

ХІІ Міжнародна науково-практична конференція здобувачів вищої освіти і молодих науковців «Наука, освіта, суспільство очима молодих». 26 травня, 2020 р., м. Рівне: Рівненський державний гуманітарний університет, С. 299-300.

19. Патент № 56304 **Кучер В.Г., Черняков С.М., Кривенко Ю.Ю.** Спосіб автоматичного керування одностадійним циклом мокрого подрібнення. Опубл. 10.01.11 Бюл. №1.

20. Патент № 118091 **Швець Д.В.** Спосіб автоматичного керування одностадійним циклом мокрого подрібнення. Опубл. 25.07.17 Бюл. №14.

Рукопис подано до редакції 20.03.24

УДК 622.2

О.Л. ШЕПЕЛЬ, канд. техн. наук, доц.

Криворізький національний університет

АКТУАЛЬНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ПЕРЕХОДУ З ВИДОБУТКУ КОРИСНИХ КОПАЛИН ВІДКРИТИМ СПОСОБОМ НА ТЕХНОЛОГІЇ КОМБІНОВАНОГО ВІДКРИТО-ПІДЗЕМНОГО ТА ПІДЗЕМНОГО ВИДОБУТКУ ЗАЛІЗОРУДНОЇ СИРОВИНИ

Мета. Метою даної роботи є обґрунтування переходу з техногенно-деструктивних, екологічно небезпечних технологій відкритої на відкрито-підземну та підземну технології розробки родовищ корисних копалин.

Методи дослідження. Використані наступні методи: аналіз практичного досвіду роботи ряду закордонних рудників з комбінованим відкрито-підземним способом розробки родовищ; аналіз та узагальнення літературних джерел в області проблем подальшого розвитку техногенно-деструктивних, екологічно небезпечних технологій видобутку магнетитових кварцитів відкритим способом; проведено дослідження проблеми переходу з видобутку корисних копалин відкритим способом на технології комбінованого відкрито-підземного та підземного видобутку залізорудної сировини; методи аналізу.

Наукова новизна. Встановлено, що при видобуванні з надр корисних копалин змінюється напружено-деформований стан гірських порід. Це впливає на процеси зрушення гірських масивів, при яких зміщення можуть досягати верхніх горизонтів і проявитися у вигляді деформацій елементів кар'єрного поля. Такі зміщення можуть призводити до руйнування промислових і цивільних об'єктів. Встановлено, що всі підприємства, які розпочали відпрацювання запасів відкритим способом, проводять у життя технічну політику планомірного переходу від відкритих гірничих робіт до підземних гірничих робіт, створюючи на родовищах, що відпрацьовуються, єдині геотехнологічні системи «кар'єр-шахта».

Практична значимість. Полягає на обґрунтуванні принципів вирішення проблеми раціонального використання сировинної бази Кривбасу, що базуються на технологіях комбінованого видобутку залізорудної сировини та можливості утилізації відходів гірничого виробництва у виробленому просторі шахт.

Результати. В результаті виконаного аналізу літературних джерел встановлено, що у світовій практиці є стійка тенденція переходу з техногенно-деструктивних технологій відкритого видобутку залізорудної сировини на сучасні екологічно безпечні технології відкрито-підземної та підземної розробки корисних копалин, особливо в районах, що характеризуються несприятливими умовами для відкритих гірничих робіт. В роботі зазначено, що відпрацювання родовищ комбінованим способом дозволяє знизити рівень екологічних збитків від відкритих гірничих робіт з одночасним підвищенням ефективності підземних робіт.

Ключові слова: технологія, аналіз, відкрито-підземний, відпрацювання, комбінована розробка, руда.

doi: 10.31721/2306-5435-2024-1-112-105-110

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. У Криворізькому залізорудному басейні в результаті тривалого та інтенсивного відпрацювання родовищ відкритим способом утворилися значні площі порушених гірничими виробками територій. Значні площі орних земель зайняті під кар'єри, відвали та хвостосховища. Сотні тисяч гектарів плодючої Української землі вже сьогодні непридатні для сільськогосподарського використання, а іноді і для проживання. Тисячі тон пилу з відвалів та хвостосховищ кожен рік погіршують навколишню природу та забруднюють повітря в гірничодобувних басейнах. Масові вибухи на кар'єрах при відбійці гірської маси призводять до викиду в атмосферу значної кількості шкідливого пилу та канцерогенних речовин. Екологічна обстановка в районах з відкритим способом розробки часто близька до критичної. Крім того, сейсмічний ефект від масових вибухів утворює сейсмічну хвилю, яка, в окремих випадках, призводить до руйнування цивільних будинків та промислових об'єктів.

Отже, поступовий перехід з відкритої розробки родовищ корисних копалин на технології відкрито-підземного та підземного видобутку є вимушеним і в той же час безальтернативним шляхом розвитку гірничодобувних районів, зокрема Криворізького залізорудного басейну. При цьому, основними проблемами такого переходу будуть проблеми геомеханічної стабілізації гірського масиву при будівництві шахт в зонах можливого впливу кар'єрних полів.

Аналіз досліджень і публікацій. Сучасний досвід роботи розвинутих гірничодобувних підприємств з відкритим способом розробки свідчить про наявність у світовій практиці стійкої тенденції до переходу з відкритої на екологічно безпечніші технології комбінованого видобутку корисних копалин. Наприклад відкрито-підземна технологія дозволяє протягом тривалого часу підтримувати виробничі потужності гірничо-добувних підприємств, значно зменшуючи екологічний вплив гірничих робіт на природу басейну.

На сьогодні, комбінований спосіб видобутку застосовують понад 16% діючих гірничодобувних підприємств світу. Тому в останні роки наукові дослідження перехідних відкрито-підземних та підземних технологій зазнали інтенсивного розвитку.

У цьому відношенні практичний інтерес представляє досвід роботи ряду закордонних рудників, які повторно або спільно розробляють крутоспадні родовища комбінованим відкритим, відкрито-підземним, або підземним способом поблизу рудних кар'єрів.

Доведено, що комбінована відкрито-підземна розробка дозволяє протягом тривалого часу підтримувати виробничі потужності гірничодобувних підприємств. Більш того, впровадження у виробництво наукових рекомендацій та технологічних рішень відпрацювання запасів комбінованим способом дозволило низці закордонних підприємств, які традиційно застосовували відкритий спосіб розробки, залучити до інтенсивної експлуатації ділянки родовищ, які вважались насамперед безперспективними [1-3].

Прикладом планомірного переходу від відкритих гірничих робіт до підземної розробки є рудник Кідд Крик (Kidd Creek) в Онтаріо (Канада) [4, 5]. Родовище поліметалевих руд розробляється з 1966 р. відкритим способом. Комбінована відкрито-підземна технологія видобутку застосовується з 1968 р. з поступовим переходом виключно на підземний видобуток, що показано на рис.1. Будівництво шахти було розпочато коли глибина кар'єру фактично становила 150 м (проектна глибина 250 м), тобто за 7-10 років до закінчення відкритих гірничих робіт.

З часом, по мірі збільшення продуктивності підземного видобутку виробнича потужність кар'єру зменшувалась. Однак, при цьому зберігався стабільний сумарний об'єм видобутку руди та постійний рівень завантаження збагачувальної фабрики.

Наступним показовим родовищем з переходом на комбінований спосіб відпрацювання покладів є Австралійське мідно-золоте родовище Осборн (Osborne), яке розташовано в Квінсленді.

З 1996 р. родовище відпрацьовується підземним способом у борту кар'єра, виведеного з експлуатації того ж року. Розкриття ділянки підземних робіт здійснюється через похилу штольню з горизонту 80 м відпрацьованого кар'єру та вертикальними стволами [6].

Досить цікава технологія представлена на Австралійському родовищі Нозпаркс (Northparkes), яке розташоване за 27 км від м. Паркс. Родовище розробляється групою шахт, які ведуть підземні гірничі роботи не після закінчення відкритих гірничих робіт, а одночасно з ними. Підприємство виробляє високоякісний мідно-золотий концентрат [7].

Рудне тіло, що розробляється підземним способом, має потужність близько 200 м і поширюється на глибину більше 800 м. Доступ до підземної частини родовища здійснюється через похилий ствол, який використовують для транспортування руди конвеєром, а також для доставки людей та матеріалів. Під час розробки використовують систему підповерхового обвалення.

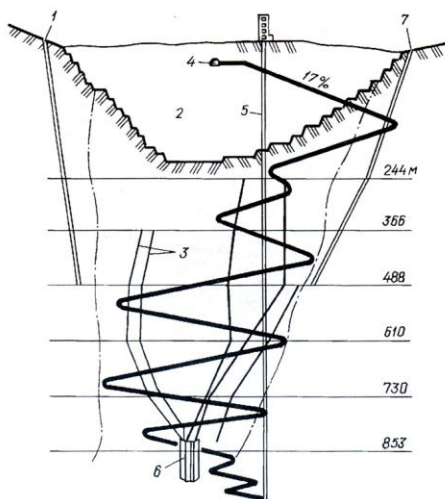


Рис. 1. Схема розкриття поліметалевого родовища, що відпрацьовується рудником «Кідд Крик»: 1, 7 – вентиляційний піднягтевий; 2 – граничний контур кар'єру; 3 – рудо-спуск; 4 – портал штольні, розташований у неробочому борту кар'єру; 5 – рудопідйомний ствол; 6 – підземний склад

Значний досвід одночасного ведення відкритих та підземних робіт накопичено на найбільшому мідно-золотому родовищі Гразберг (Grasberg) в Індонезії, розвіданому в 1988 р. Рудник складається з кар'єру та шахти. Кар'єр забезпечує високий обсяг видобутку з низькою собівартістю. Добова продуктивність кар'єру – 200-240 тис. т. Шахтою розробляється рудний масив в дні кар'єру та кілька індивідуальних покладів поблизу кар'єру. Добова продуктивність видобутку руди шахтою на ділянці Глибокої Рудної Зони (DOZ) складає в середньому 43,6 тис. т. Блок DOZ є одним із найбільших всесвітньо відомих підземних блоків [8].

Рудниками «Віханті», «Хаммаслахті», «Пюхясалмі», «Хавері», «Луйконлахті» та «Коталахті» (Фінляндія) відпрацьовується ряд родовищ поліметалевих руд відкритим, підземним та комбінованим відкрито-підземним способом.

Рудник «Пюхясалмі» (Puhäsalmi Mine Oy), найглибший рудник кольорових металів у Європі (глибина 1444 метри). Рудником «Пюхясалмі» відпрацьовується мідне поліметалеve родовище з вмістом міді в руді 3-4%. Крім того, з руди вилучають свинець, цинк, сірку та рідкісноземельні елементи. Потужність родовища 20-40 м, яке залягає під кутом 70-80 град. Верхня частина родовища відпрацьовується кар'єром до глибини 120 м, нижня – підземним способом, із застосуванням камерних систем із закладкою, а також системою горизонтальних шарів із твердіючою закладкою [9, 10].

Родовище поліметалевих руд Віртасалмі (Virtasalmi copper mine) відпрацьовується на повну глибину відкритим та підземним способами. До глибини 175 м родовище відпрацьовувалося спільно відкритим та підземним способом з доставкою гірської маси з підземної частини на денну поверхню по похилому з'їзду. З переходом на підземні гірничі роботи, з неробочого борту кар'єру пройдено вентиляційні підняття для провітрювання підземних гірничих робіт [10].

Досить привабливими з точки зору комбінованої відкрито-підземної розробки є дослідження, в яких розроблено способи додаткового відпрацювання запасів бідних руд, а також наведено загальну класифікацію способів комбінованої розробки родовищ [11].

Загалом при безпосередній участі авторів пропонуються способи визначення безпечних розмірів ціликів, що залишаються між кар'єром та виробками підземного рудника. Також запропоновано деякі варіанти технологій розробки підземних запасів руди у межах діючого кар'єру [12-14].

Авторами досліджено деякі питання внутрішнього відвалоутворення у виробленому просторі кар'єру [15].

Аналіз приведених технологій дає змогу визначити кілька основних напрямів, основним з яких є проблема переходу з техногенно-деструктивних, екологічно небезпечних технологій видобутку корисних копалин відкритим способом, що потребує вирішення екологічних проблем гірничодобувних регіонів. Одним із напрямів може бути розробка ресурсозберігаючих та екологічно безпечних технологій відкрито-підземного та підземного видобутку залізорудної сировини які, крім іншого, дозволяють утилізувати відходи гірничодобувної промисловості у виробленому просторі шахт при переході на підземний видобуток.

Постановка задачі. Таким чином, на нашу думку, гірничодобувні підприємства з відкритим способом розробки, які на сьогодні дають понад 70 % товарної руди в Україні, повинні розвиватися з поступовим нарощуванням елементів комбінованого відкрито-підземного видобутку (I етап), та поступовим переходом на підземний видобуток (II етап).

Викладення матеріалу та результати. Із загального обсягу залізорудної сировини, що видобувається в Україні, на частку Кривбасу припадає близько 80 %, при цьому питома вага підземного видобутку становить близько 30 % [16].

У Криворізькому залізорудному басейні видобуток багатих залізних руд підземним способом здійснює АТ «Криворізький залізорудний комбінат», шахтоуправління з підземного видобутку руди ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», ПрАТ «Суша Балка».

ПрАТ «Центральний ГЗК» здійснює розробку магнетитових кварцитів підземним способом на шахті ім. Орджонікідзе.

ТОВ «Рудомайн» видобуває багаті залізні руди відкритим способом, які раніше були залишені на вище розташованих горизонтах колишніх шахт РУ ім. Кірова та ім. Дзержинського. За якістю ці руди відносяться до товарних.

Зазначені типи залізних руд розрізняються, як за фізико-механічними властивостями, так і за гірничо-геологічними і гірничотехнічними умовами видобутку. Ці відмінності відповідно впливають на напружено-деформований стан досліджуваних масивів.

Багаті залізні руди видобуваються в основному підземним способом, магнетитові кварцити розробляються переважно відкритим способом і частково підземним.

Для отримання загальної картини необхідно зауважити, що з кінця минулого сторіччя у світовій та вітчизняній практиці розробки рудних родовищ, у тому числі і залізорудних, випереджальний розвиток отримав відкритий спосіб видобутку корисних копалин. Для залізорудних родовищ України ця тенденція визначилась у зміні співвідношення обсягів видобутку між підземним і відкритими способами розробки, а відповідно – і погіршенням екологічної ситуації в басейні.

До 1970 р. більше товарної руди давав підземний видобуток. Але вже з 1970 р. кількість товарної руди, що видобувалась відкритим способом зросла в 2,2 рази і склала в 2003 р. близько 65 млн т. Підземний видобуток скоротився в середньому з 43,6 млн т товарної руди в 1970 р. до 18,9 млн т в 2003 р.

Таким чином, на сьогодні з 83,8 млн. т залізорудної сировини, що видобувається в Україні тільки 13,9 млн т видобувається підземним способом, що становить близько 17 %.

Таке співвідношення між двома основними способами розробки, на нашу думку, не є оптимальним. Особливо негативно збільшення відкритого способу видобутку впливає на екологію Криворізького басейну.

Так при відкритому способі розробки набагато більше відчужується гектарів родючих земельних угідь. У Криворізькому басейні, на частку якого припадає до 85 % виробленої в Україні товарної залізорудної сировини, гірничими роботами порушені тисячі гектарів родючих орних земель.

За даними ДП ДП «Кривбаспроект», на одиницю товарної продукції при відкритих гірничих роботах витрати земельних угідь у Криворізькому басейні в 13 разів більші, ніж при підземній розробці, і за забрудненням атмосфери пилогазовими викидами на відкритих роботах справи набагато гірші, ніж на підземних роботах.

Збитки, що завдаються в Криворізькому басейні навколишньому середовищу підземними та відкритими роботами, у розрахунку на 1 т товарної продукції при відкритому способі видобутку руди в 3,5 рази більші, ніж при підземному, а з урахуванням якості товарної продукції - в 3 рази.

Відомо, що родовища, які відпрацьовують відкритим способом представлені, як правило, запасами бідних залізних руд – залістистих, або магнетитових кварцитів (вміст заліза 22-38%), що потребують збагачення. В той же час, збагачення магнетитових кварцитів призводить до утворення та складування величезної кількості відходів збагачення, а відповідно і створення нових сховищ для їхнього розміщення. Крім того, магнетитові кварцити мають невисокий вміст заліза, включають домішки сірки, фосфору й інших компонентів, що знижують якість металу, який виробляється.

Техногенно-деструктивні наслідки для довкілля та основні недоліки технологій відкритого видобутку залізорудної сировини з урахуванням сучасних екологічних проблем відкритої розробки корисних копалин узагальнено в табл. 1.

Таблиця 1

Техногенно-деструктивні наслідки для довкілля та основні екологічні проблеми відкритої розробки корисних копалин

Умови експлуатації родовища	Виробничі процеси	Наслідки для довкілля
Глибина залягання рудних покладів (до 450 м)	Розкривні роботи в процесі поглиблення очисних робіт	Порушення земної поверхні, зниження якості ґрунтів, складування у відвалах значних обсягів розкривних порід, зміна гідрологічного режиму території
Висока міцність розкривних порід та руд	Застосування буровибухових робіт	Великі обсяги пилових і газових викидів в атмосферне повітря, сейсмічний вплив
Якісні характеристики руд (22-38% Fe)	Необхідність збагачення видобутої рудної сировини	Складування відходів збагачення, утворення хвостосховищ, шкідливі викиди в повітря, використання та забруднення значних обсягів водних ресурсів

Отже, в процесі виробництва основної продукції утворюється значна кількість газоподібних, твердих і рідких відходів. Супутні відходи негативно впливають на результати господарської діяльності гірничодобувних підприємств, оскільки вимагають витрат на їх локалізацію, транспортування, зберігання, та зрештою ускладнюють екологічну обстановку в районах розміщення об'єктів гірничо-збагачувального виробництва.

Істотний вплив на екологічний стан довкілля чинить видобуток і переробка гірської маси та розкривних порід від проведення гірничих робіт. Це позначається на відведенні значних площ орних земель під відвали, порушенні природного ландшафту земної поверхні. В процесі відкритого видобутку корисних копалин атмосферне повітря забруднюється твердими пиловими і газоподібними домішками, природні водоймища забруднюються шламовими водами та високо мінералізованими водами водовідливу.

За даними авторів роботи [17] з кожної 1000 т гірської маси, що видобувається гірничо-збагачувальними комбінатами, виробляється всього близько 200 т залізородної продукції. При цьому відчужується 40 м² і затоплюється 50 м² землі, витрачається 110 м² високо мінералізованих вод, а в атмосферу викидається 2,5 т тонкодисперсного пилу, 1,8 т отруйних газів.

Отже, проблеми відкритої розробки корисних копалин привели до надмірного накопичення на земній поверхні значних обсягів відходів видобувного та гірничо-збагачувального виробництва.

А також, характер і ступінь порушення довкілля зокрема, земель гірничого відводу в районі функціонування підприємства обумовлені технологічними рішеннями щодо формування кар'єру, як підприємства з видобування корисних копалин, так і сукупності гірничих виробок для розробки родовища відкритим способом.

Висновки та напрямок подальших досліджень. В результаті виконаного аналізу першоджерел встановлено, що у світовій практиці є стійка тенденція переходу з техногенно-деструктивних технологій відкритого видобутку залізородної сировини на сучасні екологічно безпечні технології відкрито-підземної та підземної розробки корисних копалин, особливо в районах, що характеризуються несприятливими умовами для відкритих гірничих робіт.

Таким чином в подальшому відпрацювання родовищ комбінованим способом дозволяє знизити рівень екологічних збитків від відкритих гірничих робіт з одночасним підвищенням ефективності підземних робіт.

Напрямок подальших досліджень полягає у економічному обґрунтуванні застосування комбінованої відкрито-підземної розробки родовищ корисних копалин.

Список літератури

1. Pysmennyi, S., Chukharev, S., Kyelgyenbai, K., Mutambo, V., Matsui, A. (2022). Iron ore underground mining under the internal overburden dump at the PJSC «Northern GZK». IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1049(1), 012008. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1049/1/012008>.
2. Удосконалення спільної (відкритої-підземної) розробки рудних родовищ: Збірник тез доповідей науково-технічної конференції. – Кривий Ріг: КГРІ, 1984. – 223 с.
3. Черних А.Д., Калишевський І.А., Маєвський А.М., Гордін Д.В. Параметри комплексної розробки родовищ. – Дніпропетровськ: Січ, 1993. – 318 с.
4. Офіційний сайт компанії «Ask Glencore Canada» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.glencore.ca/en/kidd>.
5. Інтернет-сайт новин гірничодобувної промисловості «Mining-technology.com» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mining-technology.com/projects/kidd_creek/.
6. Інтернет-сайт новин гірничодобувної промисловості «Mining-technology.com» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mining-technology.com/projects/osborne/>.
7. Офіційний сайт компанії «Northparkes» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.northparkes.com/>.
8. Офіційний сайт компанії «PT Freeport Indonesia» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ptfi.co.id/en/grasberg-open-pit-mine>.
9. Rurppa R., Erkkile E Changing at Pihasalmi. «Care Studies of Sur-face Mining». – New York, 1969.
10. Офіційний сайт гірничої енциклопедії «mining-enc» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mining-enc.ru/f/finlyandiya/>.
11. Патент № 33955 А Україна, МКІ E21C 41/06 Спосіб комбінованої розробки крутоспадних родовищ корисних копалин / В.Ф. Бизов, С.О. Сторчак, В.П. Воловик, О.Є. Чередниченко, Ю.І. Ковальов, О.В. Романенко, В.В. Лотоус, В.О. Щелканов, Б.М. Андреев. – Опубл. 15.02.01; Бюл №1; – 2с. іл.
12. Сторчак С.О., Щелканов В.О., Андреев Б.М. Безпечна технологія розробки запасів під бортом кар'єру системами з масовим обваленням / С.О. Сторчак, В.О. Щелканов, Б.М. Андреев. – Охорона праці. – 1995. – № 2. – С. 6-8.
13. Сторчак С.О. Підземні роботи в зоні впливу відкритих / С.О. Сторчак. – Кривий Ріг: АГН УкраїниКТУ, 1997. – 256 с.

14. Андреев Б.М. Геотехнологічні параметри маловитратного підземного рудника в борту діючого кар'єра / Б.М. Андреев // Зб. наук. трудів НГА України № 12, Том 2. – Дніпропетровськ: РІК НГА України, 2001. – С. 115-119.
15. Андреев Б.М., Ошмянський І.Б., Черних О.Д. Відкрито-підземна розробка рудних родовищ. – Техніка, Київ, 2010 р., 520 ст.
16. Короленко М.К., Ступнік М.І., Калініченко В.О. [та ін.]. Розширення сировинної бази підземного Кривбасу за рахунок залучення до видобутку магнетитових кварцитів. – Кривий Ріг: Діоніс, 2012. 284 с.
17. Олійник Т.А. Підвищення якості бідних кускових руд шахтного видобутку Кривбасу методом відсадження / Т.А. Олійник, Л.В. Скляр // Збагачення корисних копалин. – Дніпропетровськ: НГУ, 2013. – Вип. 53 (94).

Рукопис подано до редакції 15.03.24

УДК 004.94

В.А. ШИМКО, ст. викладач
Криворізький національний університет
О.О. СЛІПІЧ, канд.техн.наук, директор
ТОВ «Індастріал Констракшн Груп»

ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ ТА VR-ТЕХНОЛОГІЙ В АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНОМУ ПРОЕКТУВАННІ ТА БУДІВНИЦТВІ

Мета. Метою даної роботи є визначення сучасних засобів цифрової інформації та моделювання, що дозволять більш ефективно співпрацювати фахівцям різних напрямків на різних етапах архітектурно-будівельного проектування та безпосередньо під час будівництва об'єкту.

Методи дослідження. При виконанні даної роботи були використані систематизація, структурний та порівняльний аналіз, теоретичне узагальнення даних, отриманих при детальному аналізі літературних, статистичних джерел та інтернет-ресурсів, натурних обстеженнях об'єктів. При натурних обстеженнях застосовані методи фотофіксації.

Наукова новизна. Архітектурно-будівельне проектування та будівництво в цілому передбачає тісну співпрацю великої кількості учасників між собою: проектувальників, будівельників-підрядників, замовників, інспекторів різних служб та відомств тощо. Саме тому актуальним завданням, вирішення якого стане суттєве покращення взаємодії цих фахівців, є використання цифрових інноваційних засобів та VR-технологій в процесі архітектурно-будівельного проектування та будівництва.

Практична значимість. Досвід архітектурно-будівельного проектування та будівництва різних об'єктів показує, що використання сучасних інноваційних цифрових засобів та технологій є ефективною технічною допомогою фахівцям, як в процесі створення нових об'єктів, так і під час їх реконструкції, а також сприяє значному зменшенню інженерних помилок та колізій в цих процесах. Результати роботи можуть бути широко впроваджені на різних етапах архітектурно-будівельного проектування та під час будівництва.

Результати. Проаналізовано сучасний стан та основні напрямки вдосконалення архітектурно-будівельного проектування та будівництва з активним застосуванням інноваційних цифрових технологій. Показані переваги та недоліки використання різних видів цифрових платформ та програмних комплексів для покращення взаємодії всіх учасників процесу проектування та будівництва. Визначені напрямки співпраці проектувальників та IT-фахівців по створенню більш ефективного програмного застосунку (додатку) VR-туру, розрахованого на багато користувачів.

Ключові слова: архітектурно-будівельне проектування, BIM-технології, VR-технології, розрахований на багато користувачів VR-тур, Unreal Engine, Pixel Streaming, кросплатформність.

doi: 10.31721/2306-5435-2024-1-112-110-114

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Архітектурно-будівельне проектування, як специфічний та достатньо консервативний вид діяльності, має високий рівень трудовитратності, що значно впливає на терміни виконання проектів. Також при створенні проектної документації на різних стадіях залучається багато інженерів-фахівців відповідно до необхідних розділів проекту і дії яких повинні постійно узгоджуватися між собою і всю відповідальність за це несе головний архітектор(інженер) проекту. В подальшому вже на етапі будівництва об'єкта виникають проблеми постійних змін, коригування та узгодження нових проектних рішень між проектувальником, замовником та підрядником, що також суттєво впливає на терміни будівництва в цілому.

Насьогодні поява на ринку інноваційних цифрових технологій, зокрема BIM-технологій, дозволяє кардинально змінити підходи та старі технології створення проектної документації на більш сучасні та динамічні. Створення цифрової моделі майбутнього об'єкту в 3D-вимірі та в