конструкцій під час дощів. Тимчасові дренажні системи можуть бути встановлені для захисту ділянки.

- Перепрокладання існуючих інженерних мереж, облаштування постійних або тимчасових внутрішньомайданчикових доріг: Це включає в себе перенесення або заміну наявних водопровідних, електричних та інших інженерних мереж, які можуть заважати будівництву. Тимчасові дороги забезпечують доступ до різних частин будівельного майданчика для техніки та робітників, а також полегшують транспортування матеріалів.

- Прокладання мереж водопостачання, електропостачання, інтернету, телефонного та радіозв'язку: Для забезпечення нормальних умов роботи на будівельному майданчику необхідно прокласти всі відповідні інженерні комунікації. Це включає водопостачання для будівельних потреб, електрику для живлення обладнання, а також інтернет і телефонний зв'язок для забезпечення ефективного управління проектом.

- Створення централізованого складського комплексу та місць для збирання обладнання: Для організації зберігання будівельних матеріалів та обладнання важливо створити складські приміщення, що забезпечать зручний доступ до ресурсів. Це також включає визначення місць для зберігання різного устаткування, що дозволяє зберігати порядок на майданчику і запобігати втратам матеріалів.

- Монтаж тимчасових будівель, механізованих установок, а також зведення постійних споруд, що тимчасово використовуються для потреб будівництва: Тимчасові будівлі, такі як офіси, душові, санітарні кімнати та склади, необхідні для забезпечення комфорту робітників на майданчику. Крім того, можуть бути встановлені механізовані установки для підвищення продуктивності робіт, наприклад, крани та бетонозмішувачі.

- Забезпечення будівельного майданчика протипожежною водопровідною системою, інвентарем, засобами зв'язку та сигналізації: Безпека на будівельному майданчику є пріоритетом. Тому важливо встановити протипожежну систему, включаючи гідранти та вогнегасники, а також забезпечити наявність засобів зв'язку для оперативного зв'язку між робітниками та адміністрацією. Системи сигналізації забезпечують безпечні умови праці, попереджаючи про можливі небезпеки.

Завершення всіх підготовчих робіт є критично важливим етапом, оскільки він закладає основу для подальшого успішного виконання будівельного проекту. Якісно проведена підготовка дозволяє зменшити ризики, пов'язані з затримками та додатковими витратами, а також забезпечити безпеку робітників і ефективність використання ресурсів.

Житлові, суспільні, культурно-побутові, складські, а також виробничі приміщення, що передбачені для тимчасового використання протягом будівельного періоду, повинні бути представлені в інвентарних формах (мобільні, контейнерні або збірно-розбірні конструкції). Слід максимально залучати існуючі будівлі та об'єкти. Зведення тимчасових неінвентарних споруд дозволяється виключно за умови наявності обґрунтованих техніко-економічних показників [12].

Забезпечення будівельного процесу електричною енергією, водними ресурсами, тепловою енергією, паром та стисненим повітрям зазвичай має відбуватися шляхом підключення до наявних стаціонарних систем. Тимчасові мережі дозволяється облаштовувати лише у випадках, коли інші варіанти є недосяжними або недоступними. Проектування схем електропостачання, водозабезпечення, тепlopостачання та зв'язку має здійснюватися комплексно, з урахуванням усіх етапів будівельно-монтажних робіт, а також з перспективою подальшого розвитку будівельної діяльності в цьому регіоні [13].

Ключові завдання комплексної організаційної підготовки відображені на рис. 2.

Відповідно до ДБН, розроблені завдання об'єднуються у ПОБ [5]. Під час розробки фахівці використовують підходи експертного аналізу та стохастичне моделювання, що дозволяє встановити терміни виконання організаційно-технологічних етапів. Додатково розробляються методики формування ПОБ,

які базуються на інтегрованому підході, оптимальність якого, за твердженням експертів, визначається через коефіцієнт сумісності. Проте практика забудови територій кластерними структурами та вузлами багатогалузевих об'єктів висуває вимоги щодо підвищення надійності та відповідності прийнятих рішень умовам підготовки.

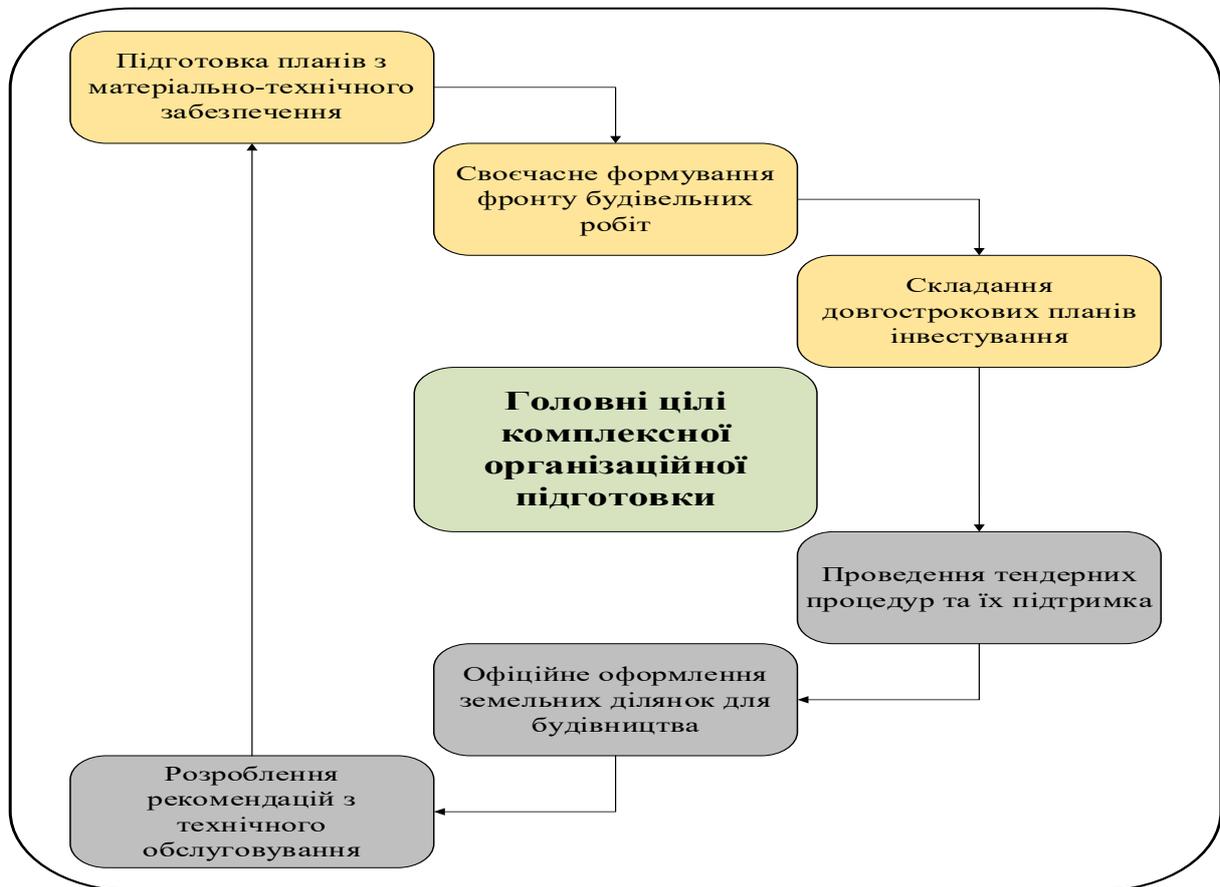


Рис. 2. Головні цілі всебічної організаційної підготовки (розроблено автором на основі [13])

Для створення моделі сифрового економічного простору для КОПЗБ на основі реальних проектів необхідно, як мінімум, організувати єдину обчислювальну мережу, яка забезпечить формування централізованої бази даних та впровадження всіх програмних засобів, що автоматизують облік будівельних процесів у режимі єдиної автоматизованої системи. Автори досліджень запропонували моделі, що дозволяють деталізувати інформаційні потоки для забезпечення несуперечливості між усіма компонентами автоматизованої системи. Фахівці підходів [14] пропонують оптимізувати витрати на впровадження автоматизованої системи, поступово розробляючи окремі модулі будівельних процесів без шкоди для загальної ефективності, при цьому дотримуючись принципу інваріантності системи відносно кількості залучених підсистем. В роботах закордонних дослідників розглядається

перспективність створення як інтегрованих, так і вузькоспеціалізованих сховищ даних для різних аспектів муніципального управління.

Підсумовуючи застосовані підходи до формування інформаційного забезпечення в організаційних системах будівництва, концептуальну модель, представлену на рис. 3, можна зобразити як три ключові блоки.



Рис. 3. Модель концептуального зберігання даних (розроблено автором на основі [15])

Блок 1 – це джерела даних, які отримуються з оперативних систем і зовнішніх ресурсів. Блок 2 – це сховище даних, куди оперативні та зовнішні джерела постачають як дані, так і метадані. Блок 3 – це споживачі інформації, які формують запити на дані до систем подання інформації, які, у свою чергу, генерують запит, що надсилається до сховища даних [16].

Основні компоненти сховища даних включають:

- Оперативні джерела даних;
- Інструменти проектування та розробки;
- Засоби перенесення та трансформації даних;
- Системи управління базами даних (СУБД);
- Інструменти доступу та аналізу даних;

- Адміністративні засоби.

Для автоматизованих систем КОПСБ важливо мати механізм «зворотного зв'язку» зі сховищем даних (СД), який дає можливість «інформувати» користувача про появу необхідної інформації та автоматично надсилати її у форматі, адаптованому до моделі даних клієнта. В банку даних з організаційної підготовки територій повинні формуватися відомості як для оперативних проектних рішень, так і для контролю за комунікаціями, вже введеними в експлуатацію [17]. Отже, служби перенесення та трансформації даних повинні не лише здатні отримувати й обробляти інформацію, а й надавати (або автоматично завантажувати) необхідні дані зі сховища в оперативні системи в зрозумілому форматі. На малюнку 4 представлена модель обміну даними.



Рис. 4. Схема передачі даних (розроблено автором на основі [18])

Сховища даних відрізняються багатовимірним представленням інформації, що передбачає структуру, яка включає фактичні дані та вимірювання. Це пов'язано з бажанням виокремити окремі сутності, що спрощують бізнес-аналітику даних у відповідних інформаційних зрізах діяльності організації. На відміну від багатовимірної інформаційної моделі, що використовується для загальнобудівельних завдань, для сховища кадастрової інформації в архітектурно-будівельному проектуванні потрібна багатошарова

модель, основним елементом якої має бути кадастровий об'єкт. Агреговані дані по об'єкту формують інформаційний зріз для всіх шарів, актуальних для цього об'єкта в конкретний момент часу. Отже, у системі організаційної підготовки до будівництва сховище даних у сфері містобудівного кадастру повинно відповідати наступним вимогам:

- Сприймати та ідентифікувати кадастрову інформацію через процедури вилучення, перетворення та завантаження даних у сховище;
- Забезпечувати тривале зберігання інформації та ведення історії її накопичення;
- Створювати та зберігати схеми відповідностей метаданих оперативних систем-джерел і метаданих сховища;
- Надавати сервіси автоматичного оновлення даних зі сховища в оперативну систему, перетворюючи інформацію відповідно до метаданих клієнта;
- Захищати інформацію від несанкціонованого доступу, мати відкриту архітектуру для легкості інтеграції та розширення, а також забезпечувати доступ до метаданих і даних з боку аналітичних інформаційних систем.

Отже, основна відмінність від традиційного сховища полягає в меті накопичення інформації: дані повинні бути організовані не для аналізу, а для консолідації інформації з різних автоматизованих систем.

Таким чином, розроблена концептуальна модель для забезпечення організаційної підготовки до зосередженого будівництва передбачає створення єдиної методологічної та технологічної бази на основі оптимальної моделі КГК, що дозволить сформувати інтегрований інформаційний простір з максимальним використанням вже існуючих баз даних та наявних технічних засобів у муніципальних утвореннях.

Висновки. Формування новітньої системи інтегрованої цифрової підготовки будівництва є важливим етапом у розвитку сучасної будівельної індустрії, яка вимагає постійної модернізації та адаптації до нових технологій і вимог ринку. У контексті сучасної глобалізації та динамічного прогресу інформаційних технологій ефективне управління будівельними проектами неможливе без використання цифрових інструментів, що дозволяють оптимізувати процеси проектування, планування, реалізації та контролю. Основою цієї системи є інтеграція таких інноваційних технологій, як інформаційне моделювання будівель (BIM), автоматизовані системи управління проектами (АСУП), аналітичні інструменти для оцінки ризиків, прогнозування та управління ресурсами.

Запровадження новітньої цифрової системи дозволяє значно покращити ефективність будівельного процесу на всіх його етапах — від проектування до

завершення будівництва. Ця система сприяє кращому плануванню та розподілу ресурсів, оскільки надає можливість комплексного аналізу проекту на основі точних даних. Крім того, використання цифрових технологій допомагає значно скоротити кількість помилок, пов'язаних із людським фактором, підвищити продуктивність та знизити ризики.

Одним із ключових елементів нової системи є BIM-технології, які дозволяють створювати віртуальні моделі будівель і споруд, що дає можливість здійснювати більш точний контроль за всіма аспектами проекту. Завдяки цьому з'являється можливість детально проаналізувати всі етапи будівництва, визначити потенційні проблеми та ризики ще на стадії проектування, що дозволяє заощадити значні кошти та ресурси. Крім того, інтеграція BIM з іншими автоматизованими системами управління забезпечує безперервний обмін інформацією між усіма учасниками проекту, включаючи замовників, інженерів, архітекторів та підрядників.

Ще одним важливим елементом нової системи є використання цифрових платформ для управління даними. Ці платформи дозволяють зберігати, обробляти та аналізувати великі обсяги інформації, що значно спрощує процес прийняття рішень. Завдяки інтеграції таких платформ з іншими інструментами, як BIM і АСУП, забезпечується ефективна взаємодія між різними системами та учасниками проекту. Це дозволяє забезпечити прозорість і контроль за всіма етапами будівництва, мінімізуючи можливість виникнення неузгодженостей та затримок.

Цифровізація будівельного процесу також сприяє впровадженню нових підходів до управління ризиками. Завдяки використанню аналітичних інструментів для прогнозування та оцінки ризиків, стає можливим визначати потенційні загрози для проекту на ранніх етапах і вживати превентивних заходів для їх усунення. Це дозволяє знизити ризики, пов'язані з фінансовими втратами, затримками та проблемами якості. Впровадження новітньої системи інтегрованої цифрової підготовки будівництва відкриває широкі можливості для будівельних організацій. Ця система не лише сприяє підвищенню ефективності та продуктивності, а й дозволяє знизити витрати та ризики, покращити якість виконуваних робіт та забезпечити дотримання термінів реалізації проектів. У довгостроковій перспективі цифрова трансформація стає важливою умовою для підвищення конкурентоспроможності будівельних компаній на ринку та їхньої здатності швидко адаптуватися до змін у технологічному середовищі. Вона дозволяє впроваджувати нові інструменти та технології, що відповідають вимогам сучасного будівельного ринку та допомагають компаніям досягати високих результатів у своїй діяльності.

Література

1. Антипенко Є.Ю. Організаційно-технологічне моделювання підготовки та впровадження будівельних проєктів: Монографія. Запоріжжя: РДЦ Дизайн Груп, 2010. 386 с.
2. Афанасьєв В.А., Афанасьєв А.В., Соколов В.І., Тсадо Т.Й. Прискорене виявлення раціональних черговостей освоєння фронтів робіт у неритмічних потоках. Перспективи розвитку технології та організації будівельного виробництва. 2001. С. 173 -184.
3. ДБН А.2.2-3-2014. Склад та зміст проєктної документації на будівництво. Київ: Мінрегіон України, 2014. 36 с.
4. ДБН А.3.1-5-2016. Організація будівельного виробництва. Київ.: Мінрегіон України, 2016. 49 с.
5. ДБН В.1.2-12-2008. Система надійності та безпеки у будівництві. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. 25 с.
6. Дьомін М., Сінгаївська О. Будівлі та споруди. Проблеми та принципи класифікації. Містобудування та територіальне планування. 2007. Вип. 27. С. 105-110.
7. Млодецький В.Р. Ентропійна характеристика організаційних систем. Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. Дніпро: ПДАБтаА, 2004. № 9. С. 49 - 55.
8. Організаційно-технологічні моделі нейтралізації ризиків реального інвестування щодо ліквідності активів будівельних об'єктів. Програмна реалізація моделей/В.О. Поколенко, Н.О. Борисова, О.А. Тугай, Г.В. Лагутін, О.С. Рубцова, Г.М. Рижаківа. Пути підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. Київ: КНУБА, 2008. Вип.18. З. 58 – 71.
9. Основи менеджменту і маркетингу: навчальний посібник / Г.М. Рижаківа, В.Б. Яковенко, І.С. Івахненко [та ін.] ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. – Київ: КНУБА, 2024. – 176 с. - Бібліогр.: 170 - 175.
10. Павлов І.Д., Радкевич А.В., Павлов Ф.І. Узагальнення теоретичних положень та методів оцінки моделей планування розвитку та підготовки реалізації проєктів складних відновлень у заданий термін. Вісник ДНУЗТ ім. ак. В. Лазаряна. Дніпро: Вид-во ДНУЗТ ім. ак. Лазаряна, 2004. Вип. 4. С. 206 - 213.
11. Петраковська О.С. Міхальова М.Ю. Фактори, що впливають на обґрунтованість прийняття рішень щодо відчуження земельних ділянок для громадських потреб. Містобудування та територіальне планування. 2016. Вип. 60. С. 281-286.
12. Сінгаївська О.І. Інформаційне забезпечення процесів управління розвитком містобудівних систем: автореф. дис. д-ра техн. наук. Київ, 2013 . 32 с.
13. Системно-управлінські та інжинірингові засади впровадження інновацій в організацію будівництва: Монографія / С.О. Ушацький, В.О. Поколенко, Г.В. Лагутін, Н.О. Борисова.. Київ: Вид-во Європейського університету, 2003. 216 с.
14. Hryhorovskiy P. About methodology of instrumental monitoring in the operation of buildings. Actual Problems of Science and Education APSE – 2018: Proceedings of the International Scientific Conference, January 28, 2018. Hungary, Budapest: Society for Cultural and Scientific Progress in Central and Eastern Europe. URL: <http://scaspee.com/all-materials/method-of-instrumental-monitoring-during-operation-of-buildings-and-structures-with-account-for-vulnerability-factor-p-e-hrihorovskiy>. (10.03.2019).
15. Interactive 4D/ Stanford University. 2013. Electronic data. URL: <http://www.stanford.edu/group/4D/workspace/papers/asce-96.pdf>.
16. Rainieri C., Fabbrocino G. Operational Modal Analysis of Civil Engineering Structures. New York: Springer, 2014. 320 p.
17. Chupryna I. Establishment of the rational economic and analytical basis for projects in different sectors for their integration into the targeted diversified program for sustainable energy development/ Tormosov, R., , Ryzhakova, G., Prykhodko, D., Faizullin, A./ SIST 2021 - 2021

IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologiethis link is disabled, 2021.

18. Yuen K.V. Bayesian Methods for Structural Dynamics and Civil Engineering. New York, USA: John Wiley & Sons, 2010. 289 p.

PhD, Associate Professor **Malykhin Mykhailo**,
Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture

FORMATION OF AN INNOVATIVE SYSTEM OF INTEGRATED DIGITAL CONSTRUCTION PREPARATION

The formation of a new system of integrated digital construction preparation is a key step towards improving managerial and production processes in the construction industry. The current stage of technological development requires the use of integrated digital solutions capable of enhancing construction efficiency, reducing costs, minimizing risks, and improving quality control at all stages of a project's life cycle.

Integrated digital construction preparation involves unifying all elements of the construction process into a single digital ecosystem that encompasses planning, design, production, and control. This system is based on the use of modern information technologies such as Building Information Modeling (BIM), cloud technologies, the Internet of Things (IoT), and Artificial Intelligence (AI). These technologies ensure data accuracy, improve communication among project participants, and create conditions for automating key processes.

The main advantages of this new system include increased productivity, shorter project completion times, improved work quality, and compliance with regulatory requirements. The integration of various digital tools helps eliminate data duplication, reduce errors caused by human factors, and provide real-time access to relevant data for decision-making at all levels of management.

Digital preparation systems enable the modeling of different event development scenarios, risk analysis, cost forecasting, and resource optimization. They facilitate more precise planning and control of work execution, which is crucial for large infrastructure projects where even minor delays can lead to significant losses.

Additionally, the digital transformation of the construction industry contributes to the creation of a unified information platform that brings together all stakeholders, simplifies document management, and ensures transparency in project implementation. The adoption of modern digital solutions also promotes environmental responsibility within the construction sector by reducing material and energy consumption and minimizing negative environmental impact. Thus, the new

system of integrated digital construction preparation is a powerful tool that not only enhances the efficiency of construction process management but also adapts the industry to the demands of the digital economy, fostering its sustainable development.

Keywords: Integrated system; digital preparation; building information modeling; BIM; Internet of Things; automation; construction management; cloud technologies.

REFERENCES

1. Antipenko E.Yu. Organizational and technological modeling of the preparation and implementation of construction projects: Monograph. Zaporizhzhia: RDC Design Group, 2010. 386 p. {in Ukrainian}.
2. Afanasyev V.A., Afanasyev A.V., Sobolev V.I., Tsado T.Y. Accelerated identification of rational priorities for the development of work fronts in non-rhythmic flows. Prospects for the development of technology and organization of construction production. 2001. P. 173 -184. {in Ukrainian}.
3. DBN A.2.2-3-2014. Composition and content of design documentation for construction. Kyiv: Minregion of Ukraine, 2014. 36 p. {in Ukrainian}.
4. DBN A.3.1-5-2016. Organization of construction production. Kyiv.: Minregion of Ukraine, 2016. 49 p. {in Ukrainian}.
5. DBN V.1.2-12-2008. System of reliability and safety in construction. Construction in conditions of dense development. Safety requirements. Kyiv: Minregionstroy of Ukraine, 2008. 25 p. {in Ukrainian}.
6. Dyomin M., Singayivska O. Buildings and structures. Problems and principles of classification. Urban planning and territorial planning. 2007. Vol. 27. P. 105-110. {in Ukrainian}.
7. Mlodetsky V.R. Entropic characteristic of organizational systems. Bulletin of the Pridneprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture. Dnipro: PDABtaA, 2004. No. P. 49-55. {in Ukrainian}.
8. Organizational and technological models of neutralization of real investment risks regarding the liquidity of assets of construction facilities. Program implementation of models/V.O. Pokolenko, N.O. Borisova, O.A. Tugay, G.V. Lagutin, O.S. Rubtsova, G.M. Ryzhakova. Ways to increase the efficiency of construction in the conditions of the formation of market relations. Kyiv: KNUBA, 2008. Issue 18. P. 58-71. {in Ukrainian}.
9. Fundamentals of management and marketing: a textbook / G.M. Ryzhakova, V.B. Yakovenko, I.S. Ivakhnenko [and others]; Kyiv. National University of Construction and Architecture. – Kyiv: KNUBA, 2024. – 176 p. - Bibliography: 170-175. {in Ukrainian}.

10. Pavlov I.D., Radkevych A.V., Pavlov F.I. Generalization of theoretical provisions and methods for evaluating models of development planning and preparation for the implementation of complex restoration projects within a given period. *Bulletin of the National University of Urban and Regional Development named after academician V. Lazaryan*. Dnipro: Publishing house of the National University of Urban and Regional Development named after academician Lazaryan, 2004. Issue 4. P. 206 - 213. {in Ukrainian}.
11. Petrakovska O.S. Mikhalova M.Yu. Factors influencing the validity of decision-making on the alienation of land plots for public needs. *Urban planning and territorial planning*. 2016. Issue 60. P. 281-286. {in Ukrainian}.
12. Singayivska O.I. Information support for the processes of managing the development of urban planning systems: author's abstract of the dissertation of Dr. Tech. Sciences. Kyiv, 2013. 32 p. {in Ukrainian}.
13. System-management and engineering principles of introducing innovations into the organization of construction: Monograph / S.O. Ushatsky, V.O. Pokolenko, G.V. Lagutin, N.O. Borisova. Kyiv: Publishing House of the European University, 2003. 216 p. {in Ukrainian}.
14. Hryhorovskiy P. About methodology of instrumental monitoring in the operation of buildings. *Actual Problems of Science and Education APSE – 2018: Proceedings of the International Scientific Conference, January 28, 2018*. Hungary, Budapest: Society for Cultural and Scientific Progress in Central and Eastern Europe. URL: <http://scaspee.com/all-materials/method-of-instrumental-monitoring-during-operation-of-buildings-and-structures-with-account-for-vulnerability-factor-p-hryhorovskiy>. (10.03.2019). {in English}.
15. Interactive 4D/ Stanford University. 2013. Electronic data. URL: <http://www.stanford.edu/group/4D/workspace/papers/asce-96.pdf>. {in English}.
16. Rainieri C., Fabbrocino G. *Operational Modal Analysis of Civil Engineering Structures*. New York: Springer, 2014. 320 p. {in English}.
17. Chupryna I. Establishment of the rational economic and analytical basis for projects in different sectors for their integration into the targeted diversified program for sustainable energy development/ Tormosov, R., Ryzhakova, G., Prykhodko, D., Faizullin, A./ *SIST 2021 - 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies* this link is disabled, 2021. {in English}.
18. Yuen K.V. *Bayesian Methods for Structural Dynamics and Civil Engineering*. New York, USA: John Wiley & Sons, 2010. 289 p. {in English}.