

О.С. Скрипник, М.І. Ворожбіян, М.Ю. Іващенко, В.Е. Абракітов

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

ІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СТАНУ ОХОРОНИ ПРАЦІ НА БУДІВЕЛЬНОМУ МАЙДАНЧИКУ

У статті розглянуто тривимірне моделювання об'єктів, таких як будівельний майданчик. Проаналізовано окремі ділянки з призначенням кордону для оцінки ступеня безпеки в цих областях. Для оцінки стану охорони праці прийнята розбивкою досліджуваного об'єкта до 100 квадратних метрів. Досліджено етап визначення найбільш небезпечних виробничих факторів, а також можливих ризиків, які можуть виявитися в процесі виконання будівельних робіт.

Ключові слова: будівництво, охорона праці, моделювання, ризик, небезпечні та шкідливі фактори.

Постановка проблеми

З розвитком науково-технічного прогресу, а також цифрових технологій, актуальним стає питання можливого застосування даного напрямку в питаннях забезпечення безпеки виробничих процесів. На сьогоднішній день в будівельній галузі, активно починає застосовуватися BIM-технології. BIM (Building Information Modeling) – інформаційне моделювання будівель – це процес щодо створення інтегрованої моделі майбутнього проекту будівництва, що включає в себе всі етапи життєвого циклу проекту від етапу проектування, до етапу демонтажу. BIM-технологія є тим самим інструментом, який показує підвищувати ефективність взаємодії всіх учасників проекту. Основою BIM служить тривимірна інформаційна модель.

Інформаційна модель будівлі означає отримання повної інформації про майбутній об'єкт будівництва по найбільш затребуваних розділах проектною документації. Розглядаючи будівельну індустрію, то сьогодні практичне застосування BIM-технології ведеться багатьма компаніями України, але використовується не повсюдно. Однак, невелика кількість компаній, що знаходяться на початкових етапах впровадження технології BIM, обмежується розвитком частини АР. Хоча вже в 1984 році компанія Autodesk презентувала свій програмний продукт ArchiCAD, який дозволяв розробляти тривимірні моделі майбутніх проектів.

Розвиток і впровадження сучасних інформаційних технологій в українській економіці на сьогоднішній день я є досить проблематичним, з огляду на недостатнє розуміння суті цифровізації, а також в складності перестроюванні мислення як потенційних користувачів, так і керівників, від яких залежать ключові рішення по даному питанню. Проте, на сьогоднішній день в Україні відзначається досить

великий інтерес до розвитку BIM-технологій. Все більше компаній усвідомлюють її переваги, займаючись проблемами впровадження і розвитку.

Розглядаючи застосування даної технології і отриманий результат, можна помітити, що всі вишукування спрямовані здебільшого на роботу проектувальників. Однак, якщо розглядати BIM-технологію як інформаційну платформу (базу), на яку можна накладати нові програмні продукти (комплекси) «Сателіти», то можна створити якісно інший підхід в застосуванні даної технології. Зокрема, за допомогою «сателітів» можна переглянути підхід до оцінки промислової безпеки та охорони праці, в іншому ракурсі підійти до календарного планування графіків будівництва, розглянути можливість застосування таких програм в оцінці будівельно-монтажних ризиків при реалізації інвестиційно-будівельного проекту і т.п.

Метою даної роботи є дослідження методики моніторингу безпеки будівельного виробництва із залученням комплексу засобів BIM-технології при оцифруванні основних небезпечних та шкідливих виробничих факторів за видами будівельно-монтажних робіт.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Одним з напрямів економічного розвитку держави є будівельна галузь, в якій питання охорони праці та підвищення безпеки стоять вкрай гостро, оскільки від вирішення даного питання залежить, в тому числі, і її ефективне зростання.

З розвитком сучасних інформаційних технологій, а також економічного потенціалу будівельної галузі, необхідні нові системи контролю для забезпечення безпечних умов праці, які б сприяли більш точному оцінюванню впливу на них небезпечних виробничих факторів під час виконання робіт [4, 6]. З огляду на цей факт одним з видів інноваційних технологій є

BIM (Building Information Modeling) технологія – інформаційне моделювання будівель – це інтегрований підхід оцінки проекту (моделі), на основі обробки всієї наявної інформації про майбутню споруду. Дана технологія є універсальною інформаційною платформою, яка дозволяє інтегрувати різні програмні модулі в BIM-модель інвестиційно-будівельних проектів. Завдяки такому підходу, з'явилася можливість оцифрування будівельного виробництва при контролі за безпекою виробництва робіт, а також і охорони праці із застосуванням ризик-орієнтованого підходу. На сьогодні такі країни як США, Німеччина і Великобританія, активно впроваджують цифрові технології, зокрема BIM-технології [2].

Розглядаючи застосування даної технології і отриманий результат, можна помітити, що всі вишукування спрямовані здебільшого на роботу проєктувальників. Однак, якщо розглядати BIM-технологію як інформаційну платформу (базу), на яку можна накладати нові програмні продукти (комплекси), то можна створити якісно інший підхід в застосуванні даної технології. Зокрема, можна переглянути підхід до оцінки промислової безпеки та охорони праці, в іншому ракурсі підійти до календарного планування графіків будівництва, розглянути можливість застосування таких програм в оцінці будівельно-монтажних ризиків при реалізації інвестиційно-будівельного проекту і т. п. [4, 5].

Розглядаючи США, то там процес впровадження інформаційних технологій йде з 2003 року.

Що стосується впровадження BIM-технологій в страх Європи і Азії, то цей процес запущений з 2007 року [12].

У літературі можна зустріти ряд джерел по використанню сучасних інформаційних технологій в навчальних цілях, але, на жаль, недостатньо тематичних досліджень в області застосування даних технологій в галузі охорони праці [11].

З 1 липня 2020 року набрав чинності Національний стандарт ДСТУ 19650-1:2020 «Організація та оцифрування інформації щодо будівель та споруд включно з будівельним інформаційним моделюванням (BIM). Управління інформацією з використанням будівельного інформаційного моделювання. Частина 1. Концепції та принципи». Цей документ ідентичний міжнародному стандарту ISO 19650-2:2018.

ДСТУ 19650-1:2020 реалізований на замовлення Асоціації «Український центр сталевих будівництва» і розроблений ТК 301 «Металобудівництво» Українського інституту сталевих конструкцій імені В.Н. Шимановського за участю Ukrainian BIM Community.

Також, що з 1 квітня 2020 року набрали чинності 16 національних стандартів першого блоку,

гармонізованих з міжнародними стандартами щодо BIM-технологій (Building Information Model, або інформаційне моделювання будівель). Це означає вже зараз відбуваються суттєві зміни у законодавстві України щодо ведення та контролю проєктних та будівельних робіт. Саме тому тема забезпечення безпеки у будівництві шляхом використання BIM – технології є актуальною.

Технологію BIM можна використовувати не тільки як інструмент, а й як процес для організації якісного проєктування. Він показує, що якісна організація процесу проєктування між різними відділами дозволяє отримати і якісний проєкт. Участь в розробці систем швидкого управління проєктуванням на підприємстві також грає важливу роль в підвищенні конкурентоспроможності.

Можлива оцінка різних ризиків [1], які вже, перебуваючи на стадії проєктування, використовують 3D-модель майбутнього проєкту, створивши алгоритм, що дозволяє аналізувати нові загрози і попереджати учасників майбутнього проєкту. Слід зазначити, що використання технології BIM при плануванні процесу будівництва на етапі проєктування дозволяє оцінити більшість ризиків, пов'язаних безпосередньо з виробництвом. Інформаційні технології також дозволяють оцінювати типові процеси всього проєкту і будувати для них більш чітку логістику. Не минули і таку сторону будівельного виробництва, як охорона праці під час будівельного виробництва: рекомендується вживати всіх заходів на етапі проєктування, щоб уникнути травм на робочому місці. Зокрема, рекомендується моделювати в тривимірну модель усі виробничі процеси.

Сьогодні BIM фокусується на таких етапах реалізації проєкту, як: проєктування, будівництво, експлуатація. Розглядаючи кожен етап індивідуально, можна сказати, що тіло інформаційної моделі збільшується з будівництвом будівлі, при цьому ступінь технічного використання інформаційних технологій в будівельних організаціях може варіюватися: якщо в проєктуванні задіяно 85%, то в будівництві – 50%, в експлуатації – 25% [4].

Виклад основного матеріалу

Технологія BIM заснована на тривимірному моделюванні об'єктів. Тривимірне моделювання об'єктів, таких як будівельний майданчик, дозволяє розділити її на окремі ділянки і призначити кордону для оцінки ступеня безпеки в цих областях. Принцип оцінки пов'язаний з розбивкою досліджуваного об'єкта до 100 квадратних метрів. На цьому етапі важливо досліджувати найбільш небезпечні виробничі фактори, а також можливі ризики, які можуть виявитися в процесі виконання робіт, і в подальшому вони будуть перевірятися в цих

ділянках контролю. В цьому випадку етапи оцінки охорони праці можуть бути виражені, як показано на рисунку 1.

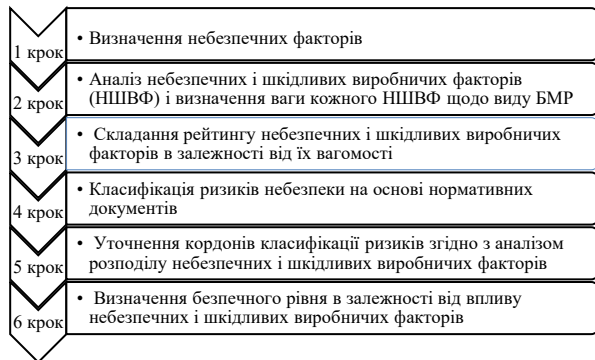


Рис. 1. Основні етапи оцінки стану охорони праці

На першому кроці за основу дослідження і аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів прийнято нормативний документ, розроблений в розвиток існуючих норм і правил з охорони праці на основі досвіду експертних центрів з охорони праці [15]. У документі розглядається процедура оцінки нестационарних робочих місць, а також обліку небезпечних і шкідливих факторів за видами будівельно-монтажних робіт нестационарних робочих місць, а також обліку небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Такий підхід повністю відображає реальну ситуацію на будівельних майданчиках. Як приклад розглянуто взаємозв'язок будівельно-монтажних робіт і небезпечних шкідливих виробничих факторів (таблиця 1).

На другому кроці на основі даних, представлених в таблиці 1, проведено горизонтальний і вертикальний аналіз чинників і визначено вагу кожного запасних виробничого фактора для виду будівельно-монтажних робіт. Для зручності подальших обчислень проведена заміна плюса на 100% і умовно прийнята за одиницю.

Таблиця 1

Приблизне розподілення небезпечних і шкідливих виробничих факторів

| № п.п. | Види будівельно-монтажних робіт | Найменування небезпечних і шкідливих виробничих факторів | | | | | | | | | | |
|--------|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | Земляні роботи | + | + | + | | | | | | + | + | |
| 2 | Влаштування штучних основ і бурові роботи | + | + | + | + | | | | | + | | + |
| 3 | Бетонні роботи | + | + | + | | + | + | | | + | | + |
| 4 | Монтажні роботи | + | + | + | | + | + | + | | | | |
| 5 | Кам'яні роботи | + | + | | | + | + | | | | | |
| 6 | Ізоляційні роботи | + | | | | | | | | + | + | + |
| 7 | Оздоблювальні роботи | + | | + | | | | | | + | + | + |
| 8 | Покрівельні роботи | + | | + | | | | | | + | + | + |
| 9 | Монтаж інженерного устаткування будівель | + | | + | + | | | | | + | | + |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|---|---|---|
| 10 | Електромонтажні роботи | + | + | + | | | | | | + | + | |
| 11 | Електрозварювальні роботи | + | | + | | | | | | + | | + |
| 12 | Транспортні та вантажно-розвантажувальні роботи | | + | | | + | + | | | | + | |
| 13 | Проходка підземних виробок | + | + | + | + | | | | | | + | |
| 1 - розташування робочого місця поблизу перепаду по висоті 1,3 м і більше (ДБН А 3.2-2009) | | | | | | | | | | | | |
| 2 - рухомі машини, їх робочі органи, предмети що пересуваються; | | | | | | | | | | | | |
| 3 - підвищена напруга в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини; | | | | | | | | | | | | |
| 4 - гірські породи що обвалюються; | | | | | | | | | | | | |
| 5 - мимовільне обвалення будівельних конструкцій, рихтовання; | | | | | | | | | | | | |
| 6 - падіння матеріалів і конструкцій; | | | | | | | | | | | | |
| 7 - перекидання машин, засобів підмошування; | | | | | | | | | | | | |
| 8 - гострі кути, кромки; | | | | | | | | | | | | |
| 9 - підвищений вміст в повітрі пилу і шкідливих речовин; | | | | | | | | | | | | |
| 10 - шум і вібрація; | | | | | | | | | | | | |
| 11 - підвищена температура обладнання, матеріалів. | | | | | | | | | | | | |

Обчислення проводяться наступним чином: сумарна вага факторів приймається за 100%, далі визначається вага кожного небезпечного виробничого фактора, а також виду будівельно-монтажних робіт в таблиці:

$$Oв.ф. = 100 / N_{бмр.}, \quad (1)$$

де $Oв.ф.$ – вага небезпечного виробничого фактора;

$N_{бмр.}$ – кількість будівельно-монтажних робіт.

Зробимо розрахунок за формулою 1.1 $Oв.ф. = 100/13 = 7,69\%$

Аналогічно відбувається розподіл за БМР і знаходиться вага кожного виду.

$$P_{бмр.} = 100 / N_{в.ф.}, \quad (2)$$

де $P_{бмр.}$ – вага будівельно-монтажної роботи;

$N_{в.ф.}$ – кількість небезпечних виробничих факторів.

Після знаходження ваги кожного небезпечного виробничого фактора і виду будівельно-монтажних робіт, визначаються їх взаємний вплив один на одного, згідно їх розподілу, що відображено на рисунку 2 у вигляді плюсів. Плюс замінимо на одиницю «1» і проведемо подальші обчислення:

$$I_{в.ф.} = \sum \langle + \rangle * O_{в.ф.} \quad (3)$$

$$I_{бмр.} = \sum \langle + \rangle * P_{бмр.} \quad (4)$$

де $I_{в.ф.}$ – індекс небезпечних виробничих факторів в залежності від виду будівельно-монтажних робіт;

$I_{бмр.}$ – індекс будівельно-монтажних робіт в залежності від небезпечних виробничих факторів;

$\sum \langle + \rangle$ – сума залежностей впливу небезпечних виробничих факторів від виду БМР і навпаки.

| № п. п. | Види будівельно-монтажних робіт | Найменування небезпечних і шкідливих виробничих факторів (НШВФ) | | | | | | | | | | | Індекс БМР |
|---------|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| 1 | Земляні роботи | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | | 1 | 1 | | 64% |
| 2 | Влаштування штучних основ і бурові роботи | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | | 1 | 1 | 64% |
| 3 | Бетонні роботи | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | | 1 | | 1 | | 64% |
| 4 | Монтажні роботи | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | | | | 55% |
| 5 | Кам'яні роботи | 1 | 1 | | | 1 | 1 | | | | | | 36% |
| 6 | Ізоляційні роботи | 1 | | | | | | | 1 | 1 | | 1 | 36% |
| 7 | Оздоблювальні роботи | 1 | | 1 | | | | | 1 | 1 | 1 | | 45% |
| 8 | Покрівельні роботи | 1 | | 1 | | | | | 1 | 1 | | 1 | 45% |
| 9 | Монтаж інженерного устаткування будівель | 1 | | 1 | 1 | | | | | 1 | | 1 | 45% |
| 10 | Електромонтажні роботи | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | | | 45% |
| 11 | Електрозварювальні роботи | 1 | | 1 | | | | | | 1 | | 1 | 36% |
| 12 | Транспортні та вантажно-розвантажувальні роботи | | 1 | | | 1 | 1 | | | 1 | | | 36% |
| 13 | Проходка підземних виробок | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | | | 45% |
| | Індекс НШВФ | 85% | 62% | 77% | 31% | 31% | 38% | 23% | 38% | 69% | 31% | 38% | |

Рис. 2. Індекси взаємовпливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів і БМР

В результаті підстановки і розрахунків встановлено, що: небезпечними і шкідливими факторами виробництва є «Розташування робочого місця поблизу перепаду по висоті 1,3 м і більше», яка поєднує в собі всі види будівельних робіт.

На сьогоднішній день, висотними роботами є роботи на висоті 1,8 метра і більше. Таким чином, можна відзначити, що у всіх будівельно-монтажних процесах, падіння є найнебезпечнішим чинником і мають найбільший вплив на рівень безпеки, що підтверджується статистичними матеріалами.

Результат обчислень дозволяє передбачити ризики, а по можливості і усунути їх перед початком виконання робіт, а в разі неможливості усунення ризику, застосувати превентивні заходи щодо зменшення впливів небезпечних виробничих факторів на працівників, тобто отримана оцінка дає зрозуміти роботодавцям або контролюючим органам рівень впливу небезпечних виробничих факторів на виконання тих чи інших робіт, а також визначити загрози, наявні в робочому процесі, і оцінити при цьому ризики, пов'язані з ними, на підставі чого визначити необхідні заходи для збереження життя і здоров'я працівника.

На третьому кроці зроблено ранжування НШВФ в горизонтальному напрямку, при цьому види БМР та їх індекси залишилися без змін.

На основі ранжирування отримані граничні значення впливу НШВФ на види будівельно-монтажних робіт і визначені чотири зони розподілу їх впливу

Четвертий крок. На підставі результатів ранжування небезпечних і шкідливих виробничих факторів (рисунок 3) розроблений класифікатор оцінки умов праці (рисунок 4).

| № п.п. | Види будівельно-монтажних робіт | Найменування небезпечних і шкідливих виробничих факторів (НШВФ) | | | | | | | | | | | Індекс БМР |
|--------|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|
| | | 1 | 3 | 9 | 2 | 6 | 8 | 11 | 5 | 10 | 4 | 7 | |
| 1 | Земляні роботи | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 64 |
| 2 | Влаштування штучних основ і бурові роботи | 1 | 1 | | 1 | | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 64 |
| 3 | Бетонні роботи | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | 64 |
| 4 | Монтажні роботи | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | 1 | | | 1 | 55 |
| 5 | Кам'яні роботи | 1 | | | 1 | 1 | | | | 1 | | | 36 |
| 6 | Ізоляційні роботи | 1 | | 1 | | | | 1 | 1 | | | | 36 |
| 7 | Оздоблювальні роботи | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | | | 1 | | 45 |
| 8 | Покрівельні роботи | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | | | | 45 |
| 9 | Монтаж інженерного устаткування будівель | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | | | 1 | | 45 |
| 10 | Електромонтажні роботи | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | | | | 45 |
| 11 | Електрозварювальні роботи | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | | | | 36 |
| 12 | Транспортні та вантажно-розвантажувальні роботи | | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | | | 36 |
| 13 | Проходка підземних виробок | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | 1 | | 45 |
| | Індекс НШВФ | 85 | 77 | 69 | 62 | 38 | 38 | 38 | 31 | 31 | 31 | 23 | |

Рис. 3. Ранжування небезпечних виробничих факторів

| Клас умов праці (Прийнятій) | Клас умов праці | Стан об'єктів оцінки | Необхідні заходи |
|-----------------------------|---|---|---|
| Оптимальний | Оптимальний - 1 (безпечний) | Відсутність впливу небезпечних і шкідливих чинників. Порушень з охорони праці немає. | Не потрібні |
| Допустимий | Допустимий - 2 (умовно безпечний) | Поодинокі порушення охорони праці, при цьому це не впливає на життя і здоров'я працівника. Професійний ризик зневажливо малий (стерпний) | Повинні діяти обмеження щодо застосування праці жінок і підлітків |
| Шкідливий | Небезпечний - 3.1 (в межах помірною) | Застосування засобів індивідуального захисту. Вплив небезпечних і шкідливих факторів на окремих Професійний ризик малий (помірний) | Потрібні заходи щодо зниження виробничого ризику. До працівників повинні застосовуватися додаткові вимоги з безпеки праці |
| | Небезпечний - 3.2 (в межах середнього) | Використання ЗІЗ нема на достатньому рівні. Тривалий вплив небезпечних і шкідливих чинників на працівника Професійний ризик в межах середнього (істотний) | Потрібні заходи щодо зниження виробничого ризику в установлені терміни. Працівники повинні отримувати компенсації за небезпечні умови (8-12%) |
| Небезпечний | Підвищено небезпечний - 3.3 (вище середнього) | ЗІЗ не використовуються. Вплив одного або двох видів небезпечних і шкідливих факторів на працівника. Умови робіт підвищеної небезпеки | Потрібні невідкладні заходи щодо зниження виробничого ризику. Компенсації за небезпечні умови праці до 20% |
| | Особливо небезпечний - 3.4 (неприпустимо високий) | Вплив небезпечних і шкідливих факторів на трудовий колектив. Грубе порушення вимог охорони праці. Відсутність ЗІЗ. Захаращення виходів. Умови робіт неприпустимо небезпечні | Необхідно припинити роботи і усунути порушення вимог охорони праці |
| | Екстремальний - 4 | Виробництво робіт в надзвичайних ситуаціях, наприклад роботи з розбирання завалів і порятунку людей, що знаходяться під завалами | Роботи можуть проводитися тільки за спеціальними регламентами |

Рис. 4. Класифікатор оцінки умов праці

П'ятий крок. Відповідно до класифікації, представленої на рисунку 4, встановлюються кордони, в які потрапляє об'єкт, що перевіряється при оцифровці за ступенем безпеки будівельного виробництва. За результатами обчислення і ранжирування небезпечних і шкідливих виробничих факторів представленої (рис. 3) визначимо граничні значення індексів впливу НШВФ на всі види БМР і

позначимо це як «Рівень безпеки» на об'єкті (рис. 5).

Таким чином, отримані граничні значення з прив'язкою до класів умов праці, які можуть бути виражені в процентах або в частках одиниці, і характеризують рівень безпеки, виражений у вигляді «Індексу безпеки будівництва» (ІББ) як узагальненого показника, що характеризує загальний стан на будівельному майданчику.

| Найменування | Оптимальний - 1 (безпечний) | Допустимий - 2 (умовно безпечний) | Небезпечний - 3.1 (в межах помірною) | Небезпечний - 3.2 (в межах середнього) | Підвищено небезпечний - 3.3 (вище середнього) | Особливо небезпечний - 3.4 (неприпустимо високий) | Екстремальний - 4 |
|----------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--|---|---|-------------------|
| Клас умов праці | Оптимальний | Допустимий | Шкідливий | | Небезпечний | | |
| Рівень Небезпеки "%" | 0-23 | 24-31 | 32-62 | 63-68 | 69-76 | 77-84 | 85-100 |

Рис. 5. «Індекс безпеки» в процентному відношенні показує вплив небезпечних виробничих факторів на БМР

| Найменування | Оптимальний - 1 (безпечний) | Допустимий - 2 (умовно безпечний) | Небезпечний - 3.1 (в межах помірною) | Небезпечний - 3.2 (в межах середнього) | Підвищено небезпечний - 3.3 (вище середнього) | Особливо небезпечний - 3.4 (неприпустимо високий) | Екстремальний - 4 |
|----------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--|---|---|-------------------|
| Клас умов праці | Оптимальний | Допустимий | Шкідливий | | Небезпечний | | |
| Безпечний рівень "%" | 100-77 | 76-69 | 68-32 | | 31-0 | | |

Рис. 6. «Безпечний рівень» в відсотковому відношенні в залежності від впливу небезпечних виробничих факторів на БМР

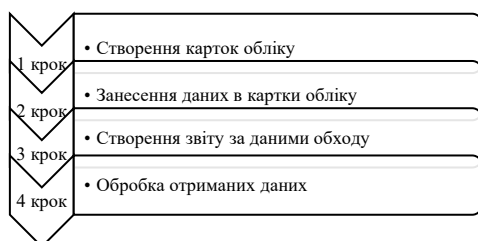


Рис. 7. Укрупнена схема алгоритму системи моніторингу

Алгоритм системи моніторингу рівня охорони праці на основі ВІМ-технології укрупнено представлений на рисунку 7.

Застосування даного підходу дозволяє зробити оцифрування об'єкта, що перевіряється. Звіт про рівень індексу безпеки будівництва формується програмою автоматично і відразу відправляється на сервер до керівництва компанії. Паралельно з цим, програма видає певні рекомендації для підтримки

загального рівня індексу безпеки будівництва.

Висновки

1. Дослідження і аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів дозволило виявити і провести ранжування небезпечних і шкідливих виробничих факторів в залежності від їх впливу на будівельно-монтажні роботи.

2. За результатами ранжування небезпечних і шкідливих виробничих факторів визначені зони безпеки незалежно від виду будівельно-монтажних робіт.

3. На основі розподілу зон (кордонів) впливу небезпек з'являється можливість ранжувати рівні безпеки, які характеризують ситуацію з безпеки на будівельному майданчику.

4. Індекс безпеки будівництва дозволяє виявити процеси і фактори, які найбільшим чином впливають на безпеку праці, що дає можливість перевіряючим найефективніше коригувати вибір захисних заходів на будівельному майданчику.

Література

1. Азаров В.Н. Предложения по совершенствованию метода статистического анализа травматизма в строительстве / В.Н. Азаров, Е.И. Богуславский // Вестник ВолгГАСУ. – 2007. – Вып. 7(26). – С. 129–134.
2. Білик А.С. BIM-модельювання. Огляд можливостей та перспективи в Україні / А.С. Білик, М.А. Беляєв // Промислове будівництво та інженерні споруди : наук.-вироб. журн. – 2015. – № 2. – С. 9–15.
3. Узгодження українського законодавства з європейською нормативно-правовою базою з безпеки і гігієни праці: ключові питання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://oppb.com.ua/articles/uzgodzhennya-ukrayinskogo-zakonodavstva-z-yevropeyskoyu-normatyvno-pravovoyu-bazoyu-z-0> (дата звернення 05.02.2022).
4. Постнов К.В. Применение BIM-технологий в процессах управления проектными организациями / К.В. Постнов // Научное обозрение. – 2015. – № 18. – С. 367–371.
5. Охорона праці в Україні та за кордоном: система менеджменту охорони здоров'я та професійної безпеки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studwood.ru/676828/bzhd/vvedenie/> (дата звернення 25.05.2021).
6. Скрипник О.С. Застосування цифрових технологій для забезпечення безпечних умов праці на будівельних майданчиках / О.С. Скрипник, С.А. Грязнова // Наука про цивільний захист як шлях становлення молодих вчених : Матер. всеукр. наук.-практ. конф. курсантів і студентів. – Черкаси : ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України – С. 238–233.
7. Стан охорони праці на підприємствах США [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bps-journal.ru/publications/2020/4-2020/> (дата звернення 25.05.2021).
8. Стратегія охорони праці в США [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.rusnauka.com/11_NPE_2014/Economics/5_16564_3.doc.htm (дата звернення 25.05.2021).

9. Характерні порушення у галузі будівництва, що приводять до травматизму [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://oppb.com.ua/news/harakterni-porushennya-u-galuzi-budivnytva-shcho-pryvodyat-do-travmatyzmu> (дата звернення 01.05.2021).

10. Шарманов В.В. Контроль рисков строительства на основе BIM-технологий / В.В. Шарманов, Т.Л. Симанкина, А.Е. Мамаев // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2017. – № 12(63). – С. 113–124.

11. Шарманов В.В. Трудности поэтапного внедрения BIM / В.В. Шарманов, А.Е. Мамаев, А.Е. Болейко, Ю.С. Золотова // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2015. – № 10(37). – С. 108–120.

12. OHSAS18001 – міжнародний стандарт професійного здоров'я та безпеки. Піраміда подій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dnaop.com/html/34112/doc-DCTV_OHSAS_18001_2010 (дата звернення 23.05.2021).

13. Dinga L.Y. Construction risk knowledge management in BIM using ontology and semantic web technology / L.Y. Dinga, B.T. Zhonga, S. Wub, H.B. Luoa // Safety Science. – 2016. – No 87. – Pp. 202–213. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.04.008>

14. Eastman C. An Outline of the Building Description System [Електронний ресурс] / C. Eastman, D. Fisher, G. Lafue, J. Lividini, D. Stoker, C. Yessios. – Режим доступу: <https://eric.ed.gov/?id=ED113833>

15. Gambatese J. Viability of Designing for Construction Worker Safety / Gambatese J., Behm M., Hinze J. // Journal of Construction Engineering and Management. – 2005. – 131(9). – Pp. 1029–1036. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2005\)131:9\(1029\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:9(1029))

16. NSC, National Safety Council [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=SPEECHES&p_id=982

References

1. Azarov, V.N., Boguslavsky, E.I., & Glushko, A.A. (2007). Suggestions on statistic analysis improvement for calculation of traumatism in construction process. *Bulletin of VSUAC*, 7(26), 129–134. [in Russian]
2. Bilyk, A.S. (2015). BIM modeling. Overview of opportunities and prospects in Ukraine. *Industrial Construction and Engineering Facilities*, 2, 9–15. [in Ukrainian]
3. Santos, A. (2019). Harmonization of Ukrainian legislation with the European legal framework for labor safety and hygiene: key issues. URL: <https://oppb.com.ua/articles/uzgodzhennya-ukrayinskogo-zakonodavstva-z-yevropeyskoyu-normatyvno-pravovoyu-bazoyu-z-0> [in Ukrainian]
4. Postnov, K.V. (2015). Application of BIM technologies in project organization management processes. *Scientific Review*, 18, 367–371. [in Russian]
5. Dushko, T. (2020). Occupational safety in Ukraine and abroad: health and professional safety management system. URL: <https://oppb.com.ua/articles/ohorona-praci-v-ukrayini-aza-kordonom-systema-menedzhmentu-ohorony-zdorovya> [in Ukrainian]
6. Skrypnyk, O.S., & Gryaznova, S.A. (Eds.). (2021). Application of digital technologies to ensure safe working conditions on construction sites. *Proceedings of all-Ukrainian Scientific-*

- practical conference of cadets and students "The science of civil defense as a way of becoming young scientists"*. СНІРВ ім. Героїв Чорнобильського району, Україна. [in Ukrainian]
7. State of labor protection at US enterprises. URL: <https://bps-journal.ru/publications/2020/4-2020/> [in Ukrainian]
8. Labor protection strategy in the USA. URL: http://www.rusnauka.com/11_NPE_2014/Economics/5_16564_3.doc.htm [in Ukrainian]
9. Specific violations in the field of construction, leading to trauma. URL: <https://oppb.com.ua/news/harakterni-porushennya-u-galuzi-budivnytva-shcho-pryvodyat-do-travmatyzmu> [in Ukrainian]
10. Sharmanov, V.V., Simankina, T.L. & Mamaev, A.E. (2017). Control of construction risks based on BIM technologies. *Construction of unique buildings and structures*, 12, 113–124. [in Russian]
11. Sharmanov, V.V., Mamaev, A.E., Boleyko, A.E. & Zolotov, Yu.S. (2015). Difficulties of phased implementation of BIM. *Construction of unique buildings and structures*, 10, 108–120. [in Russian]
12. OHSAS18001 is an international standard of occupational health and safety. Pyramid of events. URL: https://dnaop.com/html/34112/doc-ДСТУ_OHSAS_18001_2010 [in Ukrainian]
13. Ding, L.Y., Zhong, B.T., Wu, Song and Luo, H.B. (2016). Construction risk knowledge management in BIM using ontology and semantic web technology. *Safety Science*, 87, 202–213. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.04.008>
14. Eastman, C., Fisher, D., Lafue, G., Lividini, J., Stoker, D., Yessios, C. (1975). The Use of Computers Instead of Drawings in Building Design. *AIA Journal*, 63. URL: <https://eric.ed.gov/?id=ED113833>
15. Gambatese, J., Asce, M., Behm, M. & Hinze, J. (2005). Viability of Designing for Construction Worker Safety. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(9), 1029–1036. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2005\)131:9\(1029\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:9(1029))
16. NSC, National Safety Council. (2006). URL: http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=SPEECHES&p_id=982

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Кондращенко, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

Автор: СКРИПНИК Олена Сергіївна
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – elenases2015@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5926-755X>

Автор: ВОРОЖБІЯН Михайло Іванович
доктор технічних наук, професор
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – yimi53@ukr.net
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3286-6218>

Автор: ІВАЩЕНКО Марина Юріївна
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – marina.sh.225@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9202-6448>

Автор: АБРАКІТОВ Володимир Едуардович
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – abrakitov67@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0583-5122>

INFORMATION SIMULATION OF OCCUPATIONAL SAFETY AT CONSTRUCTION SITE

O. Skrypnyk, M. Vorozhbiian, M. Ivashchenko, V. Abrakitov

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

One of the directions of the economic development of the state is the construction industry, in which the issues of labor protection and improving safety are extremely acute, since its effective growth depends on the solution of this issue.

With the development of scientific and technological progress, as well as digital technologies, the question of the possible application of this area in matters of ensuring the safety of production processes becomes relevant. Today, in the construction industry, BIM technologies are actively being used. BIM (Building Information Modeling) - Building information modeling is the process of creating an integrated model of the future construction project, which includes all stages of the life cycle of the project from the design stage to the dismantling stage. BIM technology is the very tool that shows how to improve the interaction of all project participants. BIM is based on a three-dimensional information model.

The information model of the building means obtaining full information about the future construction site according to the most popular sections of the design documentation.

This technology is a universal information platform that allows you to integrate various software modules into the BIM model of investment and construction projects. Thanks to this approach, it became possible to digitize

construction production while monitoring the safety of work, as well as labor protection using a risk-oriented approach.

Considering the application of this technology and the result, it can be seen that all research is aimed mainly at the work of designers. However, if we consider BIM technology as an information platform (base) on which new software products (complexes) can be superimposed, then we can create a qualitatively different approach in the application of this technology. In particular, it is possible to review the approach to the assessment of industrial safety and labor protection, in another perspective to approach the scheduling of construction schedules, consider the possibility of applying such programs in the assessment of construction and installation risks during the implementation of the investment and construction project.

The article discusses 3D modeling of objects, such as a construction site. Individual areas with boundary assignment were analyzed to assess the degree of safety in these areas. To assess the state of labor protection, a breakdown of the studied object to 100 square meters was adopted. The stage of determining the most hazardous production factors, as well as possible risks that may be involved in the construction work has been investigated.

According to the results of ranking of hazardous and harmful production factors, hazard zones are determined regardless of the type of construction and installation work.

Based on the distribution of hazard zones (boundaries), it is possible to rank safety levels that characterize the safety situation at the construction site.

The Construction Safety Index allows you to identify the processes and factors that most affect labor safety, which makes it possible for inspectors to most effectively correct the selection of protective measures at the construction site.

Keywords: construction, occupational safety, modelling, risk, hazards.