

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ТРАНСФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ВУГІЛЬНОЇ ШАХТИ, ЩО ЛІКВИДУЄТЬСЯ, У ЦЕНТР ОБРОБКИ ДАНИХ (ДАТА-ЦЕНТР)

**¹Булат А.Ф., ²Савицький М.В., ¹Бунько Т.В., ²Бєліков А.С., ¹Кокоулін І.Є.,
²Папірник Р.Б.**

¹Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, ²Придніпровська державна академія будівництва і архітектури МОН України

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ТРАНСФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ЛИКВИДИРУЕМОЙ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ В ЦЕНТР ОБРАБОТКИ ДАННЫХ (ДАТА-ЦЕНТР)

**¹Булат А.Ф., ²Савицкий М.В., ¹Бунько Т.В., ²Беликов А.С., ¹Кокоулин И.Е.,
²Папирнык Р.Б.**

¹Інститут геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины, ²Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры МОН Украины

ESTIMATION OF A POSSIBILITY TO TRANSFORM A TECHNOLOGICAL COMPLEX OF THE LIQUIDATED COAL MINE INTO THE DATA PROCESSING CENTER (DATA-CENTER)

**¹Bulat A.F., ²Savytskyi M.V., ¹Bunko T.V., ²Belikov A.S., ¹Kokoulin I.Ye.,
²Papirnyk R.B.**

¹Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poliakov of National Academy of Sciences of Ukraine, ² Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture MES of Ukraine

Анотація. Нагальною необхідністю розвитку суспільства нині є засвоєння необхідних знань, організація збереження, обробки і використання інформації. З цією метою створюються інформаційні дата-центри, які забезпечують вирішення цих задач у різних масштабах – від загальнодержавного до індивідуального. Відповідно до цього змінюється і розташування, обсяги і швидкість роботи дата-центрів. Дата-центр – досить витратне підприємство, побудова його «з нуля» потребує значних матеріальних вкладень і людських ресурсів. Тому сучасні дослідження спрямовані на повторне використання площ і будівель підприємств і організацій, які застаріли, вичерпали ресурс але, внаслідок прийнятної зношеності, можуть бути трансформовані у інноваційні підприємства. В Україні планується закриття ряду вугільних шахт, внаслідок чого вивільниться значна кількість промислових площ, придатних для реноваційного використання. Організація дата-центру на основі існуючої бази вугільної шахти, що ліквідується – цілком можлива і доцільна, відомості щодо цього наведено у статті. Існують приклади (наприклад, найбільший у Європі дата-центр Lefdal Mine Datacenter у Норвегії) створення дата-центрів на базі ліквідованих промислових підприємств, які задовольняли вимогам міжнародного стандарту ANSI/TIA/EIA-942 за умови відповідної адаптації і доопрацювань. В Україні теж існують аналогічні розробки (наприклад, дата-центр United DC), які можуть бути ефективно включені до інфраструктури промислового підприємства, що підлягає ліквідації. У статті доведено, що сучасні вугільні шахти (зокрема їх технологічний комплекс поверхні) значною мірою придатні для трансформації у дата-центр внаслідок забезпеченості інженерною і транспортною інфраструктурою, вигідним розташуванням і необхідним захистом. Наведено відомості щодо структури дата-центру, аудиту технологічного комплексу поверхні з метою визначення «вузьких місць» (невідповідності вимогам стандарту ANSI/TIA/EIA-942), передумов створення дата-центру на його основі, принципів розрахунку ступеню зношеності будівель і площ, необхідних для розміщення дата-центру.

Ключові слова: вугільна шахта, технологічний комплекс поверхні, дата-центр, мономісто, трансформація

За прогнозами світових аналітичних компаній Seagate і ADC, до 2025 року глобальний обсяг даних досягне 163 зетабайта (зетабайт - 10^{21} , абе секстиліон байтів), збільшившись у 10 разів у порівнянні з 2016 роком. Близько 60% інформації у світі будуть генерувати комерційні підприємства.

Ці цифри свідчать про нагальну необхідність зростання індустрії комерційних дата-центрів – адже величезні обсяги інформації необхідно десь зберігати. Якщо раніше крупні компанії віддавали перевагу побудові власних центрів обробки даних, то останніми роками все більше використовується аутсорс – розміщення серверів у дата-центрах та/або користування їх хмарними рішеннями.

Дата-центр – це спеціалізована будівля і допоміжні споруди для розміщення серверного і мережного обладнання, а також підключення абонентів до мережі INTERNET. Дата-центр виконує функції обробки, зберігання і розповсюдження інформації.

Сучасний дата-центр схематично представлено на рис. 1. «i» у кружечках – місця зберігання, передачі і обробки інформації.

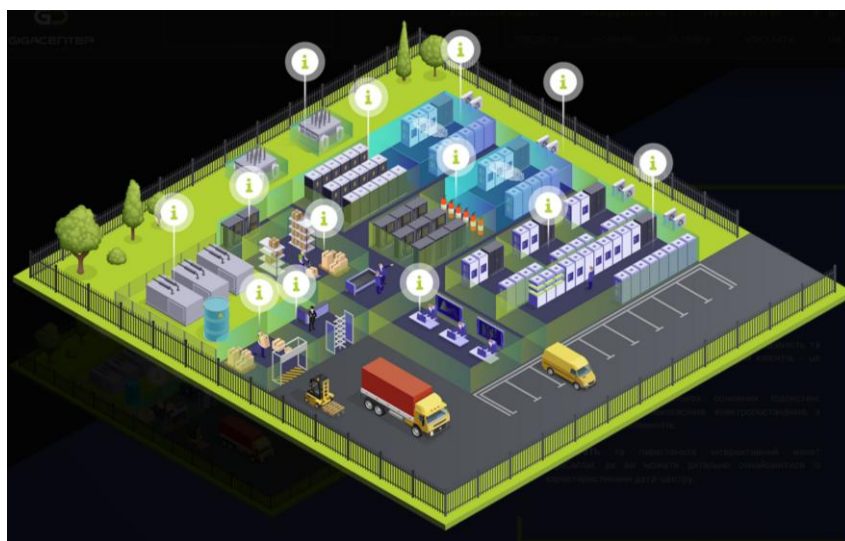


Рисунок 1 – Сучасний дата-центр

На першому етапі розвитку підприємства і організації традиційно розташовували свої інформаційні ресурси у навіть не завжди пристосованих для цього приміщеннях; необхідно було лише задовольняти вимоги до розміщення електронно-обчислювальної техніки. Такі інформаційні бази внаслідок невеликих обсягів і слабкого інтерфейсу не могли задовольнити зростаючі потреби і масштаби виконання довідкових, інформаційних і розрахункових робіт. Виникла необхідність створення більших, інтегрованих і спеціалізованих центрів зберігання і обробки інформації (які потім і отримали назву дата-центрів) і створення відповідних спеціальних будівель і споруд для їх розміщення.

Основне визначення не дає повного уявлення щодо сфери діяльності дата-центрів – адже це не тільки сховища інформації і засоби її обробки. Більш докладно призначення дата-центрів ілюструє рис. 2.

Аналізуючи рисунок, можна зробити висновок щодо можливості використання дата-центру як у різних галузях промисловості, науки, комерції, для державних, оборонних, банківських потреб, так і у приватній діяльності окремої людини.

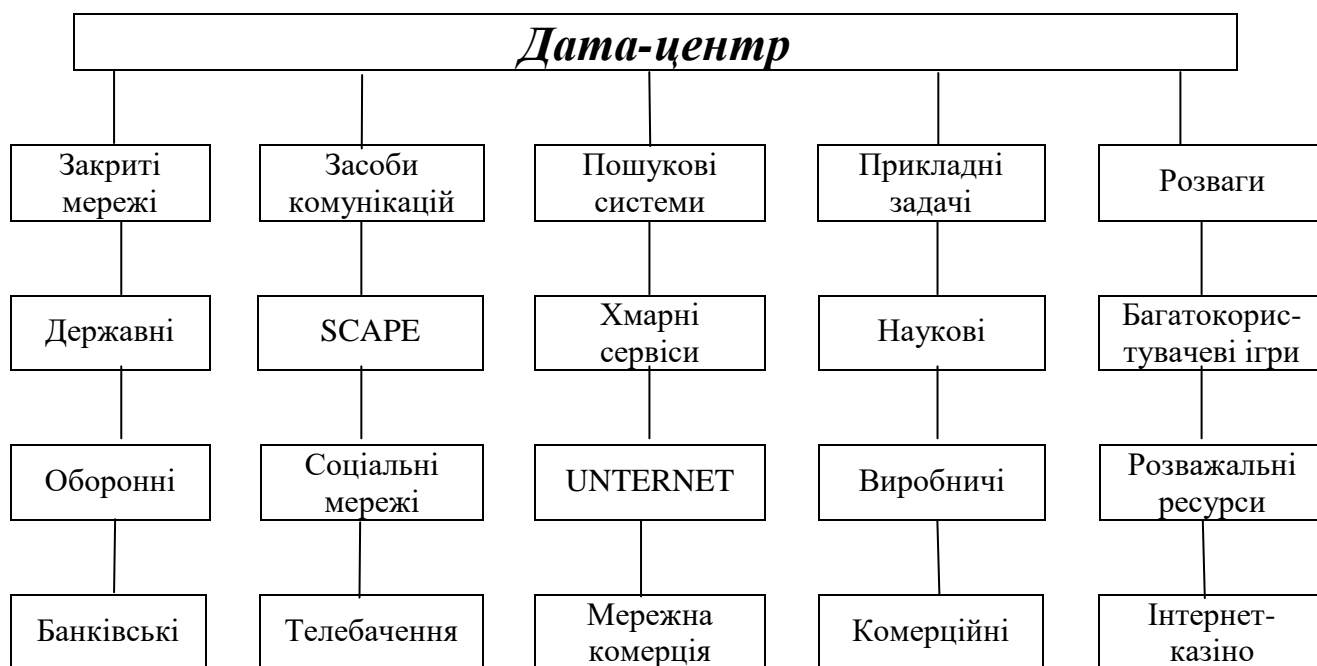


Рисунок 2 – Можливі сфери використання дата-центру

Тобто дата-центри можуть бути різних розмірів, ємкості, призначення; відповідно різними мають бути і підходи до їх проектування і створення.

Україна приступила до створення системи власних дата-центрів відносно недавно, пізніше за інші розвинені країни світу, однак досягла у цій галузі певних успіхів [3]. Користувачам відомі більш ніж 30 великих дата-центрів, серед яких Mirohost.net, який обслуговує 13,42% українського ринку ІТ-послуг, Freehost.com.ua (4,1%), Fornex.com, що має європейську ліцензію. До першої шістки «ключових гравців» ринку дата-центрів України входять DeNovo, Be Mobile, G 50, GigaCenter, «Воля» і «Парковий». Обсяги українського ринку комерційних послуг дата-центрів України представлено на рис. 3.

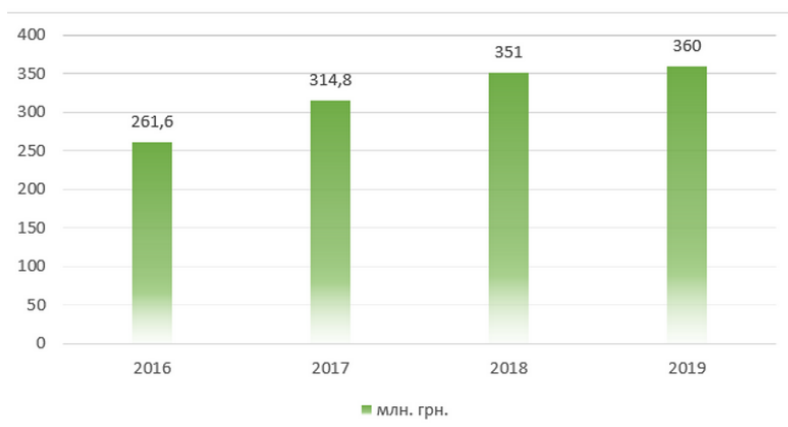


Рисунок 3 – Обсяги українського ринку комерційних послуг дата-центрів України

Звичайно, на тлі світових показників цифри скромні, але для вітчизняних потреб, за даними аналітиків Cozonova.net, наявних потужностей вистачає. Причому на внутрішньому ринку комерційних дата-центрів лідирують українські оператори (іноземні провайдери – менш ніж 10%).

Однак є кілька питань, які повинно вирішити під час проектування і будівництва дата-центрів в Україні:

а) існуючі дата-центри орієнтовано на обслуговування крупних споживачів, розташовані регіонально і потребують додаткових робіт з узгодження і витрат щодо організації їх використання;

б) недостатньо організовано можливість користування індивідуальними користувачами послугами дата-центру. Необхідно приділити увагу створенню місцевих (з можливістю розширення до регіональних) дата-центрів, які сприяли б залученню до використання ІТ-технологій широких верств працівників і населення системи «вугільна шахта – мономісто – прилеглі території».

Прикладом серійного дата-центру українського виробництва, який може бути використаний для розміщення ІТ-інфраструктури будь-якого підприємства або приватних ресурсів може бути дата-центр United DC (рис. 4). Внаслідок модульної структури він може бути розміщений на трансформованій території ліквідованого підприємства.



Рисунок 4 – Загальний вигляд українського дата-центру United DC

Дата-центри історично створювались за відсутності явно встановлених стандартів. Існуючий стандарт СН 512-78 «Инструкция по проектированию зданий и помещений для электронно-вычислительных машин» [1] (в Україні нині не діє) регламентував розміщення так званих «великих машин», що були основними на той час, і не може використовуватись за умов впровадження нинішніх ІТ-технологій.

У 2005 році було випущено міжнародний стандарт ANSI/TIA/EIA-942 [2] – основний нормативний документ щодо створення дата-центру.

Існуючі крім цього стандарту документи (відносно реконструкції промислових підприємств – СНиП 3.01.01-85, СП 13.102.2003, СН РК 1.04-26-2011, ВСН 58.88, МДС 13.14.2000, ВСН 53-86(р) тощо; відносно проектування дата-центрів – СН 512-78 (в Україні скасований без заміни), СНиП 2.08.02-89, СНиП 2.09.02-85, СНиП 2.09.04-87, тощо) у більшості випадків носять рекомендаційний характер. Існуюча нормативно-правова база країн СНД, що

має відношення до побудови подібних споруд, була орієнтована переважно на обчислювальні центри принципово іншого, ніж нинішні дата-центри, і до нинішнього часу технологічно і морально застарілого типу, однак багато елементів, що їх складають, є прийнятними для виконання завдань сучасних проектувальників.

Визначені стандартом ANSI/TIA/EIA-942 основні складові дата-центру представлено на рис. 5.



Рисунок 5 - Структура дата-центру

Організація дата-центрів і створення приміщень для їх ефективного функціонування можливе за трьома наступними варіантами:

а) унікальне проектування будівель нового типу. Сучасні дата-центри значно відрізняються один від одного розмірами і ємністю, тому для створення деяких з них з можливим розширенням непридатні ні пристосованість до існуючих будівель, ні використання типових проектів. Хоча такий підхід вимагає значних витрат, у одиничних випадках він є прийнятним;

б) типізація, тобто створення за відповідними ГОСТами типового проекту. Підхід може застосовуватись для створення нового дата-центру (не унікального) на території, де немає придатних для його організації будівель і споруд;

в) реконструкція цивільних об'єктів з адаптацією або частковою трансформацією структури і обладнання будівлі.

За умови відповідної пристосованості інженерного обладнання будівлі до нових умов використання варіант в) – найдешевший для створення дата-центру невеликого обсягу. Тому з метою економії коштів на спорудження і обладнання дата-центри все частіше стають об'єктами, що створюються внаслідок трансформації як суспільних, так і промислових будівель і споруд (звичайно, якщо до створюваних дата-центрів не висуваються вимоги, які передбачають спеціальне проектування).

Промислове підприємство, яке вже недоцільно використовувати за колишнім призначенням, дає можливість використовувати готову інфраструктуру, матеріальні і трудові ресурси, і гарантує більшу віддачу від інвестицій порівняно зі зведенням нових об'єктів, сприяє оживленню депресивних регіонів. Відзнакою нинішнього етапу вуглевидобутку стало закриття великої кількості вугільних шахт України [4,5,8]. Планується закриття шахт і у Західному Донбасі. Шахти Придніпров'я достатньо молоді, шахтний фонд у багатьох випадках не є застарілим, тому актуальним є питання використання його під час диверсифікації системи «вугільна шахта – мономісто – прилеглі території».

Технологічний комплекс поверхні вугільної шахти (ТКП) – це сукупність будівель і споруд, що забезпечують функціонування її підземної частини, а також складування і відправку видобутого вугілля [6,7]. Його зображено на рис. 6.



Рисунок 6 – ТКП вугільної шахти

ТПК, у разі закриття шахти, здатний вивільнити значні площі різноманітних приміщень, обладнаних у інженерному плані, придатних для використання створюваними у період диверсифікації системи «вугільна шахта – мономісто» новими підприємствами і організаціями. Одним з варіантів такого повторного використання може стати створення на базі ТПК вугільної шахти дата-центру системи «вугільна шахта – мономісто – прилеглі території», який може стати, за умови достатньої потужності, інформаційним центром регіонального масштабу. Будівлі і споруди ТПК під час ліквідації шахти залишаються неторканими, і за умови доброї збереженості можуть бути цінними і

перспективними об'єктами, диверсифікація яких – один з найкоротших і ефективних шляхів раціонального використання внутрішніх резервів.

У основу вивчення можливості створення дата-центру на базі ТКП вугільної шахти, що підлягає ліквідації, може бути покладено визначення ступеню відповідності існуючого інженерно-технічного забезпечення ТКП вимогам до створення дата-центру, регламентованим стандартом ANSI/TIA/EIA-942, а у разі знаходження невідповідностей – оцінка можливостей, доцільності і вартості їх усунення.

Світовий досвід свідчить, що єдиний підхід до створення дата-центрів неможливий: надто різні умови його побудови і використання (ландшафтні, технологічні, гідрогеологічні, кліматичні тощо). Тому під час проектування дата-центрів з урахуванням ефективності їх експлуатації, використовуються різні прийоми і будівельно-технічні реалізації.

Якщо є можливість – у світі будуються дата-центри у вже готових місцях, що значно дешевше. Приклад використання з цією метою підземної порожнини закритої шахти (у м. Молей, Західна Норвегія) наведено на рис. 7. Цей дата центр Lefdal Mine Datacenter, розташований як під землею, так і на поверхні шахти, є найбільшим у Європі.



Рисунок 7 – Дата-центр Lefdal Mine Datacenter

Дата-центр розташований на 6 рівнях, на яких розміщується 75 підземних машинних залів. Площа об'єкту – більш ніж 120000 кв. метрів, сукупна потужність – 200МВт

Усі рівні з'єднуються спіральною дорогою довжиною 1300м., висота тунелів 8,5 метрів. Кожен рівень з'єднується з дорогою тунелями. Рівні представлені галереями довжиною 100м, висота – 11-18 м.

У галереях, згідно ANSI/TIA/EIA-942, розміщено клієнтські стояки, сервери і інше обладнання у контейнерах з обох сторін. Контейнери з обладнанням є автономними модулями.

Структура споруди дозволяє розташувати контейнери різної форми і розміру. Щоб додати модуль-контейнер, необхідно підключити його до системи комунікацій, охолодження і енергопостачання, що здійснюється достатньо швидко у порівнянні з підключенням звичайних стояків у дата-центрі. Частина площ відведена для розміщення звичних монтажних стояків для клієнтів, що бажають працювати за звичними схемами.

У шахті залишилась і робоча система водопостачання, вода забирається з ближчого фіорду і завжди прохолодна. У місті є оптоволоконні мережі. Lefdal Mine Datacenter розташований нижче рівня моря, тому для подачі води не потрібно використовувати дороге обладнання, насоси і трубопроводи.

У радіусі 50 км від дата-центру розташовано 4 ГЕС загальною потужністю 300МВт, рівень цін на електроенергію один з найнижчих у Європі. Центр є одним з найенергоєфективніших і екологічно чистих у Європі за рахунок використання виключно відновлюваних джерел енергії, коефіцієнт використання енергії (PUE) складає менш ніж 1,15.

Скелі, що оточують дата-центр, слугують природним захистом від електромагнітного випромінювання. Наявність лише двох входів спрощує контроль доступу, забезпечено цілодобову охорону. Таким чином, дата-центр відповідає усім вимогам стандарту ANSI/TIA/EIA-942 і нормативу Tier-III (обслуговування дата-центру без його зупинення, заявляє надійність інфраструктури 99,982% і припускає річний простій у 1,6 години).

Цей приклад, звичайно, не є характерним для України, де ІТ-технології ще недостатньо розвинені (об'єкти з Tier-III начебто є, але не сертифіковані за світовими нормативами). Однак досвід трансформації існуючого технологічного об'єкту і створення на його основі нового, інноваційного, може стати придатним для вугільної промисловості України, шахти якої значною мірою відповідають вимогам стандарту ANSI/TIA/EIA-942: необхідно лише оцінити обсяги необхідних доопрацювань і доцільність проведення трансформаційних робіт.

Аналіз складових ТКП українських шахт, що підлягають ліквідації, і їх аналіз свідчать про наступне.

До компонентів шахтної промзони, придатних до трансформації для роботи дата-центрів відповідно стандарту ANSI/TIA/EIA-942, можна віднести наземні шахтні виробничі комплекси, що мають велику територію, нерідко у межах мономіста, що дає можливість просторого розміщення регіонального дата-центру і його розвитку у перспективі.

Інженерна інфраструктура шахтного ТКП цілком задовольняє можливість поетапного масштабування ІТ-підприємства на довгий період. За умови відповідної реконструкції вона може забезпечити повну фізичну безпеку обладнання з розміщеною на ньому інформацією (захист від пожежі, затоплення, електромагнітного випромінювання, несанкціонованого доступу, вандалізму, пилу, диму, тощо).

Потужну систему вентиляції можна адаптувати для охолодження обладнання дата-центру. З цією ж метою може бути використано систему компресорів і охолоджувальних пристроїв. У будівлях калориферів є обладнання, призначене для підігрівання холодного повітря, яке подається до шахти. Воно може використовуватись для часткового підігрівання повітря у холодний період року. Багато шахтних виробничих комплексів мають власні водойми (відстійники, джерелом яких є ґрунтові води) або розташовані поблизу існуючих природних водоймищ, воду з яких можна використовувати у системах охолодження, де не пред'являються високі вимоги до її якості.

На випадок надто низьких температур навколишнього атмосферного повітря можуть бути використані котельні, які, як правило, розташовуються у окремо стоячих будівлях.

Оскільки стабільне і потужне енергопостачання – один з ключових моментів, що забезпечують надійність функціонування дата-центрів (загальні енергопотреби – не менш ніж 300 кВт, напруга живлення 220/380 В), важливим є те, що під час будівництва шахт використовується не менш ніж два ланцюги повітряних ліній, розрахованих на вітрові і ожеледні навантаження. Кабельні лінії, що йдуть від різних джерел, прокладено окремими трасами. Секції шин отримують живлення від незалежних джерел. На промайдан-чиках шахт розташовані і електропідстанції – переважно будівлі закритого типу у вигляді окремих будинків або секцій.

Будівлі, що стоять на території шахтного двору окремо, за своїм минулим призначенням непотрібні для роботи дата-центру (наприклад, склади сипучих, закладних кріпильних матеріалів тощо), можуть бути використані для зберігання обладнання, що забезпечує безперебійне живлення – генераторів, акумуляторних батарей. Є і готові приміщення для зберігання оперативного запасу палива для них.

Для безперебійного електропостачання дата-центру і зниження енергетичної залежності можуть бути використані сонячні батареї, які зручно розташувати на териконах. На шахтній території розташовані високі копри, на яких зручно встановити телекомунікаційну апаратуру і системи відеонагляду. Є можливість розміщення акумуляторного господарства у гірничих виробках (які знаходяться на вищих горизонтах і можуть біти виключені з процесу затоплення), що за рахунок постійної температури і вологості у них може продовжити строки їх експлуатації. Економічно доцільним може стати використання шахтного метану для живлення автономної електростанції.

Під машинний зал доцільно переобладнати адміністративно-побутовий комбінат шахти. Його площа достатня для розміщення крупного ІТ-підприємства (площа під одну ІТ-шафу, згідно вимогам стандарту ANSI/TIA/EIA-942, звичайно складає 2,7 м²), висота стелі не менше 4,5 м, максимально припустиме навантаження на перекриття – 1200 кг/м². Ці приміщення звичайно мають по периметру капітальні стіни, переділи і перекриття, тобто виконані з повнотілої цегляної або камінної кладки завтовшки не менш ніж 500 мм, бетонних

стінових блоків або залізобетонних панелей завтовшки не менш ніж 180 мм. Перед цією будівлею звичайно є простір для паркування транспорту.

Оскільки згідно нормативних вимог усі шахтні двори мають огорожену санітарно-захисну зону, її можна задіяти для забезпечення безпеки дата-центру. У містобудівному аспекті передбачено їх близькість до пункту пожежогашіння або якогось об'єкту МНС.

Неабияким чинником є і те, що шахтні виробничі комплекси мають під'їзні шляхи у вигляді автодоріг з твердим покриттям, інтегрованих до структури транспортної мережі району розміщення.

Можна зробити висновок, що шахти які підлягатимуть закриттю, мають достатній ресурс для створення на базі своїх ТПК дата-центрів [10]. Передумови створення таких дата-центрів зведено до табл. 1.

Таблиця 1 - Передумови створення дата-центрів на базі ТПК вугільних шахт

Рівень	Що пропонує шахта	Що отримує дата-центр
Функціонально-технологічний	- використання вторинних ресурсів; - джерела води; - підготовлений проммайданчик; - інженерні комунікації	Інтеграцію до промислових будівель за умови відповідності критеріям безпеки і наявності технологічного забезпечення (електроживлення, охолодження тощо)
Природно-географічний	- ситуація, що виключає містобудівну маневреність; - зниження гідродинамічного наванження, підтримка шахти у без аварійному стані, моніторинг виділення метану; - містобудівний аспект, вдосконалення планувальної структури	Відповідність критеріям безпеки
Економічний	Зниження виробничої деградації, підтримка збиткового підприємства, фінансування ліквідації, реструктуризації і закриття вугільної шахти	Здешевлення будівництва за рахунок економії на прокладення інженерних мереж і використання підготовленого проммайданчика
Соціальний	Створення робочих місць, укріплення інфраструктури мономіста і приліглих територій	Пошук, навчання висококваліфікованих робітників
Геополітичний	Підвищення статусу регіону	Правове регулювання, захист інформації

Аналіз досвіду створення дата-центрів методом трансформації промислових об'єктів свідчить про те, що технології їх проектування і будівництва вельми різноманітні, постійно вдосконалюються, а також мають невирішені проблеми. Найбільш актуальними з них залишаються питання високої вартості землі (для використання земель ліквідуємих підприємств неактуально), підвищена щільність забудови (спірний момент), необхідність забезпечення безпеки, складність, а іноді і неможливість забезпечити стабільне

енергопостачання, важкість забезпечення ефективного охолодження енергоємного обладнання. Все це призводить до того, що у структурі системи «вугільна шахта – мономісто» вимушено розміщуються проєктовані дата-центри малої потужності (саме такі і доцільно розміщувати на території і з використання ТПК шахти і використовувати для потреб місцевих громад і мешканців мономіста і прилеглих територій). Звичайно, в якості найбільш придатних для трансформації перш за все вибираються об'єкти, які знаходяться у доброму загальному стані, відповідають критеріям безпечного розміщення дата-центрів, мають фізичні характеристики, що відповідають вимогам розміщення технологічного обладнання згідно стандарту ANSI/TIA/EIA-942, та потужні підведені електромережі.

У випадку функціонально-конструктивної трансформації з переходом нової функції від шахти до дата-центру виникає нова зона – зона, що не підлягає зміні функції. Вона призначена для обслуговування підземного комплексу, що залишається, у безаварійному стані, а можливо, у перспективі, - і для використання дата-центром у разі його розширення. Щоправда, перехід частини дата-центру під землю потребує додаткових досліджень, однак світові аналоги, хоча і витратні, існують.

Анкети для збирання даних про шахту, що ліквідується, з метою використання її ТКП для розміщення дата-центру, включають відповіді на запитання, чи придатні для цього:

- а) існуючий проммайdanчик (згідно будівельних вимог);
- б) електропостачання;
- в) ємності для зберігання палива;
- г) водойми на території;
- д) ТЕС на прилеглий території;
- е) існуючі комунікації (водопостачання, каналізація);
- ж) АПК з прийнятим ступенем фізичного і морального зношення;
- і) допоміжні будівлі і споруди з прийнятим ступенем фізичного і морального зношення;
- к) територія, що охороняється;
- л) наявні породні відвали;

і чи сприятливі параметри території для розміщення дата-центру.

Під час вибору місця розташування дата-центру необхідно враховувати:

- а) наявність кількох під'їзних доріг;
- б) віддаленість від крупних автомагістралей і залізничних колій з метою уникнення додаткових вібраційних навантажень на обладнання;
- в) віддаленість від місць скупчення людей;
- г) віддаленість від потенційно небезпечних виробництв;
- д) доступність до об'єкту екстрених служб.

Пошук раціональних місць розташування дата-центрів на базі ТКП вугільних шахт необхідно виконувати у наступній послідовності:

- а) виявляються безпечні місця для організації дата-центру: аналізуються ризики негативного природно-кліматичного впливу, аномального магнітного

випромінювання, паводків і підтоплення територій, сильних поривів вітру і гроз;

б) виявляються місця підключення до мережі ІНТЕРНЕТ або умови для створення замкненої внутрішньої мережі, райони з розміщенням крупних електростанцій, траси авіасполучень;

в) виявляються ділянки, вільні від забудови і такі, що відповідають вимогам розміщення промислових підприємств, їх площа, наявність двох гілок електропостачання;

г) визначаються можливі параметри дата-центру згідно розміщенню у структурі забудови і існуючих проммайданчиків;

д) проводиться економічний аналіз. Приймається рішення щодо:

1) нового будівництва на території ТКП шахти, що ліквідується;

2) трансформації промислового підприємства з метою розміщення дата-центру;

3) адаптації ТКП з розміщенням дата-центру;

4) ущільнення забудови для розміщення дата-центру у структурі підприємства;

5) порівняльного економічного аналізу розміщення дата-центру.

На основі досліджень можна пропонувати такі типи зон, перспективних для розміщення дата-центрів (за цими показниками можна робити висновки, чи придатний ТПК шахти, що ліквідується, до трансформації під дата-центр):

1 тип – характеризується наявністю оптоволоконного з'єднання, виходом до ІНТЕРНЕТУ (2-3 лінії з точками їх перенаправлення), наявністю електростанції у радіусі 5-15 км, груп проммайданчиків, придатних для об'єднання у загальну мережу і відповідний природно-кліматичним критеріям безпеки.

2 тип – вихід до ІНТЕРНЕТУ – одна лінія (тупикова), електростанція у радіусі 15-40 км, наявні групи проммайданчиків, придатних для об'єднання у загальну мережу і відповідний природно-кліматичним критеріям безпеки.

3 тип – характеризується наявністю оптоволоконного з'єднання з виходом до ІНТЕРНЕТУ, наявністю електростанції у радіусі 15-40 км, груп проммайданчиків, придатних для об'єднання у загальну мережу і відповідний природно-кліматичним критеріям безпеки.

4 тип – характеризується наявністю груп проммайданчиків, придатних для об'єднання у загальну мережу і відповідний природно-кліматичним критеріям безпеки, необхідністю прокладання оптоволоконного з'єднання, рішення проблеми електропостачання альтернативними способами (сонячні батареї, вітроелектроенергія). Цей тип забезпечує роботу середніх і малих дата-центрів 2-3 класу відмовостійкості. Мабуть, це і відповідає критеріям створення дата-центру на базі ТПК шахти, що ліквідується.

Адаптація існуючих на ТКП будівель до умов використання під час трансформації для створення дата-центру може проводитись із визначенням фізичного і морального зношення будівель і споруд Φ з, і виконується згідно методики ВСН 53-86 (р) [9] за формулою

$$\Phi_3 = \sum_{i=1}^n \Phi_{ki} \cdot l_i,$$

де Φ_i – фізичне зношення будови, %; Φ_{ki} – фізичне зношення окремої конструкції, елементу або системи, %; l_i – коефіцієнт, що відповідає долі відновлювальної вартості окремої конструкції, елементу або системи у загальній відновлювальній вартості будівлі; n – кількість окремих конструкцій, елементів або систем у будівлі.

Алгоритм трансформації вугільних підприємств з розміщенням дата-центру представлено на рис. 8.



Рисунок 8 - Алгоритм трансформації вугільних підприємств з розміщенням дата-центрів

Існує кілька формул для розрахунку площі ділянки під дата-центр. Якщо має місце нове капітальне будівництво, а вугільна шахта ліквідована, закрита і пройшла усі стадії реструктуризації, рекомендована площа ділянки складає

$$S_{\text{дата-центр}} = S_{\text{ш}} - S_{\text{відвалу}} - S_{\text{н.о.}}$$

За умови трансформації з частковим знесенням під дата-центр і трансформації методами адаптації і ущільнення забудови на базі ТКП вугільної шахти рекомендується площа ділянки, яка знаходиться у процесі реструктуризації, консервації, ліквідації, обчислюється за формулою

$$S_{\text{дата-центр}} = S_{\text{ш}} - S_{\text{відвалу}} - S_{\text{б.ф.з.}} - \frac{\sum S_{\text{б.с.н.}}}{K_{\text{мін.з.}}} - S_{\text{н.о.}}$$

де $S_{\text{дата-центр}}$ – площа ділянки під будівництво (трансформацію) дата-центру; $S_{\text{ш}}$ – площа ТКП вугільної шахти; $S_{\text{відвалу}}$ – площа зони зсуву відвалу (для ТКП шахти, що знаходиться безпосередньо біля відвалу); $S_{\text{н.о.}}$ – площа зони планувальних обмежень (за наявності); $S_{\text{б.ф.з.}}$ – площа будівель з фізичним зношенням, визначається після обстеження стану існуючих конструкцій з виявленням ступеню їх фізичного зношення і визначенням складу конструктивних м'яких і їх підсилення, якщо вони не задовольняють вимогам з міцності і жорсткості і підлягають знесенню; $S_{\text{б.с.н.}}$ – площа будівель, що забезпечують безаварійний стан вугільного підприємства; $K_{\text{мін.з.}}$ – коефіцієнт мінімальної забудови (для вугільних шахт без збагачувальних фабрик дорівнює 0,28).

Висновки

1. Одним з першочергових завдань інноваційних змін у вдосконаленні інформаційного забезпечення працівників і населення України є створення сучасних і доступних дата-центрів. Спорудження і обладнання їх є досить витратним, тому необхідним є пошук методів і способів трансформації існуючих технологічних комплексів, які втратили свою актуальність і працездатність, на більш сучасні і наукоємні з додержанням вимог міжнародних стандартів.

2. Технологічний комплекс поверхні вугільної шахти, що ліквідується, складається з великої кількості споруд і приміщень, які, за умови припустимої зношеності, придатні для повторного використання, зокрема розташування інноваційних ІТ-підприємств.

3. Вугільна шахта має добре організовані системи електро-, водо- і теплопостачання, вентиляції, кондиціонування, ремонтну базу, шляхову інфраструктуру, кабельні мережі зв'язку, які можуть бути ефективно використані під час трансформації шахти на сучасний дата-центр за умови додержання вимог міжнародного стандарту ANSI/TIA/EIA-942, або можливості відхилень від нього у процесі трансформації.

3. Повторне використання виробничих і архітектурних фондів дозволить здешевити будівництво, створити нові робочі місця і диверсифікувати систему «вугільна шахта – мономісто - прилеглі території», сприятиме вирішенню соціальних проблем населення, дасть певний економічний ефект.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. СН 512-78 Инструкция по проектированию зданий и помещений для электронно-вычислительных машин: нормативный документ, утвержденный постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 22 декабря 1978 г. № 244. М.: Стройиздат, 1979. 23с.
2. ANSI/TIA/EIA-942. Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers. 2005. 148h.
3. Кириллов И. Украинский рынок коммерческих ЦОД: в поисках новых возможностей // Сети & бизнес. 2015. № 3.
4. Сименко И.П., Панишко А.И. Проблемы ликвидации предприятий угольной промышленности и пути их решения // Уголь Украины. 2009. № 12. С. 3-5.
5. Гадецкий В.Г. Сущность и аспекты реструктуризации предприятий угольной промышленности Украины // Научные труды ДонНТУ. 2006. С. 195-201.
6. Максимов А.П. Горнотехнические здания и сооружения. М.: 1984.
7. Костов К. Типология промышленных зданий. М.: Стройиздат, 1987. 208с.
8. Ворхлик И.Г., Стрельников В.И., Ярембаш И.Ф. Технология закрытия (ликвидации) угольных шахт: учеб. Пособие для вузов. Донецк: ДонНТУ, 2004. 238с.

9. ВСН 53-86(р) Правила оценки физического износа жилых зданий. Госстрой России. М.: ФГУП ЦПП, 2007. 80с.

10. Джерелей Д.А., Великохатко С.В. Социально-экономические аспекты реновации угольных предприятий путем размещения центров обработки данных // Экономика строительства и городского хозяйства. 2015. Т.11, №.4. С. 165-171.

REFERENCES

1. USSR State Committee for Construction (1978), *СН 512-78 Инструкция по проектированию зданий и помещений для электронно-вычислительных машин* [BN 512-78 Instructions for the design of buildings and premises for electronic computers], Stroizdat, Moscow, SU.

2. ANSI/TIA/EIA-942. Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers (2005).

3. Kirillov I. (2015), "Ukrainian market of commercial data centers: in search of new opportunities", *Seti & Biznes*, no.3.

4. Simenko I.P and Panishko A.I. (2009), "Problems of liquidation of coal industry enterprises and ways to solve them", *Coal of Ukraine*, no. 12, pp. 3-5.

5. Gadetskiy V.G. (2006), "The essence and aspects of the restructuring of coal industry enterprises in Ukraine", *Scientific works of DonNTU*, pp/ 195-201.

6. Maksimov A.P. (1984), *Gornotekhnicheskiye zdaniya i sooruzheniya* [Mining buildings and structures], Moscow, SU.

7. Kostov K. (1987), *Tipologiya promyshlennykh zdaniy* [Typology of industrial buildings], Striyizdat, Moscow, SU.

8. Vorkhlik I.G., Strelnikov V.I. and Yarembash I.F. (2004), *Tekhnologiya zakrytiya (likvidatsii) ugo'nykh shakht: ucheb. posobiye dlya vuzov* [Technology of closure (liquidation) of coal mines: textbook. University manual], DonNTU, Donetsk, UA.

9. Gosstroy Rossii (2007), *VSN 53-86(r) Pravila otsenki fizicheskogo iznosa zhilykh zdaniy* [VSN 53-86(r) Rules for assessing the physical deterioration of residential buildings], FGUP TsPP, Moscow, RU.

10. Dzhereley D.A. and Velikokhatko S.V. (2015), "Socio-economic aspects of the renovation of coal enterprises through the placement of data processing centers", *Construction and urban economics*, Vol. 11, no. 4, pp. 165-171.

Про авторів

Булат Анатолій Федорович, академік Національної академії наук України, доктор технічних наук, професор, директор інституту, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАНУ), Дніпро, Україна, gtm.bulat@gmail.com

Савицький Микола Васильович, доктор технічних наук, професор, ректор, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» МОН України (ПДАБА), Дніпро, Україна

Бунько Тетяна Вікторівна, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник у відділі проблем розробки родовищ на великих глибинах, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпро, Україна, bunko2017@ukr.net

Беліков Анатолій Серафимович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» МОН України (ПДАБА), Дніпро, Україна, belikov@pgasa.dp.ua

Кокоулін Іван Євгенович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник у відділі проблем розробки родовищ на великих глибинах, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпро, Україна

Папірник Руслан Богданович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технології будівельного виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» МОН України (ПДАБА), Дніпро, Україна, prb@pgasa.dp.ua

About the authors

Bulat Anatolii Fedorovich, Academician of the National Academy of Science of Ukraine, Doctor of Technical Sciences (D. Sc), Professor, Director of the Institute, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poliakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnipro, Ukraine, gtm.bulat@gmail.com

Savytskyi Mykola Vasyliovych, Doctor of Technical Sciences (D.Sc), Professor, Rector, State Higher Educational Institution «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture» MES of Ukraine, Dnipro, Ukraine

Bunko Tetiana Viktorivna, Doctor of Technical Sciences (D.Sc), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of problems of underground mines in great depths, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poliakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NASU), Dnipro, Ukraine, bunko2017@ukr.net

Belikov Anatolii Serafymovych, Doctor of Technical Sciences (D.Sc), Professor, Chief of the Department of safety of vital functions, State Higher Educational Institution «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture» MES of Ukraine, Dnipro, Ukraine, belikov@pgasa.dp.ua

Kokoulin Ivan Yevgenovych, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of problems of underground mines in great depths, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poliakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NASU), Dnipro, Ukraine

Papirnyk Ruslan Bogdanovych, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor of the Department of Building Technology, State Higher Educational Institution «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture» MES of Ukraine, Dnipro, Ukraine, prb@pgasa.dp.ua

Аннотация. Насущной необходимостью развития общества в настоящее время является усвоение необходимых знаний, организация хранения, обработки и использования информации. С этой целью создаются

информационные дата-центры, которые обеспечивают решение этих задач в различных масштабах - от общегосударственного до индивидуального. В соответствии с этим меняется и расположение, объемы и скорость работы дата-центров. Дата-центр - достаточно затратное предприятие, построение его «с нуля» требует значительных материальных вложений и человеческих ресурсов. Поэтому современные исследования направлены на повторное использование площадей и зданий предприятий и организаций, которые устарели, исчерпали ресурс, но, вследствие приемлемой изношенности, могут быть трансформированы в инновационные предприятия. В Украине планируется закрытие ряда угольных шахт, в результате чего высвободится значительное количество промышленных площадей, пригодных для реновационного использования. Организация дата-центра на основе существующей базы ликвидируемой угольной шахты вполне возможна и целесообразна, сведения об этом приведены в статье. Существуют примеры (например, крупнейший в Европе дата-центр Lefdal Mine Datacenter в Норвегии) создания дата-центров на базе ликвидированных промышленных предприятий, удовлетворяющих требованиям международного стандарта ANSI/TIA/EIA-942 при соответствующей адаптации и доработке. В Украине тоже существуют аналогичные разработки (например, дата-центр United DC), которые могут быть эффективно включены в инфраструктуру промышленного предприятия, подлежащего ликвидации. В статье доказано, что современные угольные шахты (в частности их технологический комплекс поверхности) в значительной степени пригодны для трансформации в дата-центр в результате обеспеченности инженерной и транспортной инфраструктурой, выгодным расположением и необходимой защитой. Приведены сведения о структуре дата-центра, аудите комплекса поверхности с целью определения «узких мест» (несоответствия требованиям стандарта ANSI/TIA/EIA-942), предпосылках создания дата-центра на его основе, принципах расчета степени изношенности зданий и площадях, необходимых для размещения дата-центра.

Ключевые слова: угольная шахта, технологический комплекс поверхности, дата-центр, моногорода, трансформация

Annotation. Today, in order to develop a contemporary society, assimilation of the necessary knowledge and organization of information storage, processing and use are the vital tasks. For this purpose, information data centers are being created, which ensure the realization of these tasks at all levels - from national to individual. Accordingly, location, volume and operation speed of the data centers are changing. Any data center is a fairly costly enterprise, building it "from scratch" requires significant material investments and human resources. Therefore, today researches are aimed at reusing areas and buildings of the out-of-date enterprises and organizations with the exhausted resources, but which, due to the acceptable rate of wear and tear, can be transformed into the innovative enterprises. In Ukraine, it is planned to close a number of coal mines, and, as a result, a significant number of industrial areas suitable for the renovation use will be vacated. Organization of a data center based on the existing facilities of the liquidated coal mine is quite possible and advisable; information about this is given in the article. There are many examples (for example, the Europe's largest data center Lefdal Mine Datacenter in Norway) of the data centers created on the basis of the liquidated industrial enterprises which, after their appropriate adaptation and modification, meet all requirements of the international standard ANSI/TIA/EIA-942. In Ukraine, there are also similar projects (for example, the United DC data center), which can be effectively introduced into the infrastructure of any industrial enterprise to be liquidated. The authors of this article have proven that modern coal mines (in particular, their surface technological complex) are essentially suitable for transformation into a data center due to the existing engineering and transport infrastructure, their favorable location and the required protection. The authors also provide information about the structure of the data center, audit of the surface complex in order to determine "bottlenecks" (non-compliance with the requirements of the ANS/TIA/EIA-942 standard), prerequisites for creating a data center on its basis, principles of calculating degree of depreciation of buildings and areas required for data center layout.

Key words: coal mine, surface technological complex, data center, single-industry towns, transformation

Стаття надійшла до редакції 10.08. 2020

Рекомендовано до друку чл.-кор. НАН України О.П. Круковським