

DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2019.55.243-160>

УДК 330: 69.003

д.т.н., доцент Чернишев Д. О.,

taqm@ukr.net, orcid.org / 0000-0002-1946-9242,

к.т.н. Дружинін М. А.,

0631962117m@gmail.com, orcid.org / 0000-0003-1821-1968,

к.ек.н., доцент Малихіна О. М.,

dpi@gmail.com, orcid.org / 0000-0002-3683-570x,

к.т.н., доцент Предун К. М.,

31172@ukr.net, orcid.org / 0000-0002-2634-9310

к.ек.н. Петруха С. В.,

psv03051984@gmail.com, orcid.org / 0000-0002-8859-0724,

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ФОРМУВАННЯ МЕТОДИЧНОГО ПІДҐРУНТЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО КОНТРОЛІНГУ НА ПЛАТФОРМІ ВІМ-ТЕХНОЛОГІЙ: СУЧАСНА ПРАКТИКА МІСТОБУДІВНИХ ІННОВАЦІЙ

Анотація: розглянуто сучасну практику містобудівних інновацій, засновану на принципах біосферної сумісності. Проаналізовано проектне рішення забезпечення організаційнотехнологічної надійності будівництва з позиції можливості реалізації функцій біосферосумісного міста і впровадження інноваційних конструктивних та архітектурно-планувальних рішень. Стосовно будівельного проекту дано формалізацію методики розрахунку показників біотехносфери міст і поселень, визначено кількісні показники реалізації функцій міста. Отримані результати чисельного аналізу реалізації функцій міста дозволяють спрогнозувати розвиток міської території, оцінити комфортність і безпеку міського середовища з позиції біосферної сумісності будівельних об'єктів. У разі недостатнього врахування законів взаємодії між суспільством і природою містобудування супроводжується значним негативним (антропогенним і техногенним) впливом на природне середовище, що загрожує катастрофічними наслідками для біосфери і людини. За результатами аналізу робиться висновок про принципову необхідність прийняття нової містобудівної політики і впровадження біосферосумісних технологій при будівництві та реконструкції міських споруд.

Ключові слова: організаційно-технологічна надійність будівництва; біосферосумісність у будівництві; будівельний проект

Постановка проблеми. Проблема підвищення екологічної безпеки промислового, цивільного і міського будівництва стає все злободенніше і виходить за рамки прийняття конкретних інженерно-технічних заходів і

програм, набуває соціально-економічного звучання і формує нові стандарти поведінки, норми моралі, взаємовідносин людини і природи.

В основу парадигми біосферосумісного міста і концепції еколого-ноосферних перетворень біотехносфери покладена теорія гомеостатичної взаємодії природи, суспільства і людини, тобто здатності відкритої системи відновлювати втрачену рівновагу відповідно до природних закономірностей і потреб суспільства [1, с.14]. Як біосферосумісні технології при забезпеченні екологічної безпеки міського середовища та екологічної реконструкції територій міської забудови визнаються лише ті, які не завдають шкоди навколишньому середовищу і збільшують потенціал життя чистої біосфери при їх застосуванні. В даний час взаємодія головної продуктивної сили - біосфери і створеної людиною техносфери має глобальні масштаби і формує ряд пріоритетних завдань, від вирішення яких багато в чому залежить безпека сучасних міст.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На початку ХХ століття теоретична і методологічна основа наукового вивчення взаємодії суспільства і природи, а, отже, і основні ідеї забезпечення екологічної безпеки навколишнього природного середовища, були закладені фундаментальними дослідженнями таких вітчизняних вчених як А.А. Богданов, В.І. Вернадський, К.Е. Ціолковський, А.Л. Чижевський, Л.Н. Гумільов і інших. Згідно В.І. Вернадського, людина перетворює біосферу в ноосферу як вищу її стадію, в якій розум людини є головним фактором розвитку. Вернадський виходив з впевненості, що людство збереже екологічну рівновагу на планеті, встане на шлях безкризового взаємодії з природним середовищем. Ідеї В.І. Вернадського були продовжені його послідовниками. Так, К.Е. Ціолковський був основоположником теорії про цілісну гармонійної системи, в якій вирішувалися проблеми устрою людського суспільства, що побічно було пов'язано з проблематикою екологічної безпеки. Істотний внесок у розробку наукових уявлень про взаємодію людини з навколишнім середовищем вніс А.Л. Чижевський. Велике значення для вивчення взаємодії суспільства і природи, і становлення екологічної безпеки суспільної системи мають праці такого дослідника як Л.Н. Гумільов. Сучасні екологічні концепції антропоцентризму і екоцентризму, які базуються на основі визначення меж стійкості екосистеми до антропогенного впливу, представлені в роботах Ізраеля Ю.А., Медоуз Д., Вайцзеккера Е., Ловінс Е., Вакернагеля М., Хокансон Л, В. Іллічова та інших вчених [2]. Відповідно до теорії антропоцентризму, забруднення навколишнього середовища розглядається як оборотне вилучення якийсь її частини. Теорія екоцентризму ж виходить із того, що надходження в екологічне середовище нових нехарактерних фізичних,

хімічних, біологічних та інформаційних агентів або техногенне перевищення рівня природних факторів, призводить до негативних наслідків [3]. Цей принцип змушує шукати методи порівняння природних і штучно створених потенціалів планети. В кінці ХХ століття з'явилися такі сучасні екологічні концепції, як концепція сталого розвитку, екологічного благополуччя, екологічної безпеки, еколого-ноосферних перетворень, урбоекологічна концепція і інші. Під станом екологічного благополуччя розуміється такий стан, при якому екосистема характеризується нормальним відтворенням її основних ланок. Співвідношення між величиною відхилення системи від її нормального стану і величиною зовнішнього впливу характеризує стійкість екосистеми. Для вимірювання стійкості необхідно знати, в якому стані перебувала екосистема до початку впливу, тобто знати параметри її нормального стану. До теперішнього часу саме концепція сталого розвитку була основним концептуально-методологічним підходом до забезпечення екологічної безпеки як міждисциплінарний науковий напрямок. Таким чином, забезпечення екологічної безпеки вимагає комплексного міждисциплінарного підходу до вирішення проблем сталого розвитку населених пунктів і територій, станів захищеності природного середовища і інтересів людини від негативних впливів будівельних об'єктів, системної інтеграції і кооперації досліджень вчених і зусиль різних фахівців.

Метою статті є схематична формалізація проекту з позиції можливості реалізації функцій біосферосумісного міста. Виділення в його складі структурних елементів дає змогу створити модель, яка може бути у подальшому досліджувана. Аналіз моделі дозволяє оцінити комфортність і безпеку міського середовища з позиції біосферної сумісності будівельних об'єктів з застосуванням ВІМ-технологій.

Виклад основного матеріалу. Тривожні прогнози Світового банку говорять про те, що вже сьогодні 54% населення Землі (а це ні багато ні мало 4 мільярди чоловік) живе в містах. Більш того, до 2050 року лише 3 з 10 чоловік будуть проживати за межами мегаполісів. Очевидно, що застаріла інфраструктура і традиційні підходи до містобудування не зможуть забезпечити належну якість життя. У відповідь на такого роду виклики, з якими нам доводиться стикатися щодня, людина створює способи їх вирішення, використовуючи цифрові технології, нові концепції та підходи до організації звичних процесів. Реалізація перспектив біосферосумісного будівництва в контексті його організації гальмується відсутністю належних методологічних, науково-теоретичних та прикладних розробок. Тому, створення інструментарію організації будівництва для методологічного обґрунтування та прикладного супровіду «проектів будівництва на засадах біосферного сумісництва» у

форматі вітчизняного будівельного девелопменту є актуальною проблемою, що потребує вирішення.

В країнах Євросоюзу набуває поступового розвитку інноваційні будівельні програми та проекти забудови міських районів на засадах т.зв. «біосферного сумісництва». Ключовими стратегічними детермінантами таких програм та проектів визначено:

- організація будівництва на принципово інноваційних засадах, що в пріоритеті спрямовані на формування безпечної (та сприятливої до саморозвитку) життєдіяльності людини;
- забезпечення балансу біо-, техно-, соціо- сфер урбанізованих територій;
- успішне залучення влади, інституційних учасників, будівельних організацій та цільових споживачів до організації циклу «започаткування-інвестування-будівництва-експлуатації» об'єктів будівництва, що комфортно імплементуються до існуючої екосистеми територій забудови (параметри якої в умовах Євросоюзу є об'єктом підвищеної уваги) [3-4].

В нашій країні відсутні дієві механізми посилення мотивації учасників будівництва до залучення принципів біосферної сумісності при розробці архітектурно-будівельних рішень. Дана тенденція формує суперечливі вимоги і критерії оцінки проектів щодо створення нових продуктів та сервісів. У таких умовах особливої актуальності набувають інноваційні механізми управління будівельними проектами та програмами, які базуються на модернізації інвестиційно-будівельного циклу та системи організації будівництва на принципах біосферної сумісності. Реалізація цих принципів в умовах триваючого спаду будівельного виробництва стає важливим чинником залучення інвестицій у вітчизняне будівництво від іноземних партнерів, що дотримуються базису біосферного будівництва і декларують стратегічні наміри вкладати кошти в українське будівництво на вищезазначених засадах [2].

Більш комплексний розвиток теорія захисту планети і людства отримала в 80-е і 90-е роки у вигляді концепції сталого розвитку, яка полягає в забезпеченні при здійсненні містобудівної діяльності безпеки і сприятливих умов життєдіяльності людини, обмеження негативного впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє середовище та забезпеченні охорони і раціонального використання природних ресурсів в інтересах нинішнього і майбутнього поколінь. Це поняття - на даний момент єдине з прийнятих в українському законодавстві в галузі екологічного будівництва та «зелених» стандартів. Концепція сталого розвитку має три складові: економічна, соціальна та екологічна або 3P з англійською - Profit, People, Planet.

Теорію 3P в літературі також називають «принципом триєдності» (від англ. *Triple bottom line*, або 3BL, або TBL). Даний принцип, який часто використовується як стандарт при складанні корпоративної соціальної звітності, має на увазі необхідність включення до корпоративного соціального звіту компанії економічних, екологічних і соціальних питань. Необхідність корпоративної соціальної відповідальності проявляється в наявності потреби компаній забезпечувати ресурсну основу для своєї життєдіяльності як соціально-економічної системи, причому як в даний момент, так і в перспективі.

Дотримання принципів корпоративної соціальної відповідальності (КСВ) в міжнародному бізнесі - це усвідомлена стратегія, яка використовується компаніями для досягнення конкурентної переваги. Дана перевага досягається за рахунок підвищення лояльності співробітників, управління репутацією і нефінансовими ризиками компанії. Окремі кроки по впровадженню КСВ допомагають знижувати витрати, більш того, багато інвесторів вважають, що соціально-відповідальні компанії є більш безпечними для інвестування. Існують дослідження, згідно з якими у компаній, що реалізують концепцію соціальної відповідальності, протягом 10 років фінансові показники були вищими, ніж у компаній, які не наступних принципам КСВ, а саме: дохід на інвестований капітал - вище на 9,8%, дохід з активів - на 3,55%, дохід з продажів - на 2,79%, прибуток - на 63,5% [5, с. 157].

Крім того, впроваджуючи принципи КСВ, компанія отримує так звані «ліцензію на діяльність» і «ліцензію на співпрацю». Під «ліцензією на діяльність» мається на увазі те, що компанії беруть на себе добровільні соціальні зобов'язання, домагаючись тим самим позитивного ставлення з боку місцевої громади та органів управління та отримання певного «дозволу» на здійснення своєї діяльності. Іншими словами, КСВ є своєрідним індикатором того, що компанія є «відповідальним громадянином» і серйозно ставиться до питань охорони праці, захисту навколишнього середовища, підтримки біорізноманіття та ін. І навпаки, відсутність такої неформальної ліцензії нерідко істотно ускладнює ведення бізнесу. «Ліцензія на співпрацю» є розширеним розумінням терміна «ліцензії на діяльність». В даному випадку компанія не просто має можливість здійснювати свою діяльність, але також здатна вибудовувати плідні партнерські взаємини з усіма своїми стейкхолдерами. Це особливо важливо в епоху поглиблення глобалізації, яка провокує швидкі і великі структурні зміни на ринках.

У різні роки пропонувалося багато визначень соціальної відповідальності, однак після виходу в 2010 р Міжнародного стандарту ISO 26000 «Керівництво з

соціальної відповідальності» більшість експертів зійшлися на думці, що визначення, яке дає саме цей стандарт, є на сьогодні найбільш точним і повним:

Соціальна відповідальність - відповідальність організації за вплив своїх рішень та діяльності на суспільство і навколишнє середовище через прозору та етичну поведінку, яка:

- сприяє сталому розвитку, включаючи здоров'я і добробут суспільства;
- враховує очікування зацікавлених сторін;
- відповідає законам і узгоджується із міжнародними нормами поведінки;
- введено в усій організації.

Будівництво є одним з потужних антропогенних факторів впливу на навколишнє середовище. У світлі рекомендацій ООН в європейських країнах широке застосування отримали рейтингові системи оцінки якості проектних і будівельних рішень будівель за критеріями енергоефективності, екології, комфортності, ресурсозбереження, економічності. При тому, що даний процес є закономірним продовженням практики саморегулювання ринкових відносин суб'єктів інвестиційно-будівельної діяльності в напрямку орієнтації їх зусиль на тенденції, обумовлені в програмному документі ООН, в якому міститься оцінка економічного і соціального становища світової економіки. У цьому огляді підкреслюється актуальна необхідність пошуку шляхів розвитку, які гарантують екологічну стійкість довкілля в світлі реалізації концепції стійкого розвитку світового господарства: «Скорочення енергоспоживання і викидів парникових газів, обумовлених зростанням і все більшою урбанізацією населення, зажадає радикальної зміни моделей споживання, транспортних систем, житлової будівельної інфраструктури, систем водопостачання та санітарії».

Перетворення міст в біосферосумісне поселення неможливо без будівництва енергоефективних та екологічних будівель, яке повинно відповідати концепції, що розглядає його як складний об'єкт, нерозривно пов'язаний з природою, часом і економічними можливостями. Подальшого дослідження вимагають завдання математичного моделювання, як окремих складових концепції, так і їх сукупного розгляду. Також істотного поліпшення вимагають будівельні норми. Вони повинні бути спрямовані на комплексне вирішення всіх аспектів проектування енергоефективних будівель.

Антропогенний вплив будівництва різноманітний за своїм характером і відбувається на всіх етапах будівельної діяльності – від видобутку та виробництва будівельних матеріалів, будівництва об'єктів, їх експлуатації і закінчуючи демонтажем відпрацьованих будівель. Розроблення методики

оцінювання біосферної сумісності архітектурних об'єктів пропонується побудувати на ідеях, закладених для розрахунку показника рівня реалізації функцій біосферосумісного поселення. Показник біосферної сумісності архітектурного об'єкта Z_{bs} пропонується розраховувати за формулою:

$$Z_{bs} = \sum(Z_i * m_i) = Z_M * m_M + Z_B * m_B + Z_J * m_J + Z_D * m_D ,$$

де: Z_M – показник біосферної сумісності матеріалів та виробів заводського виготовлення, з яких побудована будівля;

Z_B – показник біосферної сумісності етапу будівництва будівлі;

Z_J – показник біосферної сумісності етапу життя (експлуатації) будівлі;

Z_D – показник біосферної сумісності етапу демонтажу та утилізації матеріалів та конструкцій, з яких була збудована будівля;

$m_i = \{ m_M; m_B; m_D \}$ – вагові коефіцієнти відповідних показників.

Місто являє собою конгломерат історично сформованих селищ або мікрорайонів поблизу містоформуєчих підприємств. У результаті містобудівної реабілітації промислових територій в довгостроковій перспективі можна чекати досягнення наступних показників:

- скорочення території виробничого призначення;
- використання вивільнених територій як внутриміські резерви для житлового будівництва, для розвитку й реабілітації територій природного комплексу;
- зниження класу шкідливості територій виробничого використання;
- скорочення міських територій, що підпадають під вплив санітарно-захисних зон;
- поліпшення стану навколишнього середовища й санітарно-гігієнічних умов проживання за рахунок ліквідації екологічно небезпечних об'єктів реорганізованих промислових зон;
- технологічне переоснащення виробничих об'єктів промислових зон, що зберігаються в межах забезпечення скорочення допустимого розміру санітарно-захисних зон підприємств до границь ділянки.

В якості критерію оцінки збалансованого стану біосферосумісних урбанізованих територій виступає кількісне співвідношення між показниками стану її складових, а саме:

- рівнем задоволення потреб у природних ресурсах (так звані первинні потреби – вода, кисень, повітря, мінеральна сировина тощо);
- рівнем інноваційної розвиненості інфраструктурної складової у містах і поселеннях;
- рівнем розвитку людського потенціалу.

Отже, перехід до біосферосумісного будівництва в Україні слід оцінити як важливу стратегічну перспективу, яка вплине на реформацію змісту та архітектурно-конструктивних, технічних та організаційно-технологічних стандартів будівництва.

В Україні питання створення розумних міст, що відповідають кращим світовим практикам, вирішується на рівні вищого керівництва країни і реалізується за допомогою держпроектів. Так, в 2018 році в рамках національної програми «Цифрова економіка України» урядом був прийнятий проект «Інформаційна інфраструктура». Однією з перших галузей, яку зачепили зміни, стало будівництво. Серед ключових цілей програми - створення екосистеми впровадження цифрових технологій в будівництві та управлінні міським господарством «Розумне місто».

Останніми роками стали активно використовуватися нові світові тренди у розвитку smart-об'єктів управління: «smart-рішення», «smart-системи», «**smart**-міста», «smart-країни». Але вперше термін розумного міста в контексті розумного суспільства, що проживає на його території, ввів П. Друкер [5, с. 382]. Тоді, у 1954 р. цей термін став символічним позначенням, аббревіатурою комплексного поняття «врівноважуючого розвитку», перші літери якого означали: **S** – Self-directed (з англ.: «самокерований»), **M** – Motivated (мотивований), **A** – Adaptive (адаптивний), **R** – Resourceenriched (ресурсозбережний), **T** – Technological (технологічний) [3]. Також, за підходом, запропонованим П. Друкером, існує ряд критеріїв, яким повинні відповідати управлінські цілі, що мають бути вписані у контекст «розумного управління» таким розвитком: 1) specific – конкретний (що необхідно досягнути?); 2) measurable – вимірюваний (у чому буде вимірюватися результат?); 3) attainable – досягнутий (за рахунок чого можливо досягнути цілі); 4) relevant – актуальний (визначення істинності цілі); 5) time-bounded – співвіднесення з конкретним строком (визначення часового проміжку, по закінченню якого ціль має бути досягнута). Таким чином, термін «Smart» є комплексним поняттям, що вміщує в себе, як мінімум, п'ять різнопланових характеристик. У перекладі ж цього слова з англійської на українську отримуємо узагальнене «розумний», тобто такий, що сприяє взаємоузгодженому розвитку розумних технологій.

Перед сучасними містами постає багато викликів і серед них чи не найскладніший - поєднати комфорт та соціальну привабливість для містян з розвинутою інфраструктурою, екологічною безпекою та швидким розвитком технологій. Сучасне місто – це рушійна сила економіки країни, осередок культури й освіти, майданчик для реалізації технологічних та соціальних інновацій. З огляду на це нині значно посилюється конкуренція міст, адже розвиток комфортної інфраструктури безпосередньо впливає на економічні

показники міста, визначає його привабливість для кваліфікованих спеціалістів та інвесторів. Розумні міські рішення створюють додаткові можливості для підвищення цінності міста. Інтеграція технологій уможлиблює підвищення ефективності використання ресурсів, економічного потенціалу, створення й розвиток нових напрямів бізнесу, сервісу і, найважливіше, поліпшення якості життя громадян. Створення розумного міста передбачає комплексні соціальні та технологічні трансформації, що уможливлюються шляхом розвитку сучасних інформаційнокомунікаційних технологій, розроблення нових стандартів енергоефективності та появи нової якості відносин між громадою та місцевою владою. Жителі сучасного міста перестають бути виключно користувачами, перетворюючись на постачальників міського сервісу. Зміни в управлінні містом – від функціональної моделі до інтеграційної (спланований та поступовий перехід до інтегрованих структур управління містом); розроблення сервісної моделі управління містом; створення ринку міських проектів та смарт сіті рішень; розроблення відкритої сервісно орієнтованої архітектури міста для створення нових якісних послуг; створення операційної платформи міста як передумови інтеграції даних та процесів міських програм: усе це – сучасні стандарти в управлінні містом.

За оцінками McKinsey, до 2020 року в світі з'явиться близько 600 розумних міст, а ринок Smart City перевищить \$ 1,5 трлн.

Інформаційне моделювання будівель (англ. BIM - Building Information Modeling) в широкому сенсі є технологією управління життєвим циклом об'єкта будівництва (далі - ЖЦО) на основі його інформаційної моделі [6], або технологією управління інформацією про об'єкт. BIM вже зараз трансформує будівельну галузь. Однак це всього лише один з багатьох елементів створення по-справжньому розумних міст майбутнього. Для остаточної реалізації запланованих державних ініціатив належить пройти ще безліч етапів. Але воно виразно того варто - в доступному для огляду майбутньому містобудування стане більш ефективним, адже створення цифрового двійника за допомогою BIM технологій дозволить більш якісно і раціонально планувати будівництво, а сам цифровий двійник в процесі експлуатації дозволить більш ефективно використовувати енергоресурси міської інфраструктури. Доказом тому служить наростаюча популярність принципово нового підходу до проектування і будівництва нових об'єктів - технологій інформаційного моделювання будівель (BIM). З'явившись відносно недавно, технологія де-факто стає галузевим стандартом.

Управління має на увазі всі види роботи з інформацією: збір, формування, аналіз, обмін і матеріальне втілення. Кожен з цих видів робіт може виконуватися на будь-якому етапі ЖЦО: планування, проектування, підготовка

до будівництва, будівництво, введення в експлуатацію, експлуатація, реконструкція і знесення. Також кожен з цих видів робіт може виконуватися над будь-якою частиною будівельного об'єкта: генеральним планом і зовнішніми інженерними системами; архітектурною частиною, конструкціями і внутрішніми інженерними системами.

Кожне поєднання виду роботи з інформацією, етапом ЖЦО і частиною об'єкта в міжнародній практиці називається BIM-сценарієм (англ. BIM Use) [7, 8]. BIM-сценарії, т. з. процеси застосування інформаційного моделювання будівель для конкретних цілей проекту, залежать один від іншого: наприклад, щоб втілити інформацію (зробити елементи об'єкта на заводі, змонтувати на будівельному майданчику, замінити при експлуатації і т. д.), потрібно її спочатку зібрати або сформулювати (відсканувати існуючі умови або змодельовати нові елементи), потім проаналізувати (провести координацію даних, розглянути симуляцію процесів, узгодити дані). При всіх цих процесах також відбувається постійний обмін інформацією (її візуалізація, схематизація, документування, перетворення з одних форматів в інші).

Важливим фактором є не тільки послідовність BIM-сценаріїв, але і дотримання вимог до оброблюваної в кожному з них інформації: її структурованості, актуальності, обсягу. Таким чином, застосування BIM-сценаріїв і інформаційне моделювання в цілому являє собою комплексну, ще мало вивчену область людської діяльності, цікаву тим, що вона приносить великий економічний, екологічний та соціальний позитивний ефект [9]. Підвищується якість, т. з. ступінь затребуваності, документації, виконання робіт, обслуговування. Маловивченою є в тому числі взаємозв'язок BIM-сценаріїв між собою, і з цього народжується одна з основних проблем впровадження і застосування технології BIM в організації: неможливо якісно впровадити будь-який процес, на якому зупинила свій вибір організація, якщо не визначити і не впровадити інші процеси, від яких він залежить. Найбільш поширений приклад: спроба впровадити BIM на етапі проектування без розуміння того, як інформація буде використовуватися на наступних етапах. Звичайно, в будь-якому випадку якість продукції, що випускається документації стає вище за рахунок більшої деталізації і меншої кількості колізій (якщо говорити про реальне використання BIM, а не імітацію в маркетингових цілях). Однак якщо при цьому результат проектування не використовується повною мірою, частина вигоди пропадає. Як правило, це призводить до того, що BIM стає тягарем для девелопера, а не засобом підвищення продуктивності, так як має на увазі набагато більший обсяг інформації і більш складні інструменти для її обробки, ніж при класичній

реалізації та передачі документації. Аналіз сучасного стану застосування BIM-сценаріїв наведено в табл. 1.

Таблиця 1.

Види і підвиди робіт з використанням технології BIM [6-11]

№ з/п	Категорія / підкатегорія BIM-сценарій	Опис та приклад
1	2	3
1	Збір інформації (Gather) - збір, відбір і систематизація інформації про об'єкт	Збирається, структурується і систематизується інформація про об'єкт, відбувається підрахунок конкретних величин і визначення поточного статусу елемента при управлінні його роботою. Але не визначається значення і не робляться висновки про значення зібраної інформації. Часто цей сценарій є першим етапом комплексної серії процесів, пов'язаних з BIM.
1.1	Введення даних (Capture) - надання та збереження поточного стану об'єкта і його елементів	Використовується для збору геометричних і атрибутивних даних про об'єкт: про елементи ділянки до розробки нового об'єкта або про умови існуючого об'єкта до його реконструкції. Дані можуть бути записані за допомогою лазерного сканера або шляхом ручного введення. Головне, що дані фіксуються там, де раніше не було даних. Але вони є не новоствореною інформацією, а записом існуючих елементів об'єкта.
1.2	Підрахунок даних (Quantify) - вимір кількісних характеристик про елементи об'єкта	Використовується як частина процесу оцінки і прогнозування витрат. На етапі проектування кількість може бути визначено в неоднозначно, представлено діапазоном і змінено. На етапі будівництва величини стають більш визначеними. На етапі експлуатації кількість елементів можна обчислити: наприклад, обсяг покриття дороги, що підлягає заміні, або площа, доступна для оренди.
1.3	Контроль даних (Monitor) - збір інформації (спостереження) про роботу елементів і систем об'єкта	Застосовується для розуміння працездатності окремих елементів або процесів об'єкта. Наприклад, на етапі експлуатації, BIM може використовуватися для контролю температури приміщення - для цього дані системи автоматизації будівель повинні бути інтегровані з даними моделі. Під час будівництва BIM може використовуватися для моніторингу продуктивності процесу будівництва - для цього потрібно, щоб динамічні дані в режимі реального часу збиралися для прийняття рішень.
1.4	Ідентифікація даних (Qualify) - опис, ідентифікація стану елементів об'єкта	Відстежується статус елемента об'єкта: наприклад, чи існує цей елемент всередині об'єкта, як він працює. Відстеження відбувається з плином часу. Наприклад, на етапі проектування визначається рівень деталізації елемента. На етапі будівництва визначається, чи виготовлений елемент, встановлений він або пошкоджений. На етапі експлуатації збирається інформація про гарантії на елемент, чи дотягне елемент до закінчення терміну експлуатації.

1	2	3
2	Формування інформації (Generate) - розробка, створення інформації про об'єкт	Протягом ЖЦО майже кожна дисципліна, пов'язана з об'єктом, формує інформацію про нього. Даний BIM-сценарій визначає, де і ким BIM використовується для створення інформації про об'єкт. На етапі проектування основним джерелом інформації є проектна група, на етапі будівництва - субпідрядники. На етапі експлуатації інформація формується тими, хто підтримує об'єкт (при його оновленні та зміні).
2.1	Призначення даних (Prescribe) - визначення потреби і вибір конкретних елементів об'єкта, які потрібно розмістити	Використовується, коли визначається необхідність конкретного елемента об'єкта. Технолог або архітектор можуть визначити необхідність в певних приміщеннях або зонах об'єкта. Підрядник може визначити потребу в тимчасових елементах - майданчики, таких як баштовий кран.
2.2	Розміщення даних (Arrange) - визначення координат і розташування елементів об'єкта	Включає завдання, в яких визначається розташування або конфігурація елементів об'єкта. На етапі планування це може бути взаємне розташування конкретних приміщень в рамках пропонуваного об'єкту. На етапі проектування це може бути загальне розташування протипожежних трубопроводів. На етапі будівництва - наприклад, розміщення кріплень, які підтримують цей трубопровід. На етапі експлуатації може застосовуватися для визначення розміщення меблів.
2.3	Визначення розмірів (Size) - визначення величини і масштабу елементів об'єкта	Використовується, коли призначається величина елемента об'єкта. Під час проектування мова може йти про розміри просторів, форми сталеві балки або розмірах воздуховода. Під час будівництва - про розмір крана або товщині ізоляції трубопроводу. Під час експлуатації диспетчери підприємств реєструють розмір запасних частин або модифікацій об'єкта.
3	Аналіз інформації (Analyze) - вивчення, оцінка елементів об'єкта для кращого розуміння	Елементи об'єкта вимагають додаткового аналізу для визначення їх доцільності. Даний BIM-сценарій включає процеси, в яких проводиться методичне дослідження елементів об'єкта. У цих процесах дані часто беруться з того, що було зібрано або сформовано, а потім переведено в формат, який підходить для прийняття рішень.
3.1	Координація даних (Coordinate) - забезпечення точності і відповідності взаємопов'язаних елементів об'єкта	Часто називається координацією проектування або перевіркою, запобіганням, управлінням колізіями (всі елементи об'єкта повинні працювати спільно). Включає координацію проектних рішень різних систем під час проектування, координацію виробництва і монтажу під час будівництва або координацію операцій під час ремонту. В цілому цей BIM-сценарій гарантує, що елементи об'єкта будуть відповідати один одному, т. як одночасно були проаналізовані всі різні системи.

1	2	3
3.2	Симуляція процесів (Forecast) - прогнозування майбутньої роботи об'єкта і його елементів	Проводиться детальний аналіз для прогнозування майбутньої роботи об'єкта і його елементів. Слід враховувати головним чином фінансові, енергетичні, потокові, сценарні і тимчасові чинники. Фінансове прогнозування включає в себе оцінку собівартості будівництва, а також вартість всього ЖЦО. Прогнозування енергії показує майбутнє споживання енергії. Прогнозування витрат показує, наприклад, потоки повітря (зокрема з використанням CFD) або циркуляцію логістичних потоків. Прогнозування сценаріїв показує продуктивність об'єкта під час надзвичайних ситуацій, таких як пожежа, повінь, евакуація та інші. Тимчасове прогнозування показує ефективність об'єкта з плином часу для розуміння погіршення експлуатаційних характеристик будівлі і термінів заміни елементів.
3.3	Узгодження даних (Validate) - перевірка, підтвердження точності інформації про об'єкт	Перевіряється цільова інформація про об'єкт для забезпечення її логічності та обґрунтованості. BIM-сценарій ділиться на три основні області перевірки: призначення правил, працездатність і підтвердження відповідності. Перевірка призначення гарантує, що об'єкт має елементи, які були вказані і заплановані. Мета перевірки працездатності полягає в тому, щоб гарантувати, що об'єкт є конструктивно придатним, ремонтнопригодним і придатним для використання. Також визначається, чи буде об'єкт виконувати функцію, для якої він був розроблений. Підтвердження відповідності показує відповідність об'єкта стандартам, включаючи будівельні норми та інші. Вся інформація про об'єкт, яка була розроблена в інших процесах, перевіряється на точність.
4	Обмін інформацією (Communicate) - надання інформації про об'єкт у вигляді, що дозволяє використовувати її	Є останнім етапом багатьох інших процесів - для передачі інформації до її наступного користувачеві. Цей BIM-сценарій є одним з найцінніших. Він покращує спілкування і скорочує транзакційні витрати. Крім того, передача даних часто є побічним продуктом процесів для виконання інших BIM-сценаріїв.
4.1	Візуалізація даних (Visualize) - формування реалістичного уявлення про об'єкт і його елементах	Включає формування уявлення про об'єкт або його елементи. Візуалізація може бути дуже реалістичною і деталізованою за своїм характером. Часто використовується для прийняття рішень про проектування або будівництво об'єкта, а також з метою маркетингу. Може включати в себе покрокові керівництва, візуалізацію моделі і візуалізацію графіка будівництва. Той факт, що візуалізація є побічним продуктом інших BIM-процесів, дозволяє ділитися інформацією про об'єкт більш ефективним чином з меншою кількістю додаткових зусиль.

1	2	3
4.2	Перетворення даних (Transform) - зміна інформації та її передача для використання в інших процесах	Інформація про об'єкт повинна бути переведена з однієї форми подання в іншу, щоб її можна було отримати і використовувати в іншому процесі. Цей переклад, або перетворення даних, дозволяє здійснювати взаємодію між різними системами. BIM-сценарій також дозволяє поточним системам використовувати успадковані дані, буферизувати дані, брати участь в розробці стандартних галузевих форматів. Часто ці перетворені дані зберігаються у вигляді, в якому вони не взаємодіє з людиною, а читаються комп'ютером.
4.3	Схематизація даних (Draw) - створення символічного уявлення про об'єкт і його елементах	Покращує розробку креслень, включаючи деталізацію і анотування. Креслення розробляються в параметричному режимі. При оновленні моделі оновлюються відповідні креслення і листи. Завжди, коли символічне уявлення розробляється з інтелектуальної моделі, воно вважається кресленням: сюди входять ізометричні, однолінійні схеми, малюнки і всі інші символічні уявлення.
4.4	Документування (Document) - запис інформації, необхідної для точного визначення об'єкта і його елементів	Створення запису даних про об'єкт в текстовому або табличному форматі. Сюди входять процеси, які необхідні для точного визначення елементів об'єкта. Результат цього BIM-сценарію часто включає специфікації, технічну документацію, графіки розробки та інші види звітності про об'єкт.
5	Втілення інформації (Realize) - створення фізичного об'єкта і управління ним на основі інформації	BIM сприяє автоматизованій розробці фізичних елементів об'єкта. Цей BIM-сценарій дає можливість виробляти, монтувати, контролювати і регулювати елементи об'єкта. Саме ці можливості в кінцевому підсумку можуть привести до підвищення продуктивності як будівництва, так і експлуатації об'єктів: автоматизованого будівельного майданчику і автоматизованого управління об'єктами.
5.1	Виробництво деталей (Fabricate) - використання інформації про об'єкт для виготовлення його елементів	Процеси, в яких інформація про об'єкті безпосередньо використовується для виготовлення його елементів. Наприклад, інформація про об'єкт може використовуватися для безпосереднього виготовлення конструкційних сталевих профілів за допомогою ЧПУ або безпосереднього виготовлення повітропроводів і обрізаних трубопроводів. На етапі проектування BIM може використовуватися для швидкого створення прототипів майбутніх елементів об'єкта. На етапі експлуатації - для швидкого виготовлення запасних частин.

BIM моделювання в будівництві має величезні переваги, так як дозволяє у віртуальному режимі з'єднати в одне ціле і узгодити між собою різні елементи і системи майбутньої будови, перевірити їх життєздатність, експлуатаційні якості, функціональну придатність.

Застосування BIM технології в проектуванні будинків має ряд переваг:

- підвищення точності фінансових розрахунків;
- скорочення часу на підготовку кошторисної вартості проекту;
- зниження кількості просторових колізій;
- зниження фінансових витрат на будівництво;
- підвищення контролю над витратами;
- точність прогнозів;
- зменшення кількості змін в проекті.
- швидка коригування інформаційної моделі (після зміни будь-якого параметра інші характеристики отримують нові символи будуть автоматично).
- використання інформаційної моделі дозволяє точно планувати роботу на майданчику будівельної техніки, створювати коректні графіки закупівлі матеріалів і покращувати всі ключові логістичні процеси будівництва та експлуатації.

Переваги BIM розробки очевидні, так як на відміну від колишніх систем комп'ютерного проектування будівельного об'єкта, які створювали геометричні образи, BIM моделювання створює цифрову модель, що включає повну інформацію не тільки про об'єкт, але і про процес його будівництва. Застосування BIM технології проектування будівництва робить кожна дія прозорим і забезпечує повний контроль, причому в автоматизованому режимі, що гарантує високу якість проектно-будівельних робіт.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Зараз вже очевидно, що BIM технології чекає велике майбутнє. Впровадження BIM системи в процес проектування і будівництва має незаперечні переваги, так як дозволяє ментально отримувати доступ до будь-якої інформації про об'єкт, контролювати якість робіт на всіх етапах, уникнути колізій у проекті, а також істотно скоротити вартість будівництва. Однак головна перевага, яке має впровадження BIM технології в будівництві - це можливість досягти практично повної відповідності характеристик майбутнього об'єкта вимогам замовника.

Об'єднання спланованого в часі проекту з грошовими показниками дає можливість передбачити, запланувати і розподілити грошові потоки на всіх стадіях будівництва. Наявність цін матеріалів, виробів і робіт, з'єднаних з параметричними елементами моделі дозволяє зробити інформаційний розріз в будь-якій площині за допомогою одного з заданих показників. Ці дані можна легко використовувати для створення кошторису.

Список літератури:

1. Tetyana Marchuk, Dmytro Ryzhakov, Galyna Ryzhakova and Sergiy Stetsenko (2017). Identification of the basic elements of the innovationanalytical platform for energy

efficiency in project financing. *Investment Management and Financial Innovations* (open-access), 14(4), pp. 12-20. DOI:[http://10.21511/imfi.14\(4\).2017.02](http://10.21511/imfi.14(4).2017.02)

2. Чернишев Д.О. Методичні засади забезпечення надійності організаційно-технологічних рішень у проєктах біосферосумісного будівництва [Текст] / Д.О. Чернишев // *Управління розвитком складних систем*. – 2017. – № 32. – С. 210 – 215.

3. Рижаківа Г.М. Ризик-менеджмент в системі управління інтеграційними процесами як складова модернізації економіки України [Текст] / Г. М. Рижаківа, О. М. Малихіна, Д. А. Рижаків, Я. Ф. Локтіонова, Т.С. Лугіна, Т.С. Коваль // *Управління розвитком складних систем*. – 2018. – № 36. – С. 113 – 119.

4. Рижаківа Г.М. Моделі цільового вибору репрезентативних індикаторів діяльності будівельних підприємств: етимологія та типологія систем діагностики [Текст] / Г. М. Рижаківа, Д. О. Приходько, К.М. Предун, Т.С. Лугіна, Т.С. Коваль // *Управління розвитком складних систем*. – 2017. – № 32. – С. 159 – 165.

5. Друкер П. Практика менеджмента / П. Друкер. – М.: Вільямс, 2007. – 400 с.

6. Eastman C. et al. BIM Handbook. A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors [Руководство по інформаційному моделюванню зданий для владельцев, менеджеров, дизайнеров, инженеров и подрядчиков]. TH437.B53, 2011. 650 p.

7. ISO 29481-1:2010. Building information modeling. Information delivery manual. Part 1: Methodology and format [Моделювання інформаційне в строительстве. Руководство по доставке информации. Часть 1. Методология и формат].

8. ISO 29481-2:2012. Building information modeling. Information delivery manual. Part 2: Interaction framework [Моделювання інформаційне в строительстве. Руководство по доставке информации. Часть 2. Инфраструктура взаимодействия].

9. National BIM Standard - United States. Version 2. International BuildingSMART [Национальный стандарт по інформаційному моделюванню BuildingSMART]. National Institute of Building Sciences BuildingSMART alliance. 2012.677 p.

10. PAS 1192-2:2013. Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling [Правила управления информацией на стадии капитального строительства с использованием інформаційного моделювання]. BSI, 2013. 183 p.

11. PAS 1192-3:2014. Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling [Правила управления информацией на стадии эксплуатации объекта с использованием інформаційного моделювання]. BSI, 2014. 44 p.

References

1. Tetyana Marchuk, Dmytro Ryzhakov, Galyna Ryzhakova and Sergiy Stetsenko (2017). Identification of the basic elements of the innovationanalytical platform for energy

efficiency in project financing. *Investment Management and Financial Innovations* (open-access), 14(4), pp. 12-20. DOI:[http://10.21511/imfi.14\(4\).2017.02](http://10.21511/imfi.14(4).2017.02)

2. Chernyshev, Denys. (2017). Methodological principles of providing the reliability of organizational and technological solutions in projects of biosphere construction buildings. *Management of development of complex system*, 32, 210–215. (in Ukrainian)

3. Ryzhakova, Galyna, Malykhina, Oksana, Ryzhakov, Dmytro, Loktionova, Yana, Lugyna, Tatyana & Koval, Timur. (2018). Risk-management in the system of management of integration processes as a component of modernization of Ukrainian economy. *Management of Development of Complex Systems*, 36, 113 – 119.

4. Ryzhakova, Galyna, Prykhodko, Dmitry, Predun, Konstantin, Lugyna, Tatyana, & Koval, Timur, (2017). Models of target selection of representative indicators of activities of construction enterprises: the etymology and typology of systems of diagnostics. *Management of Development of Complex Systems*, 32, 159 – 165.

5. Drucker, P. (2007). *Praktyka menedzhmenta*. [Management Practice]. Moscow: Williams (in Russian).

6. Eastman C. et al. *BIM Handbook. A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors* TH437.B53, 2011. 650 p.

7. ISO 29481-1:2010. Building information modeling. Information delivery manual. Part 1: Methodology and format

8. ISO 29481-2:2012. Building information modeling. Information delivery manual. Part 2: Interaction framework

9. National BIM Standard - United States. Version 2. International BuildingSMART National Institute of Building Sciences BuildingSMART alliance. 2012.677 p.

10. PAS 1192-2:2013. Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling BSI, 2013. 183 p.

11. PAS 1192-3:2014. Specification for information management for the operational phase of assets using building information modeling BSI, 2014. 44 p.

Аннотация

Д.т.н., доцент Чернышев Д. А.; к.т.н. Дружинин М. А.; к.э.н., доцент Малыгина А. Н.; к.т.н., доцент Предун К. М.; к.э.н. Петруха С. В. Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев.

Формирование методических основ инвестиционного контроллинга на платформе BIM-технологий: современная практика градостроительных инноваций.

Рассмотрена современная практика градостроительных инноваций, основанная на принципах биосферной совместимости. Проанализированы проектные решения по обеспечению организационно-технологической надежности строительства с позиции возможностей реализации функций биосферосовместимости города и внедрения

инновационных конструктивных и архитектурно-планировочных решений. Относительно строительного проекта дана формализация методики расчета показателей биотехносферы городов и поселений, определены количественные показатели реализации функций города. Полученные результаты анализа реализации функций города позволяют спрогнозировать развитие городской территории, оценить комфортность и безопасность городской среды с позиции биосферной совместимости строительных объектов. В случае недостаточного учета законов взаимодействия между обществом и природой градостроительство сопровождается значительным отрицательным (антропогенным и техногенным) воздействием на окружающую среду, что грозит катастрофическими последствиями для биосферы и человека. По результатам анализа делается вывод о принципиальной необходимости принятия новой градостроительной политики и внедрения биосферосовместимых технологий при строительстве и реконструкции городских сооружений.

Ключевые слова: организационно-технологическая надежность строительства; биосферосовместимость в строительстве; строительный проект.

Annotation

Chernyshev D. O., Doctor of Engineering, Associate Professor; Druzhynin M. A., PhD, Malykhina O. M., PhD in Economics; Predun K. M., PhD, associate professor; Petrukha S. V., PhD (Econ.), Associate Professor, Kyiv National University of Construction and Architecture.

Forming the methodological foundations of investment controlling on the BIM-technology platform: modern practice of urban planning innovations.

The article considers the modern practice of town-planning innovations, based on the principles of biospheric compatibility. The project solution for ensuring the organizational and technological reliability of construction from the point of view of the feasibility of functions of a biosferous city and the introduction of innovative design and architectural and planning solutions is being analyzed. With reference to the construction project, the numerical implementation of the methodology for calculating the biotechnosphere of cities and settlements is given, and the quantitative indicators of the realizability of city functions are determined. The results of numerical analysis of the feasibility of city functions allow predicting the development of urban areas, assessing the comfort and security of the urban environment from the standpoint of biospheric compatibility of construction sites. With insufficient account of the laws of interaction between society and nature, urban planning is accompanied by significant negative (anthropogenic and technogenic) impact on the natural environment, which is fraught with catastrophic consequences for the biosphere and human beings. According to the results of the analysis, it is concluded that there is a fundamental need for the adoption of a new urban planning policy and the introduction of biosfero-compatible technologies for the construction and reconstruction of urban structures.

Key words: organizational and technological reliability of construction; biosperous compatibility in construction; construction project.