

УДК 502.1:620.9

О.В. Овчаров, С.В. Гузченко, П.В. Ушмаров, Г.Б. Гишко, В.П. Чепурний

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ДАТА-ЦЕНТРУ МІНІСТЕРСТВА ОБОРОНИ УКРАЇНИ

Проаналізовано темпи стрімкого розвитку інформаційних технологій і відповідного значного розширення будівництва дата-центрів як у світі, так і в Україні. Наведено їх зростаючий вплив на стан довкілля та безпеки життєдіяльності суспільства. Метою цієї роботи є розробка пропозицій з охорони довкілля та енергозбереження для дата-центру Міністерства оборони України.

Ключові слова: дата-центр, центр зберігання та обробки даних, юніт, маршрутизація, ступінь надійності, шум, електромагнітне й теплове випромінювання, сервер, хостинг.

Вступ

Постановка проблеми. Кінець 20-го та початок 21 століття ознаменувались значним розвитком інформаційних технологій. Було винайдено комп'ютер, призначений для автоматичної обробки інформації. Виникла нагальна необхідність збереження великих масивів даних, їх обробки та розповсюдження. Для цього були створені центри зберігання і обробки даних (ЦЗОД/ЦОД) або дата-центри. Це спеціалізовані будівлі для розміщення (хостингу) серверного та комунікаційного обладнання й підключення абонентів до каналів мережі Інтернет. Дата-центр являє собою сукупність територій, будівель, приміщень, для розміщення комп'ютерів, електронних та інших засобів прийому, передачі, обробки, зберігання інформації. Якість зв'язку і пропускна спроможність каналів впливають на рівень послуг, оскільки основним критерієм оцінки роботи будь-якого дата-центру є час доступності сервера. Всього у світі зараз налічується понад 3 млн. дата-центрів загальною площею понад 27 млн. м². Абсолютним лідером в їх будівництві є США. Саме там знаходяться три найбільших у світі дата-центри. Перше місце серед них посідає Lakeside Technology Center, розташований у місті Чикаго (штат Іллінойс), який займає площу 102 тис. м² та належить власнику – Digital Realty Trust. Загальна потужність його обладнання складає 100 МВт. Резервне живлення забезпечують 50 генераторів, для яких існує запас дизельного палива обсягом 113,6 тис. л. На другому місці знаходиться дата-центр QTS Metro Data Center, розташований у місті Атланта (штат Джорджія), який займає площу 92 тис. м² та є власністю Quality Technology Services. Загальна потужність його електрообладнання – 80 МВт. Резервне живлення забезпечують 19 генераторів. Третє місце посідає NAP of the Americas, що розміщується

в місті Майамі (штат Флорида), який займає площу 70 тис. м² та належить власнику – Terremark. Надпотужними також вважаються центри обробки даних Японії. За непідтвердженими даними, найбільший дата-центр установлений в Токіо має площу в 140 тис. м².

В Україні тепер функціонує 31 комерційний дата-центр. Лідерами з приросту задіяних юнітів (одиниця виміру вертикального простору, зайнятого обладнанням) в 2014 році стали дата-центри VEMOBILE, DeNovo й «Воля». В VEMOBILE кількість задіяних юнітів становить 8500. DeNovo має 6550 задіяних юнітів, а «Воля» складається з 5360 юнітів. Зі збільшенням у світі кількості дата-центрів, суттєво збільшується площа планети, яку вони займають. Паралельно значно збільшується їх вплив на всі реципієнти довкілля. При цьому, якщо передові корпорації США, Західної Європи та Японії постійно вживають заходів з охорони довкілля, то в Україні, і зокрема в її Збройних Силах, цьому питанню приділяється дуже мало уваги [1; 2; 3].

Аналіз останніх досліджень. Типовий дата-центр складається з: інформаційної інфраструктури, яка забезпечує основні функції обробки та зберігання інформації; телекомунікаційної інфраструктури, яка взаємопов'язує елементи центру та передає дані користувачам; інженерної інфраструктури, що контролює нормальну роботу центру; системи моніторингу, управління й диспетчеризації. До інформаційної інфраструктури відносяться: високонадійне серверне обладнання (процесори, ОЗП, жорсткі диски, індивідуальні блоки живлення, групи вентиляторів, що охолоджують сервери); системи зберігання даних; системи резервного копіювання та відновлення даних; інфраструктурне та прикладне програмне забезпечення. Телекомунікаційна інфраструктура містить: комутаційні вузли; кабельну інфраструктуру й вузли її введення до центру; приміщення опе-

раторів-диспетчерів. До інженерної інфраструктури входять системи: електроживлення, освітлення, вентиляції і кондиціювання, заземлення, інформаційної й фізичної безпеки, сигналізації та оповіщення, протипожежної безпеки й пожежогасіння. Над усіма інфраструктурами улаштована система моніторингу, управління та диспетчеризації, що відстежує сигнали про аварійні події, веде облік споживання ресурсів, складає протоколи про події тощо.

Відповідно до стандарту (ТІА-942) з улаштування, ЦОД розподіляється на такі робочі зони:

а) приміщення для підведення зовнішніх телекомунікаційних систем (Entrance Room(s));

б) осередок головного розподілу (Main Distribution Area – MDA) – це зона центральних маршрутизаторів, комутаторів LAN/SAN і АТС, комутаційних пунктів (cross-connects);

в) осередок горизонтального розподілу (Horizontal Distribution Area – HDA) – це пункт розподілу кабельних систем до обладнання;

г) осередок розподілу обладнання (Equipment Distribution Area – EDA) – це простір, виокремлений для комп'ютерних систем і телекомунікаційного обладнання;

д) осередок розподілу по зонах (Zone Distribution Area – ZDA, розташований між HDA і EDA) – забезпечує гнучкість системи та її можливість змінювати свою конфігурацію.

Такий розподіл сприяє скороченню часу простою, більшій ефективності оновлень і розширень, а також покращеному резервуванню.

ІТ-інфраструктура повинна забезпечувати належну продуктивність, доступність даних і додатків, швидкість передачі даних та їх збереження. Головною умовою чіткої роботи обладнання ІТ-інфраструктури є забезпечення надійності й безперебійності в роботі обладнання інженерної інфраструктури. Для цього потрібна система електроживлення, яка передбачає отримання електроенергії з двох незалежних джерел, а також автономна аварійна система електрозабезпечення. З метою запобігання перегріву серверів, слід улаштувати систему клімат-контролю (кондиціонери) з функціями гарячого резервування та «free-cooling». Забезпечити контроль за доступом до дата-центру (відеоспостереження, системи управління доступом, сигналізації й протипожежної безпеки). Для цього необхідно, ще під час улаштування ЦОД, забезпечити виконання технічних умов.

Отже ключовими формуючими чинниками при улаштуванні дата-центру є: безпека, можливість зберігання даних, вимоги до смуги пропуску, система інтелектуального управління інфраструктурою, аварійне відновлення, швидкість і ефективність передавання даних. Тому слід детально відпрацьовувати вимоги щодо конфігурації приміщень, кабельної інфраструктури, рівнів надійності системи без-

пеки, електромеханічних систем, резервування, питань охорони довкілля. Основні технічні параметри роботи українських комерційних дата-центрів наведені в табл. 1.

Від чіткого функціонування дата-центру залежить надійність усієї інформаційної системи, рівень послуг, що надаються компанією своїм клієнтам, продуктивність праці співробітників. У зв'язку з цим до створюваного дата-центру слід пред'являти такі вимоги як: забезпечення безперервності функціонування всіх інформаційних систем; висока продуктивність обробки та передачі даних; надійність зберігання даних, висока ємність зберігання; висока стійкість обладнання до відмов у функціонуванні; значна витривалість та протидія катастрофам; високий ступінь масштабованості усіх систем.

Галузевий та відсотковий розподіл головних споживачів послуг українських комерційних дата-центрів наведений на рис. 1 [1; 4; 7; 14].

Основні параметри роботи будуть залежати від ступеню надійності ЦОД. За ступенем надійності дата-центри поділяються на 4 рівні: перший рівень – (базовий – Tier 1): безперебійна робота на 99,671%, схильність до частих перерв в роботі, один канал живлення (N), для ремонту потрібне повне вимкнення; другий рівень – (резервування компонентів – Tier 2): безперебійна робота на 99,741%, перерви в роботі до 22 год/рік, один додатковий канал живлення (N+1), фальшпідлога, джерело безперебійного живлення (ДБЖ) й генератор, для ремонту необхідне повне вимкнення; третій рівень – (Tier 3): безперебійна робота на 99,982%, обслуговування й ремонт ведуться без припинення роботи, перерви складають 1,6 год/рік, є два додаткових канали живлення (N+2), під час позаштатних ситуацій робота зупиняється; четвертий рівень – (відмовостійкий – Tier 4): безперебійна робота на 99,995%, сумарні перерви 0,4 год/рік, ні планові дії, ні позаштатні ситуації не припиняють роботу, має декілька активних каналів живлення за схемами 2N або 2(N+1).

Таблиця 1
Основні технічні параметри роботи дата-центрів

Назва дата-центру	Рік вводу в дію	Площа машинного залу, м ²	Потужність, кВт	Кондиціонери		
				Виробник	Кількість	Холодо-продуктивність, кВт
BeMobile	2010	2500	10000	Emerson	6	1200
Парковий	2013	1000	4000	Uniflair	6	3960
De Novo	2010	730	3300	Stulz Clivet	34	2000
Gigacenter	2014	550	1000	Emerson	35	735
United DC	2013	1500	2000	Emerson	32	800
«Воля»	2009	293	1000	Emerson	13	820
Укртелеком	2009	385	670	-	-	-
FREEhost.UA	2010	300	600	Mitsubishi	15	290
Датагруп 1	2008	154	216	APC	24	385
Датагруп 2	2009	102	128	APC	9	270

Закінчення табл. 1

Джерело безперебійного живлення			Дизель-генераторні установки			Максим. ємність стойкомість на червень 2015р.
Виробник	Кількість	Потужність, кВт	Виробник	Кількість	Потужність, кВт	
Emerson	8	2000	FG Wilson	5	2500	450
APC	3	4800	FG Wilson	4	5600	400
APC	2	1900	Cummins	2	3400	218
Emerson	6	750	FG Wilson	2	815	300
Emerson	6	1200	OnssVisa	2	1000	216
General Electric	4	910	FG Wilson	1	1200	173
APC	4	670	–	–	–	86
Elen	3	430	Himonisa	2	440	71
Eaton	4	320	Caterpillar	3	660	63
APC	1	160	FG Wilson	1	365	40

Підвищення відмовостійкості потребує збільшення кількості обладнання, його потужності та площ, займаних центрами. Поряд з цим значно збільшується хімічний, шумовий, тепловий і електромагнітний вплив ЦОДів на навколишнє природне середовище [1; 4; 7; 8].

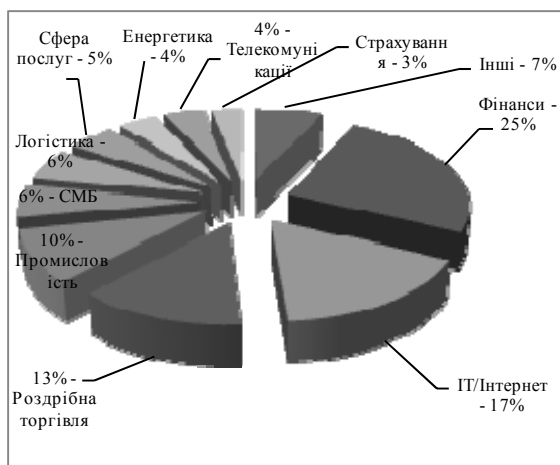


Рис. 1. Головні споживачі послуг дата-центрів України

Метою цієї статті є дослідження постійно зростаючих рівнів впливу дата-центрів на стан довкілля, внаслідок підвищеного енергоспоживання та освоєння території Землі. На підставі результатів дослідження планується розробити заходи з охорони довкілля та мінімізації споживання енергоресурсів по дата-центру Міністерства оборони України.

Виклад основного матеріалу

Шумовий вплив центру обробки даних на навколишнє середовище. Шум – це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів. Шум – це звук в межах частот від 16 Гц й до 20 000 Гц. В дата-центрах шум випромінюється від: жорстких дисків і груп вентиляторів серверів; систем примусової вен-

тиляції та кондиціонування приміщень; систем централізованого та індивідуального опалення; систем аварійного електрозабезпечення.

Шум спричиняє такі хворобливі наслідки як: перевтому, зниження уваги, підвищену нервову збудливість, зниження працездатності, порушення роботи шлунково-кишкового тракту. Акустичні подразнення пригнічують нервову систему. Тому разом з втратою слуху виникає розлад центральної нервової системи. Гучні шуми впливають також на шкіру, серце, органи дихання. Вони спричиняють виділення наднирниками в кров великої кількості адреналіну, який сприяє виникненню почуття жаху, провокує до агресивності, бійок і погромів. Надлишковий шумовий тиск, під вплив якого підпадають оператори ЦОД, призводить до травм слухового апарату. Тиннітус (дзвін у вухах) – постійний супутник багатьох операторів важкого промислового обладнання та будівельників, все частіш діагностується у операторів ЦОД. При досягненні рівня шуму в 85 дБА, фахівці США з забезпечення професійної безпеки та охорони здоров'я рекомендують використовувати протишумовий захист. Приблизно такий же рівень фіксується в машинних залах ЦОД (табл. 2).

Випробуваннями, проведеними в 2009 році Вайцманівським інститутом науки (Ізраїль), встановлено, що ділянки внутрішнього вуха (наближені до базального осередку равлика) не здатні відновлюватися після шумових травм. Пошкодження такого типу не виявляються сучасною діагностикою. Вони проявляються через зміни в поведінці людини лише через декілька місяців.

Таблиця 2

Рівні шуму від техногенних та природних джерел

«Виробники шуму»	Рівень шуму, дБ
1	2
Постріл снаряду	170
Постріл гвинтівки	160
Старт космічної ракети	150
Підйом реактивного літака	140
Грім після блискавки	130 – 120
Рок-музика	110
Велика вантажівка	100
Відбійний молоток	90 – 80
Машинний зал серверних стояків дата-центру	70 – 85
Салон автомобіля	70
Читальний зал	40
Сільська місцевість	30
Шепіт (на відстані 1 м)	20
Зимовий ліс при відсутності вітру	10 – 0

Шумове забруднення постійно зростає. Шум турбує понад 50% опитаних жителів міст. В останні десятиліття рівень шуму зріс у 10 – 15 разів. За даними ВООЗ 2% всіх смертей у світі пов'язано з за-

хворобами, викликаними надмірним шумом. Щорічно тисячі людей вмирають від нестачі тиші і спокою лише в одній тільки Великобританії.

Шум відлякує тварин, пташок і комах. Вони змінюють місця перебування. Оскільки ж зникають «запилювачі» рослин та «розповсюджувачі» їх насіння, то й самі рослини гинуть. Значні рівні шуму спричиняють швидке засихання дерев. Звук в 180 дБ викликає втому металу, а вже при 190 дБ – вириваються заклепки з конструкцій. Шум руйнує будівлі, мережі, транспорт, пам'ятники та інші складові урбосередовища. Всю серйозність шумового впливу ЦОДів підтверджує інформація сайту www.leparisien.fr. За його даними в кінці 2015 року французький суд задовольнив скарги мешканців паризького району Монтрей на шум та виніс рішення про закриття дата-центру Interxion в Парижі [10; 14; 18].

Електромагнітний вплив дата-центру на довкілля. Навколо провідника, по якому протікає електричний струм, виникають електричне та магнітне поля. Електромагнітне поле (ЕМП) – це особлива форма матерії, за допомогою якої здійснюється взаємодія між зарядженими частинками. Під час прискореного руху частинок це поле «відривається» від них та існує незалежно в формі електромагнітних хвиль. Джерелами електромагнітного випромінювання в дата-центрі є: серверне обладнання, комутатори, маршрутизатори, системи освітлення, електроживлення, вентиляції та кондиціонування, тощо.

Все це обладнання випромінює електромагнітні хвилі переважно в діапазоні промислових частот (у тому числі 50 Гц). Електромагнітні поля ЦОД негативно впливають на організм людей, які безпосередньо працюють з джерелами випромінювання, а також на населення, яке мешкає поблизу.

Встановлено, що в діапазоні промислових частот негативний вплив на організм обумовлюється здебільшого електричною складовою поля. Ступінь впливу ЕМП на організм людини залежить від діапазону частот, тривалості опромінення, характеру опромінення, режиму опромінення, розмірів поверхні тіла, яке опромінюється, та індивідуальних особливостей організму.

Під впливом електромагнітних випромінювань спостерігаються: загальна слабкість, підвищена втома, пітливість, сонливість, а також розлад сну, головний біль, серцеві болі. З'являється роздратування, втрата уваги, зростає тривалість мовнорухової та зоровомоторної реакцій, підвищується межа нюхової чутливості. Виникає ряд симптомів, які є свідченням порушення роботи окремих органів – шлунку, печінки, селезінки, підшлункової та інших залоз. Пригнічуються харчовий та статевий рефлекс. Тривалий та інтенсивний вплив буде призводити до стійких порушень та захворювань у вигляді ра-

діохвильової хвороби з вищезазначеними симптомами. ЕМП викликають зміну поляризації молекул та атомів, в результаті чого виникає небезпечний нагрів. Надмірне тепло може нанести шкоду як окремим органам, так і всьому організму людини. У досліджених дітей відзначено порушення розумової працездатності, зниження уваги та пригнічення нервової системи. Фіксувалися: прискорений пульс та дихання, підвищення артеріального тиску при фізичному навантаженні та сповільнене повернення до норми цих показників при його знятті, а також погіршення імунобіологічних показників. Тривала робота з ПК викликає астенопію (зорову втому). В перший період опромінення у тварин з'являється неспокій, збудження, рухова активність, прагнення втекти із зони опромінення. Тривалий вплив ЕМП призводить до зниження збудження, зростання процесів гальмування. Зміна поляризації молекул у рослин призводить до передчасного їх засихання або пригнічення росту. При дослідженні впливу випромінювання невеликої (нетеплової) інтенсивності на комах спостерігалися тератогенні ефекти (вроджені каліцтва), які іноді мали мутагенний характер, тобто успадковувалися [11; 14; 20].

Шкідливий вплив техногенного тепла дата-центру на довкілля. Енергопотреби ІТ-компаній та дата-центрів постійно зростають. Дата-центри сьогодні споживають близько 10% всієї виробленої в світі енергії та ця частка непинно збільшується. За останні роки щільність розміщення обладнання в дата-центрах істотно збільшилася, а разом з нею зросли і витрати на електроживлення. Близько 50% експлуатаційних витрат на утримання дата-центру становить вартість спожитої електроенергії. У типовому ЦОДі 50% енергоспоживання припадає на ІТ-устаткування, близько 40% – на систему охолодження і 10% – на систему безперебійного електропостачання. 90% всієї вхідної потужності дата-центри перетворюють на тепло. А оскільки для забезпечення нормальної роботи ЦОД необхідний відповідний мікроклімат (стабілізація температури на рівні $21^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ і вологості – $50\%\pm 10\%$ повітря збільшує термін експлуатації устаткування центру та час експлуатації масивів жорстких дисків без збоїв), то обладнання потрібно весь час охолоджувати, а надлишкове тепло у величезних кількостях просто викидати в довкілля. Адже повністю завантажений стояк вимагає від 4000 до 5000 м³/год охолоджуючого повітряного потоку. Все це призводить до додаткових витрат на збільшення потужностей і ускладнення конструкцій кондиціонерів і вентиляції. Джерелами теплового випромінювання в центрах обробки даних являються: серверні стояки; системи загального, гарантованого та індивідуального безперебійного живлення; системи вентиляції й кондиціонування; системи освітлення; комп'ютери в

системах безпеки та комп'ютерного моніторингу, управління і диспетчеризації.

Надлишкове тепло, що виділяється від технологічного устаткування ЦОД через системи вентиляції й кондиціювання, надходить до атмосфери. Потрапляючи до повітря, техногенне тепло спричиняє його нагрів та підвищення температури. На рис. 2 [3; 17] наведені зміни середньорічної температури повітря в приземному прошарку Землі за багаторічний період.

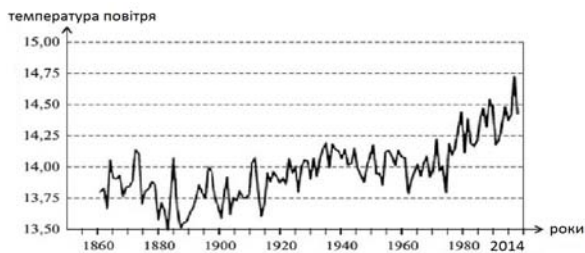


Рис. 2. Зміни середньорічної температури повітря в приземному прошарку Землі

Навколо споруди ЦОД утворюються потужні теплові осередки, які спонукають збільшення процесів випаровування в довкіллі. Інтенсифікація процесів випаровування призводить до зневоднення на клітинному рівні. Оскільки організм людини на 60 – 90% складається з води, то зменшення її кількості, внаслідок значного потовиділення, призводитиме до виникнення захворювань серцево-судинної системи, дихальних шляхів, лімфатичної та кровотворної систем, тощо. Зневоднення в тваринних організмах провокуватиме зміни, аналогічні з людськими. Потужне випаровування, внаслідок наявності надлишкового техногенного тепла, призводитиме до передчасного засихання рослин, засихання й опадання листя з дерев, пригнічення їх росту та порушення циклів вегетації. Постійне надходження до атмосфери надлишкового тепла та як наслідок інтенсифікація процесів випаровування, посилює парниковий ефект та зміни клімату. Останніми роками все частіше спостерігаються кліматичні зміни, в тому числі й в Україні. Пори року неначебто нівелюються – зима більше схожа на осінь чи весну, літо стає дедалі жаркішим, середньорічні температури підвищуються, а кількість опадів зменшується. Оскільки потужності дата-центрів весь час збільшуються, то паралельно збільшуються й обсяги електроенергії, необхідні для роботи обладнання і для його охолодження. Внаслідок цього збільшуються викиди в атмосферу від теплових електростанцій і наростають проблеми парникового ефекту та кліматичні зміни. На рис. 3 [12; 15] зображено тенденції кліматичних змін на Землі та їх джерела.

Накопичення тепла в приземному прошарку атмосфери вже збільшило кількість реалізованих

повеней, туманів, буревіїв, засух, пожеж тощо. Окрім того, це тепло викликає перегрів ґрунтів і вод. На глибині 0,5 м в літній час температура ґрунту може підвищуватися до 40°C і більше. Відбувається висихання ґрунтів, порушення в них структурних зв'язків, ослаблення міцності властивостей, погіршення родючості.



Рис. 3. Тенденції кліматичних змін на Землі та їх джерела

Скидання у водойми теплих вод (з температурою понад 260°C), після охолодження серверних стояків та устаткування дата-центрів, пригнічує розвиток більшості водних організмів. Зростання температури води природних водойм зменшує розчинність кисню, знижує активність усього біоценозу водних систем, провокує ріст активності синьо-зелених водоростей та робить водойми непридатними для людини [5; 6; 9].

Альтернативні джерела живлення ЦОД. Зараз для виробітку електроенергії в основному використовуються теплові або атомні електростанції. Тобто використовується енергія палива, яке вилучається з землі та є невідновним. Щорічні обсяги видобутку твердих корисних копалин в світі складають близько 20 млрд. т, нафти – 4,22 млрд. т, газоподібних – 1,5 трлн. м³. Все це спонукає постійне зростання викидів в атмосферу, скидів у водні об'єкти та накопичення все більшої кількості відходів, які вилучають корисні площі земель з обігу.

Натомість у природі існують відновлювані джерела енергії. Це сонячна, вітрова, геотермальна енергія, а також енергія океанів, морів, річок та вторинна енергія (біогаз, димові гази та тепло, які викидаються в атмосферу). У зв'язку з погіршенням кліматичних умов на нашій планеті та виникненням проблеми парникового ефекту, тепер все більша кількість розвинених держав диверсифікує свою енергетику та переходить на використання відновлюваної енергії. Повною мірою це стосується й дата-центрів провідних ІТ-компаній світу. Так, компанія Amazon (США) в 2015 році вже отримувала 25% необхідної для дата-центрів енергії з відновлюваних

джерел, а до кінця 2016 року планує збільшити цей показник до 40%. Компанія веде будівництво сонячної електростанції в штаті Вірджинія потужністю 80 МВт, а також 3-х вітрових електростанцій в штатах Огайо, Індіана та Північна Кароліна з річним виробітком 1490 тис. мегават-годин чистої електроенергії (рис. 4) [11; 12].



Рис. 4. Сонячна електростанція та вітрогенератори

Компанія Google побудувала в Ісландії дата-центр, що працює на геотермальній енергії. Тепер планує розміщувати дата-центри на баржах в океані (11 км від берега), де використовуватиме електроенергію, яку будуть генерувати поплавкові електрогенератори. Охолодження ж обладнання буде здійснюватись за рахунок океанічної води, а надання послуг проводитиметься через кабелі, прокладені на сушу (рис. 5) [5; 6].

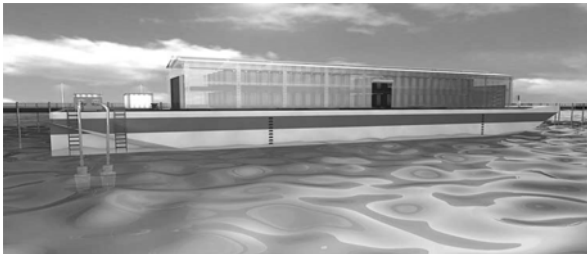


Рис. 5. Океанічні баржі-дата-центри Google

Сукупного тепла від усіх дата-центрів планети вистачило б для компенсації річного споживання електроенергії Великої Британії.

У Лондоні компанія Telehouse почала використовувати надлишки теплової енергії дата-центру «Docklands», для обігріву довколишніх комерційних і житлових споруд [12; 13]. А компанія IBM теплом свого дата-центру в Швейцарії обігріває громадський басейн (рис. 6) [2; 8].

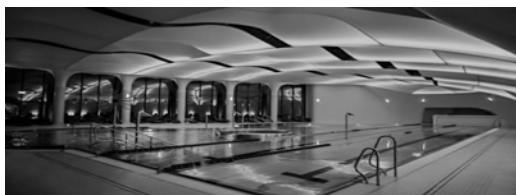


Рис. 6. Басейн, який обігрівається теплом від дата-центру IBM

Зменшення шумового впливу дата-центру.

Допустимі рівні шуму, який випромінюють в довілля устаткування та об'єкти центрів обробки даних, повинні відповідати санітарним нормам України, а також ДБН 360-92. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень і ДБН В.1.1-31:2013. Захист територій, будинків і споруд від шуму. Оптимальні еквівалентні рівні непостійного звуку не повинні перевищувати 70 дБА.

В першу чергу зменшувати шум та вібрацію необхідно безпосередньо в джерелах їх виникнення, застосовуючи обладнання, що не утворює шуму, замінюючи ударні технологічні процеси безударними, застосовуючи деталі із незвінких матеріалів (пластмаси, гуми, деревини та ін.), підшипники ковзання замість кочення, косозубі та шевронні зубчасті передачі замість прямозубих, проводячи своєчасне обслуговування та ремонт елементів, що створюють шум. В приміщеннях з устаткуванням, що генерує шум, необхідна протишумова обробка звукопоглинаючими матеріалами та використання амортизуючих пристроїв. Потрібно провести звукоізоляцію стін і перекриттів від джерел шуму приміщень ЦОД. Зменшити шум та вібрацію на шляхах їх розповсюдження заходами звуко- та віброізоляції, а також вібро- та звукопоглинання.

Вібрація в приміщенні машинного залу ЦОД, а також в приміщеннях для обробки і передачі даних не повинна перевищувати по амплітуді 0,08 мм у діапазоні частот від 5 до 22 Гц, по максимальному прискоренню $2,5 \text{ м/с}^2$ в діапазоні частот від 22 до 500 Гц.

Для зменшення шкідливої дії шуму та вібрації на персонал у виробничій зоні потрібно застосовувати індивідуальні засоби захисту та запроваджувати раціональні режими праці та відпочинку.

Захист житлової зони від небажаного шумового впливу ЦОД потрібно проводити за рахунок впровадження звукопоглинаючих екранів між джерелами шуму та житлом, а також за рахунок дотримання санітарно-захисних зон та їх улаштування відповідними звукозахисними породами чагарників та дерев. Особливою шумопоглинаючою здатністю наділені клен, тополя, липа, які поглинають від 10 до 20 дБ звукових сигналів. Густа жива загорожа здатна зменшити шум у 10 разів.

Дизель-генераторні установки необхідно встановлювати в шумопоглинальні капоти, на амортизаційні пристрої, які б запобігали передачі вібрації на будівельні конструкції. Випускні систему обладнати глушником з іскрогасником [3; 6; 20].

Зменшення електромагнітного випромінювання. Рівні електромагнітного впливу дата-центру на житлову забудову не повинні перевищувати значення, передбачені Державними санітарними нормами і правилами захисту населення від впливу еле-

ктромагнітних випромінювань, затвердженими наказом Міністра охорони здоров'я України від 01.08.1996р. №239.

Вибір того чи іншого способу захисту від дії електромагнітних випромінювань залежить від робочого діапазону частот, характеру виконуваних робіт, напруженості та щільності потоку енергії ЕМП, необхідного ступеня захисту.

До числа заходів зменшення впливу ЕМП відносяться: організаційні, інженерно-технічні та лікарсько-профілактичні.

Організаційні заходи здійснюють органи санітарного нагляду. Вони проводять санітарний нагляд за об'єктами, в яких використовуються джерела електромагнітних випромінювань. Крім того, ще на стадії проектування об'єктів потребує забезпечення таке розташування джерел ЕМП, яке б зводило до мінімуму їх вплив на прилеглу житлову зону.

До основних інженерно-технічних заходів відносяться: зменшення потужностей випромінювання до оптимально необхідних величин; захист житлової зони відстанню (улаштування належним чином санітарно-захисної зони ЦОД); екранування джерел випромінювання та технологічних агрегатів, що випромінюють ЕМП; раціональне розміщення випромінюючих установок (за цегляними та бетонними стінами); застосування заземлених металізованих дахів та перешкод.

Лікарсько-профілактичні заходи передбачають проведення дозиметричного контролю інтенсивності ЕМВ і медоглядів мешканців житла, що перебуває під впливом ЕМВ (не рідше 1 разу на рік), надання їм рекомендацій щодо лікарсько-профілактичного харчування та проведення заходів санітарно-оздоровчого характеру [11; 14; 15].

Утилізація тепла дата-центру Міністерства оборони України. Оскільки потреби хостингу в цілому в світі невідмінно збільшуються, то відповідним чином суттєво збільшуються площі земель, займаних спорудами дата-центрів, збільшується кількість юнітів та пропорційно збільшуються їх енергопотребити.

Як наслідок постійно збільшується видобуток викопного палива, яке використовується для виготовлення електроенергії та зростають обсяги викидів в атмосферу, скидів у водні об'єкти й накопичень відходів у довкіллі (рис. 7) [17; 18].

Зважаючи на це, першочерговим завданням ІТ-корпорацій, які займаються розвитком ІТ-бізнесу і зокрема дата-центрів, повинно стати зменшення матеріалоемності та енергоемності серверного обладнання й обладнання, що забезпечує діяльність ЦОДів. Тобто вектор спрямованості їх зусиль і дій необхідно направляти на мінімізацію розмірів серверного й забезпечуючого обладнання, зі збереженням тенденцій максимального росту можливостей та

видів послуг. Отже виробникам устаткування для ЦОДів слід вже зараз впроваджувати й неухильно дотримуватись показників матеріалоефективності, прогресивної якості, надійності й здатності до тривалої придатності з урахуванням постійного розширення.

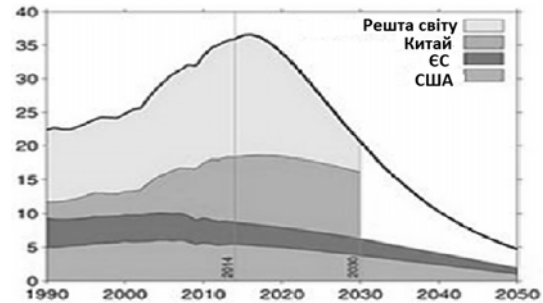


Рис. 7. Значення річної емісії CO₂ Гт/рік (самміт 2015р. в Парижі)

Організаціям, що експлуатують дата-центри, в тому числі й Міністерству оборони України, необхідно вже сьогодні проводити всі можливі роботи щодо зменшення показника енергоефективності PUE (Power Usage Effectiveness – це відношення загальної кількості спожитої дата-центром енергії до тієї енергії, яка витрачається безпосередньо на обчислення). Чим менше його значення тим ефективніше працює дата-центр. Потрібно прагнути зменшити цей показник до значень, близьких до 1.

Враховуючи викладене, а також нагальну необхідність дотримання Україною Рамкової конвенції ООН зі змін клімату на Землі та вимог Паризької конференції по клімату 2015 року щодо створення суспільства та економіки, які мало застосовують вуглецеві технології, Міністерству оборони України з метою утилізації тепла свого дата-центру, досягнення його цілковитої енергоефективності та екологічної безпеки необхідно:

1. В теперішній час:

а) розпочати використовувати сонячну і вітрову енергію для виробітку додаткової електроенергії, для чого обладнати вітрогенератори і сонячну мініелектростанцію;

б) впровадити рекуперацію теплової енергії, що виділяється від ЦОД та використовувати надлишкове тепло для обігріву взимку суміжних з дата-центром приміщень Міністерства;

в) надлишки тепла, що генеруються при роботі серверного та комунікаційного обладнання влітку, акумулювати та через теплообмінники нагрівати воду для душових;

г) встановити спеціальний теплонасос, через який використовуючи тепло із системи холодозабезпечення ЦОД нагрівати взимку воду в радіаторах та повітря в припливній вентиляції для опалення офісів.

2. В перспективі:

а) використовувати водяне охолодження серверного обладнання (не тільки окремих юнітів, а й в цілому серверних стояків чи ферм), гарячу воду спрямовувати на опалення або для потреб персоналу;

б) спрямовувати відпрацьоване гаряче повітря від серверів по трубопроводах через теплові насоси в мережу централізованого тепlopостачання для забезпечення теплом та гарячою водою мешканців розташованого поблизу житла;

в) розміщувати на нижніх поверххах дизель-генераторні установки та систему джерел безперебійного живлення, а резервуари з паливом у підвалах;

г) застосовувати для генерації електроенергії мікротурбіни на природному газі (до 100 кВт), які інтегровані безпосередньо в джерела безперебійного живлення з подвійним перетворенням (генерують електроенергію й створюють теплову енергію) – живлять системи охолодження дата-центрів та житло й офіси, розташовані поряд з ЦОДом;

д) впровадити технологію термоелектричних генераторів (генерування електроенергії шляхом використання тепла серверів і застосування спеціальних металів – композиту на основі кремнію та тетраедриту (блякла мідна руда або фальєрц));

е) перетворювати тепло розжарених процесорів серверного устаткування в електрику, для чого використовувати мініатюрні (всього 1 мм в поперечнику) піроелектричні пристрої (на основі титанату барію, свинцю, моногідрату сульфату літію), розміщені на невеликому нагрівальному елементі (нагріваючись «шийка» пристрою випрямляється, і голівка втрачає контакт з нагрітим елементом, а охолоджуючись навпаки згинається та повністю стикається з ним. В результаті система коливається з великою частотою, дозволяючи отримувати від кожного такого пристрою 1-10 мВт електрики. При цьому середній процесор, який має площу задньої поверхні 6,5 см², може розмістити до тисячі таких «збирачів енергії»);

е) охолоджувати серверні стояки холодною водою, яка в свою чергу охолоджується абсорбційними холодильниками/чилерами (на розчині броміду літію з водою або аміаку), що живляться електроенергією з власних електрогенераторів. Надлишок холодної води подавати в системи кондиціонування сусідніх офісів [9; 15 – 17; 19].

Висновки й перспективи досліджень

У даній роботі встановлено, що в світі налічується понад 3 млн. дата-центрів і кількість їх невинно збільшується. Розширюється їх структура. Вдосконалюються технічні умови роботи ЦОД. По-

кращуються основні параметри роботи, суттєво підвищується якість послуг, що надаються дата-центрами споживачам. Підвищується рівень їх надійності та відмовостійкості. Разом з тим, ЦОДи стають все більш дорогим задоволенням. Все більше і більше коштів вкладається в улаштування нових центрів та технічне переоснащення існуючих. Значно збільшується в світі площа територій, яку вони займають. Сьогодні дата-центр великої корпорації може споживати електроенергії стільки ж, скільки споживає невелике місто. Устаткування дата-центрів чинить значний негативний вплив на довкілля. Для зменшення негативного впливу дата-центру Міністерства оборони України на довкілля запропоновано більш широко застосовувати альтернативні джерела живлення: сонячну й вітрову енергію. Щоб мінімізувати шумовий вплив ЦОД на довкілля та прилеглу житлову зону, рекомендовано застосовувати засоби звукоізоляції, звукопоглинання, екранування, віброізоляції та глушники шуму. З метою зниження електромагнітного впливу дата-центру до нормативного рівня, надано пропозиції щодо захисту житла й довкілля потужністю, відстанню, екранами та часом. У зв'язку зі збільшенням потреб хостингу, запропоновано зменшувати матеріаломісткість та енергоємність серверного обладнання та обладнання, що забезпечує діяльність ЦОДу. Рекомендовано більш широко застосовувати показник енергоефективності роботи дата-центрів (PUE) та прагнути до його зниження. З цією метою в дата-центрі Міністерства оборони України запропоновано впровадити поточні та перспективні заходи з утилізації тепла та енергозбереження.

Список літератури

1. Гусев О.М. Там, де живуть комп'ютери [Електронний ресурс] / О.М. Гусев. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.lookatme.ru/mag/archive/experience-interview/108519-datacenters>.
2. ТОП 10 країн лідерів по дата-центрах [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://dekatop.com/archives/9828>.
3. Дата-центри. Ласкаво просимо в світ професійного хостингу [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.sim-networks.com/datacenters>.
4. Центри обробки даних, дата-центри [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://www.sonetnn.ru/content/data_center.html?phrase=%F6%E4.
5. Дата-центр без втрати електроенергії [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.cnews.ru/articles/2015dataisentrbezpoterelektroenergii>.
6. Небагато про роботу ЦОДів Facebook [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://internetua.com/nemnogo-o-rabote-codov-Facebook>.
7. Дата-центр BEMOBILE [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <http://bemobile.ua/>.

8. Центри обробки і сховища даних [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://stud.com.ua/20590/informatika/integrovani_aparatno_programni_kompleksi_virtualizatsiyi.
9. Ринок систем охолодження ЦОД – новини від Asetek, ASHRAE и Eurotech [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://telecombloger.ru/26950>.
10. ЦОД – технології та засоби зв'язку [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.tsonline.ru/articles2/data-centers>.
11. Енергоживлення ЦОД, стандарти ЦОД [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://www.ups-info.ru/for_partners/library/ingosnabzhenie_tsod_standarte_tsod/.
12. Конеченков А.В. Закон, зміна клімату та «зелена» енергетика [Електронний ресурс] / А.В. Конеченков. – Режим доступу до ресурсу: http://www.sib.com.ua/archiv_2015/2015_6/zak_izm_klim.pdf.
13. ЦОД як об'єкт системної та структурної оптимізації [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://m.itc.ua/articles/cod_kak_obekt_sistemnoj_i_strukturnoj_optimizacii_38097/.
14. Дата-центр в цифрах і фактах [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: www.compress.ru.
15. Що буде з погодою на Землі через 70 років? [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: www.ekologhelth.ru.
16. Чиллери з вільним охолодженням Liebert НРС [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: www.planetaklimata.com.ua.
17. Теплома – Харків [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: www.teplota.kh.ua.
18. Дата-центр [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org>.
19. Охолодження дата-центрів [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://primeholod.com.ua/poslugi/okholodzhennya-data-tsentriv>.
20. Дата-центр в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://unit-is.com/ru/datacenter>.

Надійшла до редколегії 27.09.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.В. Худов, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ДАТА-ЦЕНТРА МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ УКРАИНЫ

А.В. Овчаров, С.В. Гузченко, П.В. Ушмаров, Г.Б. Гишко, В.П. Чепурный

Проанализированы темпы стремительного развития информационных технологий и соответствующего значительного расширения строительства дата-центров как в мире, так и в Украине. Рассмотрено их возрастающее влияние на состояние окружающей среды и безопасность жизнедеятельности общества. Целью этой работы является разработка предложений по охране окружающей среды и энергосбережению для Министерства обороны Украины.

Ключевые слова: дата-центр, центр сбережения и обработки данных, юнит, маршрутизация, степень надежности, шум, электромагнитное и тепловое излучение, сервер, хостинг.

SUPPORTING OF ENVIRONMENTAL PROTECTION AND ENERGY CONSERVATION OF DATA-CENTRE IN UKRAINIAN DEFENCE MINISTRY

O.V. Ovcharov, S.V. Guzchenko, P.V. Ushmarov, G.B. Gyshko, V.P. Chepurnyj

Rates of fast IT development and corresponding to it significant enlargement of data-centre building were analysed both in Ukraine and in the world. Their growing influence on the state of environment and vital activity safety were given. The aim of this work is to elaborate the proposals about environmental protection and energy conservation for data-centre of Ukrainian Defense Ministry.

Keywords: data-centre, filing and data handling centre, unit, routing, degree of safety, noise, electromagnetic and heat emission, server, hosting.