

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення

”Допущено до захисту”
Завідувач кафедри кібербезпеки
та програмного забезпечення
д.т.н., професор
_____ Олексій СМІРНОВ
“___” _____ 2026 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему
“Програмне забезпечення системи керованого охолодження
серверних приміщень”

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу, групи КІ-22-1
ОПП «Комп’ютерна інженерія»
спеціальності 123 «Комп’ютерна інженерія»
_____ Тараненко В.В.
«___» _____ 2026 р.

Керівник проекту
доктор технічних наук, професор
_____ Коваленко О.В.
«___» _____ 2026 р.

Рецензент _____

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет Механіко-технологічний
Кафедра Кібербезпеки та програмного забезпечення
Освітній ступінь бакалавр
Галузь знань ._12 _____“Інформаційні технології”
Спеціальність 123 “Комп’ютерна інженерія”
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма “Комп’ютерна інженерія”

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
д.т.н., проф.
_____ Олексій СМІРНОВ
« 15 » січня 2026 року

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Тараненку Володимирі Володимировичу

(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи *Програмне забезпечення системи керованого охолодження серверних приміщень*

2. Керівник роботи *Коваленко Олександр Володимирович, докт. техн. наук, професор*

(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу № 133-02 від 27.02.2026 року

3. Строк подання студентом роботи до захисту 23.05.2026 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи: *Метою роботи є розробка програмного забезпечення системи керованого охолодження серверних приміщень*

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Призначення та область використання.

2. Перегляд аналогічних існуючих систем.

3. Опис і обґрунтування проектних рішень.

4. Етапи програмування системи.

5. Впровадження системи в промислову експлуатацію.

6. Висновки

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень)

Структурна схема системи 1 аркуш

Функціональна схема системи 1 аркуш

Діаграма процесів 1 аркуш

Блок-схема алгоритму роботи додатку 2 аркуша

7. Дата видачі завдання « 15 » січня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти	Строк виконання етапів випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти	Примітка
1.	Аналіз існуючих систем	10.03.2026 р.	
2.	Постановка задачі, оформлення ТЗ	15.03.2026 р.	
3.	Розробка моделі компонента	20.03.2026 р.	
4.	Розробка структур даних	25.03.2026 р.	
5.	Розробка алгоритмів зв'язку та відображення	30.03.2026 р.	
6.	Програмування алгоритмів	10.04.2026 р.	
7.	Оформлення ПЗ	17.04.2026 р.	
8.	Попередній захист роботи	23.05.2026 р.	

Дата видачі завдання
« 15 » січня 2026 р.

Підпис керівника

Коваленко О.В.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
« 15 » січня 2026 р.

Підпис здобувача

Тараненко В.В.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тараненко В.В. Програмне забезпечення системи керованого охолодження серверних приміщень. 123 Комп'ютерна інженерія. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2026.

В даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи керованого охолодження серверних приміщень.

Метою розробки є програмне забезпечення системи керованого охолодження серверних приміщень.

Результат роботи – програмна реалізація системи керованого охолодження серверних приміщень.

В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Розроблено зручний інтерфейс користувача. Наведені інструкції по роботі з програмними засобами.

Програма може використовуватися на ПЕОМ з ОС Windows 10/11.

Програму розроблено в середовищі Python.

Ключові слова: комп'ютерна інженерія, кероване охолодження, серверні приміщення

ABSTRACT

Taranenko V.V. Software for the controlled cooling system of server rooms. 123 Computer Engineering. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2026.

In this final qualification work for the first (bachelor's) level of higher education, software has been developed, which is intended for the controlled cooling system of server rooms.

The purpose of the development is the software for the controlled cooling system of server rooms.

The result of the work is the software implementation of the controlled cooling system of server rooms.

In the process of working on the software model, an analysis of existing hardware and software was performed. All components of the developed software are fully described.

A convenient user interface has been developed. Instructions for working with the software are provided.

The program can be used on a PC with Windows 10/11.

The program was developed in the Python environment.

Keywords: computer engineering, controlled cooling, server rooms

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ	2
ВСТУП.....	3
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ	5
1.1 Призначення системи.....	5
1.2 Область застосування.....	6
2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	8
2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.....	8
2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування.....	17
2.3 Розгорнута постановка завдання	21
3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ	23
3.1 Опис функціонування системи	23
3.2 Розробка структурної схеми.....	32
3.3 Розробка функціональної схеми	41
3.4 Розробка діаграми процесів.....	46
4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ.....	48
4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи.....	48
4.2 Захист розробленого програмного забезпечення.....	68
5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ	71
6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	80

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	<i>Програмне забезпечення системи керованого охолодження серверних приміщень</i>	Літ.	Аркуш	Аркушів
<i>Розроб.</i>	Тараненко В.В.					Б	1	86
<i>Перев.</i>	Коваленко О.В.							
<i>Н.контр.</i>	Коваленко А.С.					ЦНТУ КІ-22-1		
<i>Затв.</i>	Смірнов О.А.							

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

ДБЖ	–	Джерело безперебійного живлення
ІТ	–	Інформаційні технології
МН	–	Машинне навчання
ЦОД	–	Центр обробки даних
ШІ	–	Штучний інтелект
CAPEX	–	Капітальні витрати
CRAC	–	Прецизійні кондиціонери повітря для комп'ютерних приміщень
DCIM	–	Система управління інфраструктурою ЦОД
HVAC	–	Сфера кондиціювання й вентиляції повітря
ІоТ	–	Інтернет речей
OPEX	–	Експлуатаційні витрати

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

ВСТУП

Актуальність теми. Реалізація охолодження допоміжних серверних приміщень найчастіше відкладається на потім у силу самої ролі даних приміщень. Тим часом охолодження серверних необхідно, а обраний спосіб повинен гарантувати підтримку в приміщенні розрахункових параметрів повітря, надавати коректні рекомендації із проектування й установки устаткування, а також забезпечувати мінімізацію й оптимізацію середньорічного енергоспоживання.

В архітектурі ЦОД і великих комп'ютерних залів завжди передбачається система охолодження. При цьому багато які ІТ-пристрої як і раніше розташовуються за межами машинних залів у локальних серверних, філіях і інших місцях, при проектуванні яких ніяких вимог до охолодження устаткування не пред'являлося.

Щільність розміщення ІТ-устаткування згодом збільшується, а в результаті розподілене ІТ-устаткування (маршрутизатори VoIP, комутатори й сервери) передчасно виходить із ладу через перегрів.

Як правило, ці питання попросту ігноруються: організації починають вживати необхідних заходів тільки при виникненні проблем.

Однак усе більше й більше користувачів знаходять такий підхід незадовільним і вимагають більше активних дій по забезпеченню належного рівня готовності розподіленого ІТ-устаткування.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є програмне забезпечення системи керованого охолодження серверних приміщень.

Для досягнення поставленої мети визначена програма дослідження, що складається з наступних завдань:

- Огляд існуючих систем керованого охолодження серверних приміщень.
- Дослідження системи керованого охолодження серверних приміщень.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

– Програмна реалізація системи керованого охолодження серверних приміщень.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати задачі керованого охолодження серверних приміщень.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, програмне забезпечення системи керованого охолодження серверних приміщень, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

К6ПЗ_2026

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

1.1 Призначення системи

У цей час у центрах обробки даних (ЦОД) відбуваються великі зміни. Розробки в області передачі ділових і персональних даних разом з новими технологіями, такими як віртуалізація й хмарні обчислення, перетворюють центри обробки даних у динамічні середовища з підвищеними вимогами до споживаної потужності так, як ніхто не міг пророчити кілька років назад. Вимоги до охолодження інфраструктури центра обробки даних становлять значну частину загальних вимог до електроживлення, і тому надто важливо забезпечити правильну оптимізацію для досягнення бажаних рівнів ефективності використання енергії. У майбутньому для планування центрів обробки даних надто важливо, щоб проектна рішення відповідало інфраструктурі з більшою масштабованістю й інтеграцією, що дозволяє центрам даних розвиватися, щоб справлятися з меншими потребами в споживаній потужності й менших експлуатаційних витратах. Вашій увазі пропонуються варіанти, доступні для забезпечення найбільше енергоефективних рішень для охолодження ЦОД, Дата-центрів.

Тенденції зміни споживаної потужності серверів і їхніх компонентів з технологічним прогресом

Дослідження показали, що щільність телекомунікаційного устаткування зросли з 2019 року по 2025 зроста на 300%, що привело до збільшення теплових навантажень на одиницю площі тобто збільшилося теплове навантаження на серверну стійку.

В 2025 році ЕРА (Агентство по охороні навколишнього середовища США) написало в «Звіті Конгресу про публічне право 109-431 енергоефективності серверів і центрів обробки даних (ЦОД)», що потреба в енергії центрів обробки даних в 2027 році складе 100 мільйонів КВт-ч. Всесвітня мережа, планшети,

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

онлайн-сервіси, пропоновані компаніями, хмарні обчислення: цей «великий світ» масово збільшує трафік даних і необхідність створення надійних засобів для обробки, зберігання й передачі цих даних. Такий великий ріст привів до збільшення споживання енергії центрами обробки даних: половина енергії звичайно споживається серверами, а інша половина призначена для електропостачання ІТ-пристроїв і системи охолодження, що контролює температуру й вологість у центрах обробки даних, що забезпечить надійну й ефективну роботу серверного устаткування. Постачальники серверів радять власникам центрів обробки даних у межах що рекомендуються гігротермічних обмежень протягом усього строку їхньої служби. Комітет ASHRAE у директиві TC9.9 визначив гігротермічні умови для центрів обробки даних, і розробив стандартні методичні рекомендації. Ці директиви спрямовані на стандартизацію керування обчислювальними залами для досягнення високої продуктивності й надійної роботи серверів, сервісів при одночасному зниженні енергоспоживання. Умови ставляться до повітря, що входить у сервери.

1.2 Область застосування

Охолодження ЦОД

Розглянемо устаткування, що застосовується для систем охолодження ЦОД.

Прецизійні шафові кондиціонери (HACS)

Прецизійні шафові кондиціонери – це професійні системи клімату-контролю. Призначені для технологічних приміщень, що вимагають підтримки заданих параметрів температури, вологості й чистоти повітря з високою надійністю й точністю.

Внутрірядні кондиціонери

Внутрірядні кондиціонери розраховані на відведення надвисоких теплових навантажень, типових для сучасних ЦОДів. Ідеально підходять у конфігурації з гарячими/ холодними коридорами, забезпечуючи приплив додаткового холодного повітря в холодний коридор.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Внутрістієчні системи охолодження

Внутрістієчний кондиціонер монтується в герметично закриту стійку. Використовується при відсутності в ЦОДі запасу по холодопродуктивності, коли необхідно додати стійку з електронним устаткуванням у дата-центр.

Чіллери

Чіллерами прохолоджують (або підігрівають) рідкий теплоносіє, що подається в систему трубопроводів, звідки потім попадає в теплообмінники й фанкойли. Теплоносіє має більше високу теплоємність, ніж повітря.

Градирні

Принцип градирні – охолодження великого обсягу води спрямованим потоком атмосферного повітря. Цей вид устаткування застосовується в різних системах оборотного водопостачання для зниження температури теплообмінних апаратів.

Адіабатичні системи

Принцип дії адіабатичної системи охолодження складається в розпиленні очищеної від домішок води у вигляді дрібних крапель у гаряче повітря. Вода, що випаровується в повітрі, здатна остудити його до температури, близької до температури «морого термометра».

Зовнішні блоки

Виносні компоненти прецизійної системи кондиціонування (конденсатори, компресори) монтуються поза приміщенням і з'єднується із прецизійним кондиціонером і системою безпосереднього випару магістралями хладоагенту.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, програмне забезпечення системи керованого охолодження серверних приміщень, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур, програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

Data Center Operation: Cooling Optimize

Динамічно усуває гарячі зони й заощаджує енергію завдяки інтелектуальному керуванню охолодженням.

Data Center Operation: Cooling Optimize постійно оптимізує повітряні потоки в приміщенні ЦОДу, забезпечуючи підвищену надійність і доступність. Cooling Optimize – це замкнута система, що реагує на дані у реальному часі, автоматично виявляє й усуває гарячі зони й допомагає діагностувати потенційні ризики. Даний застосунок знаходить баланс між потребою в охолодженні й мінімально можливою витратою енергії, забезпечуючи негайну економію витрат і правильну потужність охолодження в центрі обробки даних. Застосунок дає адміністраторам об'єктів можливість контролю бажаної температури й інформацію про температурні умови. Він використовує інтелектуальне програмне забезпечення, що постійно регулює систему охолодження залежно від мінливих умов навколишнього середовища. Цей відгук у реальному часі на події, що впливають на температуру, такі як переміщення, модернізація устаткування або коливання ІТ-навантаження, стабілізує повітряні потоки й дозволяє вирішити складне завдання розподілу ресурсів охолодження.

Проект Google

В 2016 році DeepMind і Google розробили систему штучного інтелекту, що моніторила окремі компоненти ЦОД. Вона давала адміністраторам у дата-центрі рекомендації про те, як оптимізувати енергоспоживання серверів. Рішення дозволило скоротити енерговитрати на роботу систем охолодження на 40% і

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

знизити коефіцієнт PUE на 15%. За словами операторів ЦОД, підказки машинних алгоритмів були корисні в роботі, але на їхню обробку йшло занадто багато часу. Тому Ден Фюнффінгер (Dan Fuenffinger), один з інженерів Google, запропонував повністю передати інтелектуальним рішенням керування системами кондиціонування. Це повинне було розвантажити операторів дата-центра, тому що тим довелося б проводити тільки тонке налаштування й контролювати весь процес.

Наступні два роки компанія вдосконалювала свою систему ШІ, і тепер вона повноцінно керує охолодженням серверних залів. Наприклад, машинний алгоритм «догадався», що взимку холодне повітря сильніше прохолоджує воду в чіллерах, і скористався цим, щоб оптимізувати витрата електроенергії. Це скоротило енерговитрати ще на 30%.

В Google вважають, що їхня розробка і її аналоги надалі допоможуть власникам ЦОД знизити витрати на системи охолодження як мінімум у два рази й знизити викиди CO₂ в атмосферу.

Як це працює

Всю систему охолодження в дата-центрі компанії моніторять тисячі фізичних датчиків. Дані з них надходять на вхід системи ШІ, розгорнутої в хмарі. Це нейромережа із п'яти схованих шарів з 50 нейронами в кожному.

Вона працює з 19 різними параметрами, серед яких значиться загальне навантаження на сервери, кількість працюючих водяних pomp, вологість повітря на вулиці й навіть швидкість вітру. Кожні п'ять хвилин система зчитує показання датчиків (це приблизно 184 тис. семплів – для навчання мережі потрібні були 70% з них, а що залишилися 30% використовували для перехресної перевірки) і використовує їх для оптимізації значення PUE.

Вона будує список прогнозів, як та або інша зміна в системі вплине на енергоспоживання дата-центра й температуру в машинному залі. Наприклад, зміна температури «холодного» коридору може викликати коливання навантаження на чіллери, теплообмінники й помпи, що, як результат, приведе до

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

нелінійних змін у продуктивності устаткування. Зі складеного списку вибираються найбільш ефективні дії, які сильніше інших знизять енергоспоживання й не приведуть до збоїв у роботі ЦОД. Далі, ці інструкції направляються назад у дата-центр, де локальна система керування ще раз перевіряє, чи відповідають вони вимогам безпеки (і їхня реалізація не приведе до непоправних наслідків).

Оскільки на системи ІІІ переклали частину відповідальності за безперебійну роботу сервісів начебто Google Search, Gmail і YouTube, розроблювачі передбачили ряд захисних мір. Серед них значаться алгоритми розрахунку показника невизначеності. Для кожного з мільярдів можливих дій система ІІІ проводить оцінку вірогідності й відразу відсіває ті з них, у яких цей показник вийшов низьким (тобто з високою ймовірністю збоїти).

Іншим методом захисту стала дворівнева верифікація. Оптимальні дії, розраховані алгоритмами МН, рівняються з набором політик безпеки, прописаним операторами ЦОД. Тільки якщо все в порядку, у роботу систем кондиціювання вносяться зміни.

При цьому оператори завжди готові відключити «автоматичний» режим і взяти керування на себе.

Схожі розробки

Компанія Google не єдина, хто розробляє рішення на базі машинного навчання для керування системами охолодження в ЦОД. Наприклад, компанія Litbit працює над технологією Dac для моніторингу споживаних обчислювальних ресурсів і електроенергії.

Щоб стежити за станом устаткування Dac використовує IoT-сенсори. Система може «чути» ультразвукові частоти й «відчувати» аномальні вібрації підлоги. Аналізуючи ці дані, Dac визначає, чи все устаткування працює правильно. У випадку виникнення неполадок, система сповіщає адміністраторів, формує тикет у техпідтримку й навіть самотійно відключає «залізо» (у критичній ситуації).

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Схоже рішення створює Nlyte Software, що об'єдналася з IoT-командою IBM Watson. Їхня система збирає дані про температуру, вологість, споживання електрики, завантаженості устаткування в дата-центрі й дає інженерам ради по оптимізації робочих процесів. Рішення працює як із хмарної, так і on-premise інфраструктурою.

Впровадження систем III в дата-центрах дозволить вийти за рамки звичних DCIM-рішень (програмних продуктів для моніторингу ЦОД). Серед експертів IT-Індустрії є думка, що незабаром більшість процесів, що протікають у ЦОД, буде автоматизовано. У результаті адміністратори в дата-центрах зможуть сконцентруватися на інших, більш важливих завданнях, що впливають на ріст і розвиток компаній.

Платформа керування інфраструктурою ЦОД Vertiv Trellis

У цей час із розвитком технологій віртуалізації й хмарних обчислень стандартний підхід до керування проектуванням, будівництвом і експлуатацією центрів обробки даних на трьох незалежних рівнях: IT сервіси, IT устаткування, інженерне устаткування, представляється статичним і вже не відповідним процесам, що відбуваються в IT галузі.

Компанія Vertiv (раніше – Avocent, Emerson Network Power) пропонує реалізацію комплексного підходу до ЦОД як до IT екосистеми, що вимагає керування.

Платформа Vertiv Trellis являє собою інноваційний програмно-апаратний комплекс керування інфраструктурою ЦОД. Це платформа, що забезпечує спільну роботу різних функціональних модулів комплексу, спеціалізованих пристроїв збору інформації з різних джерел і пристроїв забезпечення доступу до портів керування IT і інженерного устаткування ЦОД виробництва компанії Vertiv.

Універсальний пристрій керування Vertiv UMG/TIE

Апаратним компонентом платформи Trellis є універсальний пристрій керування UMG (Universal Management Gateway). Universal Management Gateway

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

займає роль основного сполучної ланки між програмними модулями керування й моніторингу з однієї сторони й фізичною інфраструктурою з інший, забезпечуючи безперервний збір даних і керування зі зворотним зв'язком для інженерного устаткування, обчислювальних і мережних засобів. Пристрій UMG взаємодіє із системами електроживлення, охолодження, датчиками параметрів середовища й устаткуванням ІТ, збираючи, уніфікуючи й передаючи необхідну інформацію у відповідні функціональні модулі платформи Trellis. Це дозволяє контролювати стан ЦОД, а також забезпечує доступ і керування ІТ і інженерними системами в реальному часі.

У випадку, якщо потрібно тільки функція моніторингу, то можна обійтися програмним забезпеченням TIE (Trellis Intelligence Engine), установленим на фізичну машину, що буде збирати, обробляти й передавати дані моніторингу на сервер Trellis.

Основними завданнями UMG є:

Моніторинг і збір даних:

- З датчиків параметрів середовища серверних приміщень ЦОД.
- З портів сервісних процесорів ІТ активів.
- З устаткування інженерної інфраструктури.

Віддалене керування активами ЦОД (Доступ/Керування) через:

- Цифровий KVM.
- Доступ Serial over IP.
- Керування через Service Processor.

ІЦ ТЕЛЕКОМ-СЕРВІС: Внутрішнє охолодження й кондиціонери

Для відведення надвисоких теплових навантажень, що виникають при роботі устаткування в сучасних ЦОД і серверних приміщеннях бажано між стійками встановлювати відповідні кондиціонери. Дані кондиціонери забирають гаряче повітря з «гарячого» простору за стійками й видають холодне повітря вперед, в «холодні» коридори перед стійками.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Для реалізації даного завдання ІЦ ТЕЛЕКОМ-СЕРВІС пропонує використовувати кондиціонери CoolTeg Plus. Охолодна здатність високоефективних кондиціонерів Conteg досягає 81 КВт.

Кондиціонери виконані в типовому колірному дизайні й форм-факторі Conteg, установлюються в ряд між шафами.

Випускаються кондиціонери з водяним охолодженням CoolTeg CW і кондиціонери безпосереднього охолодження (Direct Expansion), що включають серію CoolTeg DX з компресором, винесеним у зовнішній блок і серію CoolTeg XC з компресором, убудованим у внутрішній блок.

Системи спрямованого охолодження CoolTeg представлені моделями як з відкритої, так і із закритою архітектурою охолодження.

Компоненти рішення

Кондиціонер CoolTeg Plus CW

CoolTeg Plus CW – сімейство кондиціонерів з водяним охолодженням (Chilled Water) нового покоління з енергоефективними ЕС вентиляторами, новими високоефективні мідно-алюмінієвими теплообмінниками.

Функціональне призначення: кондиціонування ЦОД разом із системами розподілу охолодженої води. Для більшої ефективності й точності вологість і температура вимірюється в холодній і гарячій зонах.

Головна відмінна риса серії – новий контролер керування з удосконаленим інтерфейсом взаємодії, кольоровим графічним сенсорним дисплеєм 4,3 дюйми. Один такий дисплей може контролювати до 30 кондиціонерів на видаленні до 500 м.

Ефективність впровадження рішення:

- підтримка новітніх технологій;
- точність керування;
- принципово нова компонентна база: вентилятори, теплообмінники, система керування;
- підтримка TCP/IP;

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

- збільшення площі перфорації для кращого розподілу повітря;
- убудований веб-сервер для віддаленого керування;
- сумісність із системами охолодження із застосуванням фрікулінга;
- зниження температури охолодженої води від +4 °C і нижче без обмежень;
- регуляція положення трьох-ходового клапана для зміни температури води;
- зміна швидкості обертання вентиляторів для забезпечення рівномірного розподілу температур у холодній і гарячій зонах ЦОД;
- висока якість компонентів;
- першокласна продуктивність;
- ефективне зниження енергоспоживання дата-центра, краще серед устаткування цього класу;
- сумісність із системами вільного охолодження.

Кондиціонер CoolTeg Plus DX

Кондиціонери безпосереднього охолодження (Direct Expansion) з компресором, винесеним у зовнішній блок.

Функціональне призначення: Це сімейство увійшло в нове покоління рішень Conteg по спрямованому охолодженню сучасних центрів обробки даних.

Серія виконана на базі компонентів Conteg: енергоефективних вентиляторів, що кмутируються, нових мідно-алюмінієвих теплообмінників для попарного виміру вологості й температури в холодній і гарячій зонах, з використанням зовнішніх і внутрішніх агрегатів Mitsubishi Heavy Industry.

Головна відмінність серії – нова система керування, що включає сучасний контролер з унікальним ПЗ Conteg, кольоровий резистивний сенсорний дисплей діагоналю 4,3 дюйми (65000 квітів). До одного дисплея підключається до 16 кондиціонерів, розташованих на відстані до 500м.

Для кращого розподілу повітряних потоків у кондиціонерів була збільшена площа забору й видува повітря.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Внутрішні блоки

Внутрішній блок кондиціонера CoolTeg DX включає вентилятори, систему керування, випарник, працює на базі вискоєфективного холодоагенту R410A.

Будь-який внутрішній блок інтегрується з компресорно-конденсаторними агрегатами Mitsubishi Electric або Mitsubishi Heavy Industries за допомогою трубопроводу. Отримана в такий спосіб спліт-система буде функціонувати в саморегульованому режимі.

Зовнішні блоки

Зовнішні блоки МНІ оснащуються компресорами з функцією керування частотою обертання, електронними розширювальними клапанами й іншими компонентами. Зовнішні блоки випускаються в три варіанти: 7КВт, 12 КВт і 18 КВт. Разом із зовнішніми блоками МНІ кондиціонери CoolTeg Plus DX утворять вискоєфективну систему на базі екологічно чистого холодоагенту із загальним тепловим навантаженням до 100 КВт.

Ефективність впровадження рішення:

- підтримка новітніх технологій;
- висока продуктивність;
- кращі в галузі енергопонижені ЦОД;
- точність керування;
- принципово нова компонентна база: вентилятори, теплообмінники, система керування;
- підтримка TSP/IP;
- убудований веб-сервер для віддаленого керування;
- регуляція положення трьох-ходового клапана для зміни температури води;
- зміна швидкості обертання вентиляторів для забезпечення рівномірного охолодження;
- робота в діапазоні температур від -15 до +46 °С, при більше низьких температурах потрібен зимовий комплект аксесуарів.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Кондиціонер CoolTeg Plus ХС

Внутрірядні кондиціонери на базі технології безпосереднього охолодження (Direct Expansion). Серія оснащена найефективнішим інверторним компресором у галузі кондиціонування, убудованим у внутрішній блок; підключається до зовнішнього конденсаторного агрегату. Внутрірядні кондиціонери CoolTeg Plus ХС на базі технології безпосереднього охолодження (Direct Expansion) оснащені компресором, убудованим у внутрішній блок, підключаються до зовнішнього конденсаторного агрегату.

Ефективність впровадження рішення:

- відсутність протікань у ЦОД;
- безпечне розташування компресора усередині ЦОД;
- висока енергоефективність;
- плавне регулювання продуктивності від 20 до 100%;
- низький шум від зовнішнього блоку;
- різні варіанти й типорозміри зовнішніх блоків;
- оптимальне маслорозподілені для складного трасування трубопроводів;
- застосування екологічного фреону R410A;
- електронний розширювальний клапан і передова керуюча логіка;
- запобіжні клапани низького й високого тиску;
- запірні клапани на фреоном контурі для полегшення монтажу й обслуговування;
- робочий діапазон зовнішніх температур від -40 до +55 С°;
- еквівалентна довжина трубопроводів від внутрішнього блоку до зовнішнього (до 60 м).

Внутрішній блок CoolTeg Plus ХС сполучимо з будь-яким зовнішнім конденсатором, оснащеним регулятором швидкості обертання вентиляторів. Зовнішній блок підбирається виходячи з розкиду температур конденсації холодоагенту й зовнішньої температури повітря в даному регіоні. З обліком місцевих кліматичних зон в Україні рекомендоване використання «сухих» або «мокрих» (адіабатичних) конденсаторів Conteg.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування

Python – це об'єктно-орієнтована мова програмування високого рівня загального призначення з відкритим кодом. Це визначення може бути важким для новачків, тому розглянемо кожну характеристику окремо, щоб зрозуміти, що вона означає:

- Відкритий вихідний код: це безкоштовно та доступно для подальших покращень, таких як додавання корисних функцій або виправлення помилок.
- Об'єктно-орієнтована: заснована не на функціях, але в об'єктах з певними атрибутами й методами.
- Високий рівень: зручний для людини, а не для комп'ютера.
- Загальне призначення: можна використовувати для створення будь-яких програм.

Ця мова використовується в будь-якому програмному забезпеченні, про яке ви тільки можете подумати. Ви можете використовувати його для створення веб-сайтів, штучного інтелекту, серверів, програмного забезпечення для бізнесу та багато іншого. Також застосовується в науці про дані, аналізі даних, машинному навчанні, інженерії даних, веб-розробці, розробці програмного забезпечення та інших галузях.

Переваги та недоліки Python

Переваги:

– Її легко читати, вчити та писати. Це мова програмування високого рівня з англійським синтаксисом. Це полегшує читання та розуміння коду. Її дійсно легко зрозуміти і вивчити, тому багато людей рекомендують Python новачкам. Вам потрібно менше рядків коду для виконання того ж завдання в порівнянні з іншими основними мовами, такими як C/C++ та Java.

– Підвищує продуктивність. Це дуже продуктивна мова. Завдяки її простоті розробники можуть зосередитися на розв'язанні проблеми. Їм не

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

потрібно витрачати багато часу на розуміння синтаксису або поведінку мови програмування. Ви пишете менше коду та виконуєте більше завдань.

– Інтерпретована мова. Python мова, що інтерпретується, а це означає, що вона безпосередньо виконує код по рядку. Якщо сталася помилка, вона зупиняє подальше виконання та повідомляє про її виникнення. Вона показує лише одну помилку, навіть якщо у програмі їх кілька. Це спрощує налагодження.

– Динамічно типізована. Python не визначає тип змінної, доки ми не запустимо код. Вона автоматично надає тип даних, коли відбувається процес виконання. Фахівець може не турбуватися про оголошення змінних та типи даних.

– Безкоштовна та з відкритим вихідним кодом. Ця мова постачається під схваленою OSI ліцензією з відкритим вихідним кодом. Це робить його безкоштовним для використання та розповсюдження. Ви можете завантажити вихідний код, змінити його та навіть розповсюджувати свою версію. Це корисно для організацій, які хочуть використати свою версію для розробки.

– Підтримка великих бібліотек. Стандартна бібліотека Python є величезною, ви можете знайти майже всі функції, необхідні для вашого завдання. Таким чином ви не залежите від зовнішніх бібліотек.

– Портативність. У багатьох мовах, таких як C/C++, потрібно змінити свій код, щоб запустити програму на різних платформах. З Python все інакше. Ви тільки пишете один раз і запускаєте її будь-де.

Недоліки:

– Низька швидкість. Вище ми обговорювали, що це інтерпретована мова з динамічною типізацією. Порядкове виконання коду часто призводить до повільного виконання. Динамічна природа Python також є причиною її низької швидкості, оскільки їй доводиться виконувати додаткову роботу при виконанні коду. Тому вона не підходить для цілей, де швидкість важливий аспект проєкту.

– Неєфективна для пам'яті. Ця мова програмування використовує великий обсяг пам'яті, це може бути недоліком при створенні програм, коли віддають перевагу оптимізації пам'яті.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

– Слабка у мобільних обчисленнях. Python зазвичай використовується у серверному програмуванні. Ми не бачимо – її на стороні клієнта або в мобільних програмах з таких причин: вона не заощаджує пам'ять і має повільну обчислювальну потужність у порівнянні з іншими мовами.

– Доступ до бази даних. Програмувати на цій мові легко, але коли ми взаємодіємо з базою даних, її не вистачає. Рівень доступу до бази даних у Python примітивний та недостатньо розвинений у порівнянні з іншими популярними технологіями.

– Помилки виконання. Це мова з динамічною типізацією, тому тип даних змінної може змінюватись у будь-який час. Змінна, що містить ціле число, у майбутньому може містити рядок, що може призвести до помилок виконання.

Застосування Python:

– Для аналізу даних. Дані стали цінним активом у будь-якій сучасній галузі, і більшість компаній зацікавлені у збиранні, обробці та аналізі релевантних даних, щоб витягти з них цінну інформацію для бізнесу. І тут Python виходить за межі будь-якої конкуренції. Python особливо цінна тим, що крім великої стандартної бібліотеки надає величезний набір додаткових модулів, розроблених спеціально для аналітичних цілей. Найвідоміші бібліотеки Python для аналізу даних – це pandas і NumPy . Ці інструменти дозволяють робити з вашими даними майже все, наприклад, очищати і аналізувати їх, вивчати статистику або візуалізувати приховані тенденції у ваших даних.

– Для візуалізації даних. Візуалізація даних – це окрема частина аналізу даних, яка допомагає нам подавати інформацію, необроблену чи очищену, у більш змістовній формі. Тут Python знову входить у гру, пропонуючи широкий спектр інструментів візуалізації даних. Найпопулярніші з них – matplotlib і заснований на ній seaborn. Використовуючи їх, ми можемо створювати буквально всі види візуалізації: від найпростіших до складніших.

– Для машинного навчання. Машинне навчання (ML) є основою більшості завдань науки даних. Він є областю штучного інтелекту, пов'язаною з

використанням алгоритмів, що дозволяють машинам вивчати закономірності та тенденції на основі історичних даних, щоб робити прогнози на основі невідомих даних. – Використовуючи методи ML, ми можемо створювати моделі, які можуть точно передбачити швидкість відтоку клієнтів компанії, оцінити ризик виникнення у людини певного захворювання, визначити оптимальне розташування автомобілів таксі й т.д. За допомогою Python ми можемо побудувати модель ML, використовуючи лише три рядки коду.

– Для розробки програмного забезпечення. Крім свого багатостороннього застосування в галузях науки про дані, Python використовується на кожному етапі розробки програмного забезпечення, включаючи контроль складання, автоматичну безперервну компіляцію, прототипування, відстеження помилок, тестування та обслуговування програмного забезпечення. За допомогою цієї мови можемо створювати аудіо- або відеопрограми на основі методів штучного інтелекту, машинного навчання, API (інтерфейсів прикладного програмування), GUI (графічних інтерфейсів) або будь-якого іншого типу програмного забезпечення.

– Для веброзробки. У той час як для створення візуальної частини вебсайту ми переважно будемо використовувати такі мови, як HTML, CSS та JavaScript, для його невидимої частини ми часто вибираємо Python. Серед масштабних вебсайтів та програм, створених за допомогою цієї мови, варто згадати Google, Facebook, Instagram, YouTube, Dropbox та Reddit.

– Для автоматизації задач/скриптингу. Це відмінний інструмент для написання програм для автоматизації різних завдань, що повторюються. Цей процес називається скриптингом. Зокрема, можна робити скрипти для роботи з файлами та папками. Наприклад, можна створювати, перейменовувати, перетворювати, розділяти, об'єднувати або видаляти файли, перевіряти їх наявність помилок. Ви також можете використовувати автоматизацію Python для пошуку та завантаження інформації з Інтернету, заповнення та надсилання онлайн-форм та надсилання регулярних повідомлень або електронних листів.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Яким фахівцям потрібно володіти Python:

- Фахівець з даних.
- Аналітик даних.
- Інженер даних.
- Інженер з машинного навчання.
- Журналіст даних.
- Архітектор даних.
- Повний стек веб-розробника.
- Backend-розробник.
- DevOps-інженер.
- Інженер-програміст.

Можемо зробити висновок, що Python ще довго буде популярною мовою, хоч і має низку недоліків. Цю мову використовують для створення вебсайтів, штучного інтелекту, серверів, програмного забезпечення для бізнесу, аналізу даних, машинного навчання, інженерії даних та для багатьох інших областей. Це перспективна і затребувана навичка, яка необхідна у всіх галузях.

2.3 Розгорнута постановка завдання

Згідно з технічним завданням на випускню кваліфікаційну роботу за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, реалізації підлягає програмне забезпечення, яке призначено для системи керованого охолодження серверних приміщень.

В процесі розробки випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти необхідно виконати наступний обсяг роботи:

а) провести аналіз існуючих систем-аналогів для виявлення їх позитивних і негативних якостей. Результати аналізу врахувати в подальших розробках;

б) вибрати та обґрунтувати методику побудови системи контролю роботи технологічного обладнання на виробництві в автоматизованому режимі.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Розробити функціональну та структурну схеми системи;

в) розробити програмне забезпечення системи, що дозволить реалізувати поставлену технічним завданням задачу. Побудувати блок-схеми алгоритмів програми та підпрограми;

г) організувати інтерфейс користувача з метою формування та виводу на екран ЕОМ повідомлень про некоректні дії користувача та нестандартні ситуації в роботі технологічного обладнання;

д) розробити рекомендації по організаційних та методичних заходах, які забезпечать впровадження системи в промислову експлуатацію та її подальшу успішну експлуатацію;

е) провести розрахунки по визначенню економічної ефективності розробленої системи;

ж) розробити заходи по охороні праці при впровадженні та експлуатації системи, а також розробити заходи з цивільного захисту;

з) сформулювати висновки про виконаний обсяг робіт та одержані результати.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Опис функціонування системи

Нижче викладаються основні принципи охолодження невеликих розподілених ІТ-середовищ і даються рекомендації з виробітку ефективних специфікацій і проектуванню допоміжних систем охолодження.

Прийнятна робоча температура в серверних

Щоб правильно підібрати рішення для охолодження серверної, спочатку необхідно визначити температуру, при якій буде функціонувати устаткування в цьому приміщенні. Постачальники звичайно вказують максимальну температуру навколишнього середовища, при якій воно здатно працювати: для активного ІТ-устаткування середній показник становить 40°C (мова йде про температуру, при якій постачальник може забезпечити належну продуктивність і стійкість роботи своїх пристроїв протягом гарантійного періоду).

При цьому необхідно пам'ятати, що функціонування в таких умовах не забезпечує такого ж рівня готовності й довговічності, як при більш низьких температурах. Саме тому деякі постачальники, крім максимальної, вказують також рекомендовану робочу температуру. Звичайно вона становить від 21 до 24°C.

Рекомендовану й дозволена для ІТ-устаткування робочу температуру публікує також технічний комітет ТС 9.9 Американського суспільства інженерів по опаленню, охолодженню й кондиціюванню повітря (American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers, ASHRAE). Ціль полягає в тім, щоб надати орієнтир для забезпечення необхідної стійкості й продуктивності апаратних засобів.

Температуру варто підтримувати не вище 25°C. Якщо ж це неможливо, у серверні з менш критичним устаткуванням верхня межа становить 32°C. У

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

випадку перевищення цього показника є ризик виходу устаткування з ладу. 32°C – це той максимум, що Міжнародна організація по стандартизації (International Organization for Standardization, ISO) вважає припустимим при невеликому навантаженні.

Особлива увага варто приділити серверним із установленими в них джерелами безперебійного живлення (ДБЖ). Підвищення температури набагато сильніше впливає на довговічність батарей, чим на інші типи ІТ-устаткування. При 40°C батарея типового ДБЖ проработить усього 1,5 року, тоді як у нормальних робочих умовах – 3–5 років. Тому обов'язковою вимогою повинна стати температура нижче 25°C. Альтернативним варіантом може бути розміщення централізованих ДБЖ у добре охолоджуваному місці за межами серверної.

Основні принципи відводу тепла

Для кращого розуміння суті питання корисніше було б сформулювати його по-іншому – з погляду відводу тепла, а не подачі холодного повітря. Якщо тепло не відводити, воно буде накопичуватися у всіх замкнутих просторах, де перебуває устаткування, а виходить, температура стане підвищуватися. Кожний кіловат споживаної ІТ-устаткуванням електроенергії створює кіловат тепла, яких необхідно відвести.

Тепло можна зрівняти із предметом, що котиться долілиць. Воно передається від об'єкта або середовища з більше високою температурою до об'єкта або середовища, у яких температура нижче. Щоб відвести тепло, його потрібно направити в більше холодне місце. У багатьох реальних ситуаціях така можливість відсутня.

Тепло може покинути невеликий замкнутий простір, якимось є офіс або серверна, п'ятьома різними способами:

Природна теплопровідність. Тепло йде через стіни в зовнішнє середовище.

Пасивна вентиляція. Тепло йде в більше холодне середовище через вентиляційний отвір або ґрати без застосування вентилятора.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Примусова вентиляція. Тепло приділяється за допомогою вентилятора в більше холодне середовище через вентиляційний отвір або ґрати.

Клімат-контроль. Тепло віддається за допомогою охолодних систем будинку.

Виділена система охолодження. Тепло приділяється за допомогою спеціального кондиціонера.

П'ять перерахованих методів мають різні ефективність, обмеження й вартість. Користувачі повинні розуміти, який метод використовується або пропонується в конкретній ситуації, який більше підходить із обліком існуючих обмежень і переваг і як повинні визначатися вимоги до проекту.

Природна теплопровідність: тепло йде через стіни

У закритих підсобних приміщеннях, які зустрічаються досить часто, єдиним способом відводу тепла є кондуктивний теплообмін через стіни. Щоб цей метод працював, повітря усередині приміщення повинен бути більше теплим, чим зовні. Причому температура в ньому росте тим сильніше, чим вище рівень енергоспоживання працюючого ІТ-устаткування.

Передбачувані умови для типовий серверної

Для опису типовий серверної звичайно використовується екстенсивна модель, що враховує теплопровідність стін, конвекцію й випромінювання. Під конвекцією розуміються природний теплообмін зі стінами кімнати й заданий повітряний потік (у результаті витоку повітря).

Типова серверна підтримує енергоспоживання до 400 Вт, якщо температура в ній не повинна перевищувати 25°C, і 1000 Вт, якщо прийнятним рівнем вважається значення 32°C.

Втім, серверні відрізняються своїми розмірами й використаними будматеріалами, а на співвідношення між температурою й енергоспоживанням впливають і інші фактори, які обмежують використання цього методу.

Найбільш очевидний фактор – розміри приміщення. Чим більше кімната, тим краще розсіюється тепло завдяки більшій площі стін, стелі й підлоги. І чим

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

вона менше, тим нижче ефективність охолодження за рахунок природної теплопровідності.

Матеріали, використовувані при будівництві стін, стелі й підлоги, теж впливають на співвідношення між температурою й робочим навантаженням, оскільки здатність пропускати тепло в різних матеріалів різна. Якщо ми замінимо стіни з гіпсокартону й панельна підвісна стеля, наведені в прикладі вище, на 10-сантиметрові бетонні стіни й 10-сантиметрові залізобетонні перекриття, ефективність охолодження помітно підвищиться.

Найчастіше ефективність охолодження за рахунок природної теплопровідності знижується через підвищення температури усередині будинку після відключення систем кондиціонування на вихідні. Коли таке відбувається, температура в серверній з ІТ-устаткуванням синхронно збільшується. У нашій прикладі при збільшенні у вихідні дні температури усередині будинку з 20 до 29°C (тобто на 9°C) можна чекати відповідного збільшення на 9°C і усередині серверної. Це означає, що в критичній серверній, де температура не повинна перевищувати 25°C, прийде відключити все навантаження, а в некритичній, де можна допустити 32°C, рівень енергоспоживання не повинен бути вище 250 Вт.

Ще одне обмеження такого методу охолодження пов'язане з тим, що, якщо стіни приміщення одночасно є зовнішніми стінами будинку, температура усередині буде залежати від температури зовнішньої стіни, на яку впливають як стан навколишнього середовища, так і нагрівання під впливом сонця. Тому приміщення, що примикає до зовнішніх стін, у сонячні дні може перегріватися. У нашій прикладі в кімнаті розміром 3 × 3 × 3 м при температурі 38°C на вулиці й сонячній тепловіддачі 1000 Вт/м² можна чекати підвищення температури усередині приміщення на 4–7°C.

Ефективність охолодження за рахунок природної теплопровідності в закритих приміщеннях варіюється залежно від їхніх розмірів, конструкційних матеріалів і зовнішніх умов. У загальному випадку охолодження винятково за рахунок теплопровідності в критичних залах виявляється досить, якщо загальне

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

енергоспоживання усередині приміщення не перевищує 400 Вт. При цьому варто враховувати вплив і інших факторів, перерахованих вище. У некритичних приміщеннях такий тип охолодження можна використовувати, якщо енергоспоживання устаткування не перевищує 1000 Вт.

Отже, цей метод придатний тільки при використанні малопотужних ІТ-пристроїв, наприклад стекових мережних комутаторів. Як видно з наведених вище прикладів, при збільшенні енергоспоживання температура швидко збільшується. Урахуйте, що тепло виділяють і інші споживачі енергії, зокрема електричні лампочки. Тому висвітлення залу потрібно організувати з використанням економічних джерел, які автоматично відключалися б, коли в приміщенні нікого немає.

Пасивна й примусова вентиляція: тепло приділяється в більше холодне середовище через вентиляційні отвори й ґрати

Зали можна проохолоджувати за допомогою повітря, що надходить із іншої частини будинку. При цьому застосовується як пасивна вентиляція через спеціальні отвори й воздухозаборники, так і активна – за допомогою вентиляторів. Основна умова полягає в тім, щоб температура в залі не перевищувала значно температуру в будинку.

У випадку примусової вентиляції температура підвищується повільніше (у порівнянні з пасивною), при цьому передбачається, що потік повітря генерується зі швидкістю 226,5 л у секунду. Ріст температури знижується в міру збільшення потоку повітря. Для цього необхідно встановити вентилятори більшої потужності або додаткову вентиляційну систему.

Вентиляція – дуже практичний метод охолодження залу. Для критичних приміщень при енергоспоживанні нижче 700 Вт цілком достатньо пасивної вентиляції, а якщо енергоспоживання становить від 700 до 2000 Вт, упорається примусова. Підтримка ще більш високих рівнів енергоспоживання досягається шляхом збільшення потужності вентиляторів або установки додаткових вентиляційних систем.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

У некритичних приміщеннях для енергоспоживання, що не перевищує 1750 Вт, досить пасивної вентиляції, а у випадку 1750–4500 Вт – примусової. Правильне розміщення вентиляційних отворів і вентиляторів стосовно ІТ-устаткування теж сприяє ефективному охолодженню. При цьому методі важливе значення мають зовнішні фактори, роль яких була проілюстрована на мал. 4 і 5.

Клімат-контроль: тепло можна відводити за допомогою охолодних систем будинку

У багатьох будинках уже встановлені системи кондиціонування повітря або об'єднані системи кондиціонування й обігріву, що дозволяють створити комфортні умови для персоналу. Звичайно в таких рішень є система каналів і воздуховодів, якою можна скористатися при прокладці додаткових вентиляційних каналів. Однак за допомогою простого додавання останніх рідко вдається вирішити проблему охолодження залів, найчастіше, навпроти, ситуація тільки збільшується.

Системи комфортного кондиціонування періодично включаються й відключаються. Як стандартний засіб контролю звичайно використовується термостат, що розміщається в заданій зоні, але не в серверній. Для невеликого простору серверної, у якій перебувають ІТ-пристрою, це означає, що температура буде те знижуватися, то зростати. Однак її істотні перепади наносять ще більша шкода устаткуванню.

Передовий досвід використання систем комфортного кондиціонування передбачає ослаблення заданих налаштувань температури по ночах і у вихідні з метою економії електроенергії. Деякі системи взагалі відключаються. Якщо серверна є частиною більшої зони, середня температура в ній збільшується відповідно до заданого обмеження. При додаванні каналу прийде зробити вибір між даремною витратою електроенергії по ночах і вихідним і ще більшим збільшенням температурних стрибків у серверній.

Щоб використовувати систему комфортного кондиціонування для охолодження серверної, її потрібно перетворити у виділену зону із власними

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

прямими й зворотними каналами, повітророзподільними пристроями (вентиляторним доводчиком, системою кондиціювання зі змінною витратою повітря) і керуючими пристроями (термостатами). Але таке рішення непрактично.

Організація виділеної зони для серверної сполучена з наступними труднощами:

- Забезпечення адекватного постійного статичного тиску у вхідному каналі системи кондиціювання зі змінною витратою повітря (Variable Air Volume, VAV), особливо в жаркі літні дні, коли охолодне устаткування працює на повну потужність.

- Дуже низька щільність розсіюється мощності, що. Більшість систем комфортного охолодження повинні забезпечувати охолодження на рівні 43–54 Вт/м², що еквівалентно 150 Вт на стійку (якщо вважати, що кожна стійка займає 2,8 м²).

- Недостатня масштабованість.

- Висока вартість реалізації.

Найчастіше центральна система охолодження є частиною основної або додаткової системи опалення. У таких ситуаціях вхідний воздуховод, побудований для охолодження серверної, у зимові місяці буде подавати туди тепло. А це завжди небажано.

Втручання в систему комфортного кондиціювання будинку для охолодження ІТ-приміщень у загальному випадку неприпустимо. Якщо воздуховод уже існує, його потрібно забрати або відключити або замінити або доповнити одним з інших раніше вже описаних підходів.

Спеціальне охолодження: тепло може приділятися виділеним кондиціонером повітря

Найбільш ефективний спосіб забезпечити контроль за температурою в серверної – це установка виділеного устаткування для кондиціювання приміщення. Однак, у порівнянні з використанням пасивної або примусової

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

вентиляції, виділене кондиціонування може виявитися занадто складним і дорогим рішенням. Такий варіант варто вибирати, тільки коли це дійсно потрібно.

У загальному випадку виділену систему кондиціонування рекомендується встановлювати, коли рівень потужності перевищує приблизно 2000 Вт для критичних серверних приміщень і 4500 Вт для некритичних. При визначенні потужності дуже важливо враховувати докладні специфікації енергоспоживання, надані постачальником ІТ-устаткування, і встановити рівень потужності для конкретної конфігурації ІТ-устаткування.

Як правило, фактична потужність конкретного устаткування значно нижче номінальної, котра вказується на задній панелі, і її правильне визначення може позбавити від істотних витрат і зменшити складність системи охолодження. Приміром, конфігуруємі маршрутизатори з номінальною потужністю 5-6 КВт насправді споживають усього 1-2 КВт. При правильних розрахунках, можливо, кондиціонер і не знадобиться.

Бувають ситуації, коли виділений кондиціонер потрібний, навіть якщо вентиляція представляється технічно життєздатною альтернативою. До таким ставляться:

- наявність у вентиляційному повітрі за межами серверної значної частки пилу й інших забруднюючих речовин;;
- схильність вентиляційного повітря за межами серверної істотним перепадам температури;;
- неможливість додавання вентиляційних воздуховодів у зв'язку з особливостями умов оренди або ремонту.

У таких випадках вентиляція, у якій використовується повітря, що перебуває усередині будинку, виявляється нежиттєздатною альтернативою й залишається єдиний варіант – монтаж виділеної системи кондиціонування.

Вплив ДБЖ на систему охолодження серверної

Загальна й рекомендована практика полягає у використанні в серверних невеликих розподілених систем ДБЖ для забезпечення безперервності бізнесу.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Залежно від пропонованих вимог вони можуть надавати резервне живлення ІТ-навантаження протягом короткої або збільшеного (більше години) періоду часу. У кожному разі теплове навантаження, створюване ДБЖ, що значно нижче відповідає навантаження ІТ-устаткування, і її можна проігнорувати.

При наявності ДБЖ ІТ-устаткування як і раніше буде протягом якогось часу генерувати тепло у випадку припинення енергопостачання. Тому охолодна система не повинна відключатися. Якщо тривалість розрахункової роботи від ДБЖ менше 10 хв, термальна маса повітря й поверхні стін усередині серверної зберігають температуру в розумних межах. Ніяких попередніх мір уживати не потрібно.

Якщо ж ДБЖ спроектовані для підтримки навантаження протягом більш ніж 10 хв, системи охолодження повинні працювати протягом усього цього періоду. Це означає, що при використанні системи примусової вентиляції або повітряного кондиціонера вентилятор і кондиціонер повинні одержувати енергопостачання від ДБЖ. Потреба в енергопостачанні вентилятора або кондиціонера потрібно враховувати при розрахунку необхідної потужності ДБЖ.

У випадку примусової вентиляції ця проблема коштує не так гостро, але для кондиціонерів потрібні значно могутніший ДБЖ і більше ємні батареї (найчастіше пусковий струм кондиціонера в 4-6 разів перевищує номінальний). Тому при наявності можливості варто використовувати не кондиціонери, а примусову вентиляцію.

Практичною й економічною альтернативою кондиціонеру, виділеному для ДБЖ, вважається установка примусової вентиляції. В ідеалі вентиляційна система повинна одержувати енергопостачання при будь-яких умовах, щоб забезпечувати певний рівень повітрообміну в кімнаті. При цьому виділений кондиціонер не задіяний. Система примусової вентиляції виконує резервну роль до моменту відновлення енергопостачання (і автоматичного повторного запуску кондиціонера).

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Атрибути ефективної примусової вентиляції

На підставі вищевикладеного можна зробити вивід, що надмірне тепло в серверній повинне викликати обґрунтоване занепокоєння, а найпростішими рішеннями в цьому випадку є пасивна або примусова вентиляція. Незважаючи на те що користувачам доступний великий вибір таких систем, існують і готові рішення з гарними характеристиками, призначені спеціально для охолодження серверних.

Для більшості ІТ-приміщень найбільш ефективною й практичною стратегією охолодження є вентиляція. Добре спроектована й реалізована система пасивної вентиляції ефективна при низьких рівнях навантаження. Для серверних, де встановлені маршрутизатори VoIP і сервери з високим рівнем енергоспоживання, рекомендується спроектувати примусову вентиляцію.

Коли рівень енергоспоживання в критичні серверні перевищує 2000 Вт (4500 Вт у некритичних серверні) або навколишнє повітря за їхніми межами стає гарячим, неконтрольована або забрудненим, краща установка виділеного кондиціонера повітря. Використовувати існуючі системи комфортного кондиціонування для охолодження серверної небажано, оскільки майже завжди можливі коливання температури усередині приміщення.

Поява вентиляційних систем, спеціально розроблених для ІТ-приміщень, спрощує процес вибору й дозволяє впроваджувати стандартизовані рішення для їхнього охолодження.

3.2 Розробка структурної схеми

Центри обробки даних (ЦОД) виробляють величезну кількість тепла – комп'ютер і системи зберігання, які в них перебувають, перетворюють 90% своєї вхідної потужності в тепло. Щоб устаткування справно працювало, це тепло необхідно механічно остудити або забрати із простору ЦОД. Ще більше ускладнює це завдання те, що необхідно строго підтримувати належну якість

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

повітря й безпеки дата-центра, що приводить до додаткових витрат, складності конструкцій і роботи охолодження ЦОД. Охолодження дата-центра – це дуже специфічне завдання для сфери кондиціонування й вентиляції повітря (HVAC).

Кращі розробки й конструкції по усьому світі звичайно проходять перевірку Американського суспільства інженерів по опаленню, охолодженню й кондиціонуванню.

Величезна кількість експлуатаційних і капітальних витрат (ОРЕХ і CAPEX), понад 100%-200% енерговитрат від комп'ютерного навантаження доводилося витрачати на системи охолодження дата-центрів. Сфера опалення, вентиляції й кондиціонування представляла єдину область для економії засобів і збільшення ефективності в дата-центрах.

З 2004 року не так багато сфер конструкції ЦОД піддалися таким поліпшенням, як область охолодження. Теплові навантаження, спочатку від обробки даних за допомогою блейд-сервера, а тепер і від всіх ефективних обчислювальних операцій, сприяли постійному збільшенню максимальної щільності теплового потоку в дата-центрах, що іноді перевищувала 35 КВт на стійку. Це означає збільшення щільності теплового потоку в дата-центрах більш ніж на 300 % за останні десять років, у той час як сучасне «стельове» охолодження становить менше 50 % енерговитрат – незалежно від сезону й зовнішньої температури – залежно від рівня резервності й відказостійкості.

Система охолодження рівня Tier IV являє собою систему 3N з відказостійкими системами, що обслуговуються паралельно. З достатньою кількістю резервних холодильних контурів, контурів відводу тепла й трьома холодильними машинами з 100 % потужністю, що працюють із ефективним частковим навантаженням, система може витримати кілька одночасних відмов елементів, без впливу на критичне навантаження.



Рисунок 3.1 – Структурна схема системи

Фальшпол і агрегати CRAC

Продовжуючи праворуч ліворуч на діаграмі вище, CRAC (прецизійні кондиціонери повітря для комп'ютерних приміщень) – це голосні, звичайно одноколірні елементи в приміщенні дата-центра, які роблять сильну циркуляцію холодного повітря. Як правило, з їхньою допомогою також можна регулювати рівень вологості.

Агрегати CRAC перебувають на фальшполу (біла плитка з антистатичних матеріалів, що є частиною характерного виду ЦОД). Область, де холодне повітря циркулює під підлогою, являє собою простір фальшполу (система розподілу обробленого повітря); це важлива частина системи повітряних потоків. Деякі дата-центри відмовляються від капітальних витрат на створення простору фальшполу. У результаті збільшуються робочі витрати, тому що неможливість контролювати змішування гарячого й холодного повітря скорочує концентрації нагрівання, що є вирішальним для ефективного охолодження.

Простір фальшполу повинне мати кілька загороджень. Усе, що перебуває під підлогою (наприклад, кабельна мережа) повинне бути обмежене й укладене в

канал, щоб скоротити «гальмування» повітряного потоку. Завдання фальшполю – забезпечити безперешкодний шлях подачі холодного повітря в будь-яке місце ЦОД. Плити фальшполю змінні й взаємозамінні, це дозволяє при необхідності здійснювати перерозподіл повітря.

Найбільш ефективні агрегати CRAC не мають компресорів або елементів, що рухаються, крім вентиляторів і клапанів; головним чином вони працюють як теплообмінники. У деяких конструкціях в установки CRAC поміщені компресорні агрегати – але менші компресори звичайно менш ефективні й, більше того, тому що компресори виробляють тепло, їм потрібно більше працювати для відводу їхнього власного тепла з дати-центра.

Найбільш ефективні агрегати CRAC використовують холодильні контури з охолодженою водою для виробітку холодного повітря. Простіше говорячи, повітря пропускається через охолоджену батарею теплообмінника (як у радіаторі вашої машини) і в результаті проохолоджуються. Температура холодильного контуру дуже важлива – при занадто високій виробляється недостатньо охолодження, занадто низька температура може стати причиною конденсації. У традиційній конструкції кращою температурою холодильного контуру вважається температура між 7,2 °C і 11,1 °C – залежно від навколишнього середовища й сезону. (Для виробітку повітря при 18,3 °C холодильний контур повинен мати температуру ~ 4,4 °C . Якщо зовнішня температура становить 37,8 °C, різниця повинна становити 33,3 градусів).

Холодильний контур небагато нагрівається, коли проходить через кожний агрегат CRAC. Тому холодильний контур повинен мати певний розмір, щоб переносити досить води для того, щоб вода для останніх установок CRAC залишалася в достатній мері охолодженою. За допомогою вискоефективних водяних насосів можливо підтримувати послідовний і досить повільну витрату води кожного контуру, що гарантує найбільш ефективну роботу (якщо вода рухається занадто швидко, теплообмінник не проохолоджується належним чином).

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Резервні холодильні контури

Як і у випадку з усіма системами дата-центра, потрібно враховувати ризик відмови й проблему технічного обслуговування. Установки CRAC через певні інтервали часу повинні проходити технічне обслуговування, деякі елементи необхідно замінити. У певних випадках клапани на контурах охолодження й самі труби вимагають обслуговування або заміни. Без подвійних резервних холодильних контурів ЦОД не може проводити обслуговування основної холодильної установки без скорочення потужності або переривання роботи. Деякі дата-центри намагаються обійти цю проблему, працюючи над технічним обслуговуванням пізно вночі або в самі холодні місяці, але правильна конструкція допомагає клієнтам уникнути подібного роду ризиків і обмежень.

Значною статтею витрати в ЦОД TierIV є резервні холодильні контури. Якщо дата-центр не ставиться до TierIV, швидше за все, у нього їх не буде. Ретельно перегляньте їхні блок-схеми.

Значні ризики, яким піддається ваша холодильна установка внаслідок закупорки, води поганої якості й інших факторів знижує ефективність роботи й може викликати відмову системи охолодження. Тільки сертифіковані дата-центри мають перевірені методики й технологіями для розробки й обслуговування всього важливого устаткування.

Резервні холодильні машини

У той час як тепло дата-центра переходить у воду установок CRAC, вода з холодильного контуру проходить у систему холодильної машини, зображену в центрі схеми. Холодильні машини оснащені високоефективним компресором для відводу тепла від холодильного контуру (праворуч на схемі) до контуру відводу тепла (ліворуч на схемі). Контури відводу тепла ще називають «зовнішніми» контурами. Найбільш ефективні холодильні машини обладнані відцентровими компресорами, менш ефективні використовують спіральні або компресори іншої конструкції. Холодильні машини є найбільшим споживачем енергії в холодильній установці, тому представляють багато можливостей для поліпшення

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

ефективності за допомогою інтелектуальних інновацій. Як показано на схемі устаткування, можна з'єднати не більше 3 холодильних машин між холодильним і зовнішнім контурами. Крім очевидних переваг відказостійкості й резервності, це також представляє важливий аспект енергоефективності. Загалом, більше ефективним є використання двох холодильних машин на 50 % їхній потужності, чим однієї – з 100 % потужністю. Виміру в цій галузі промисловості й дані виробника доводять, що холодильні машини більше ефективні при часткових навантаженнях (менш чим 100 %), чим із застосуванням повної потужності. Тому часто вигідніше використовувати більше холодильних машин з більше низьким рівнем потужності, чим менша кількість – з повною потужністю.

Багато операторів дата-центрів не мають альтернативи щодо цього. З лише двома холодильними машинами на об'єкт або «модуль», – це пропозиція з ряду «всі або нічого»... або ще гірше – резервна холодильна машина використовується як головна установка! Завдяки наявності декількох холодильних машин, система працює з високою ефективністю (тобто, скорочений PUE) при підтримуванні повністю резервної 100 % потужності.

Резервні градирні

Градирні – це високоефективні установки відводу тепла, які переміщують тепло від «зовнішнього» холодильного контуру (у зовнішнє повітря). Тому що вони піддані впливу природних явищ, необхідністю є якість води й ретельне техобслуговування.

У найбільш ефективних градирнях – «відкритих» – випар використовується для охолодження води на вході до температури по «вологодому термометрі». Менш ефективні конструкції, «закриті» градирні, жертвують ефективністю заради деякого скорочення техобслуговування – вони обмежуються досягненням більше високої температури по «сухому термометрі». (Для початківців: температура по вологодому термометрі – це найбільш низька температура, який можна досягти винятково випаром води. Температура по сухому термометрі вимірюється звичайним термометром, без обліку вологості).

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

У теплі пори року температура градирні вище. Чим вище температура градирні, тим більше доводиться працювати холодильній машині, щоб відвести тепло.

Так само, як і з холодильними машинами, експлуатація декількох холодильних машин із частковим навантаженням – тобто, з менш чим 100 % швидкістю – поліпшує ефективність завдяки збільшенню площі поверхні, з якої залишає систему. Система використовує декілька градирень на своєму об'єкті WDC-8 для поліпшення ефективності без ризику для запасних градирень із 100% потужністю.

Ремонтний байпас

Кожний компонент холодильної установки встановлений з як мінімум одним ремонтним байпасом. Система охолодження являє собою серію контурів, це дозволяє витягати потребує ремонту або обслуговування компонента із системи без переривання роботи.

Навіть ремонтні байпаси вимагають техобслуговування! Резервні контури охолодження призначені для того, щоб навіть техобслуговування ремонтних байпасів не впливало на роботу установки.

Надійність подачі води

Холодильні установки ефективних ЦОД дійсно використовують багато води. Так само, як і у випадку з резервними системами енергопостачання, які дата-центр використовує для захисту своєї роботи, вода також є важливим уводити^ся ресурсом, що. Подібно контактам система по дозаправленню для дизельних генераторних систем, компанія також підтримує контракти по «дозаправленню» водою, щоб виключити можливість перебоїв подачі води – але й це ще не все.

Щоб відповідати вимогам TIA-942 Tier IV, ЦОД повинен мати у своєму розпорядженні істотні водні резерви на місці. Для об'єкта система WDC-8 це приймає різні форми. Насамперед, локальна шпара (з резервними насосами – не показані на схемі) робить досить води для дата-центра. Навіть в тому

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

малоймовірному випадку, якщо сильна посуха перешкодить оптимальній роботі шпари, у резервуарі для води з подачею самопливом зберігаються тисячі літрів води, яких вистачить на значний період роботи.

Що собою представляє резервуар для води з подачею самопливом? Простіше говорячи, це резервуар для води, установлений високо над градірнями. Це дозволяє використовувати силу ваги (і осмотичний тиск), щоб наповнити градірні й забезпечити воду для випару. Тому що немає насоса як такого, немає й ризику відмови насоса й немає енерговитрат на його використання. Сила ваги працює завжди й ця конструкція – гарантія високої ефективності. У холодну погоду резервуар підігрівається електричні, щоб уникнути замерзання води. Таким чином, навіть у самий холодний день року аварійне водопостачання доступно в будь-який момент.

Це лише деякі приклади, але ними не обмежується той рівень уваги й розробки, що необхідний для роботи найбільш надійна дата-центрів світу, що підтверджується сертифікованим ЦОД TIA-942.

Температура в дата-центрі

Недавні зусилля ASHRAE поліпшити ефективність минулого спрямовані на температуру в даті-центрі. Раніше, температура в ЦОД повинна була підтримуватися в районі 65F (18C), з відносною вологістю 50%, щоб забезпечити належне охолодження комп'ютерних систем. Багато хто із цих стандартів не обновлялися істотно з 1950-х. У більшості випадків підтримувати таку температуру не тільки дорого, але ще й не відповідає сучасним вимогам, тому що необхідно відвід тепла, а не просте постачання холодним повітрям. Від «гарячих крапок» часто страждають оператори дата-центрів, тому що устаткування різного розміру перебуває в небезпечному або потрібним місці у випадковому порядку, без обліку конструкції холодильної установки. Для рішення проблеми цих «гарячих крапок» часто доводилося використовувати холодильні установки більше складної конструкції (або більшого розміру, чим було потрібно), щоб усунути «гарячі крапки» рішенням «у чоло» – в основному за допомогою

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

збільшення потоку повітря, що збільшувало також і експлуатаційні витрати. У результаті, традиційні конструкції дата-центрів передбачали значне змішування гарячого відпрацьованого й холодного повітря з холодильної установки, що приводило до значних втрат ефективності.

Ізоляція гарячого коридору (Гарячий коридор/холодний коридор)

Виявляється, що більше проблематичним є підтримка руху повітря, а не температура. Використовуючи двокроковий підхід, спочатку відокремлюючи тепле відпрацьоване повітря устаткування й холодне повітря холодильної установки, а потім ізолюючи повітря на виході кожного ряду від повітря на вході кожного ряду, можна досягти значного підвищення ефективності.

По суті, система охолодження центра обробки даних найбільш ефективна, коли вона одержує більші обсяги тепла – з найменшою можливою кількістю холодного повітря. Найбільший ризик для комп'ютерних систем – коли гаряче повітря попадає в забір повітря. Завдяки запобіганню змішуванню й збільшенню теплого повітря, що вертається в холодильну установку, система кондиціонування й вентиляції повітря працює набагато більш ефективно й у той же час зменшує ризик для комп'ютерних систем.

Звичайно холодильна установка на 750 тонн може остудити 2-3 МВт навантаження комп'ютера. Проте, завдяки сучасним технологіям і кращим рішенням холодильна установка може успішно прохолоджувати 40-60 МВт, поліпшення становить 2000%. Разом з розширенням технічних можливостей економайзера й інших технологій, це навантаження можливо збільшити ще більше – при невеликому збільшенні енерговитрат.

Нової тенденції в конструкції дата-центра – збільшення висоти фальшполю й розширення холодних рядів – дали початок трохи постачальників. У теорії потрібно дозволити більшій кількості повітря ввійти в ряд і зменшити тиск повітря під фальшполом. Звичайно, це вимагає витрат.

Розширення холодних рядів служить для значного зменшення щільності теплового потоку в дата-центрі.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Такі конструкції часто використовуються, щоб сховати недоліки щільності й розташовані нижче конструкції. Але без дуже ретельного розгляду й комп'ютерного моделювання така конструкція часто приводить до більше низького рівня ефективності (і більше високим витратам), ніж правильне застосування передового досвіду й розумного використання фальшполю й холодних рядів.

Існують теоретичні обмеження охолодження повітря, але на практиці будь-яка конструкція має ощадливе рішення охолодження повітря (доведено, принаймні, до 37 КВт).

Динамічний характер охолодження ЦОД, що зростають комп'ютерні можливості й, відповідно, збільшення щільності потужності в стійці й приміщенні представляють серйозну проблему. Сучасне ІТ-устаткування може збільшити потужність дата-центра до 750 Вт на квадратний фут, що набагато підвищує вимоги до охолодження й витрати. До 2021 року очікувана щільність потужності становить більше 35 КВт (з повітряним охолодженням) на приміщення.

Важливо вибрати правильного партнера з розвитий інфраструктурою й досвідом для керування цими проблемами. Неправильне рішення ймовірно стане причиною більших експлуатаційних витрат і, що ще гірше, підвищеного ризику простою.

3.3 Розробка функціональної схеми

Розглянемо, які функціональні можливості повинна забезпечувати система.

Захист:

– Ролі користувачів. Багатокористувальницький вхід у систему й заздалегідь певні ролі користувачів допомагають підтримувати різні рівні доступу.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

– Бездротові датчики температури. Використовує ряд бездротових датчиків температури для визначення точного положення теплових навантажень у ЦОДі

– Доступ декількох користувачів. Одночасна робота з додатком декількох користувачів і злиття змін, виконаних різними користувачами.

– Парольний захист. Захист із призначуванням користувачем паролем запобігає несанкціонованому доступу по протоколі LDAP і до серверів Active Directory.

– Доступ у режимі із захистом від запису. Колективний доступ без небезпеки запису неавторизованих змін конфігурації.

Готовність:

– Звіт по показнику оцінки. Перевіряє величину економії енергії й засобів, а також скорочення викидів парникових газів, досягнуті за рахунок використання активного керування охолодженням.

– Звіт про відповідність вимогам температурного режиму. Визначає, чи відповідає температура в стійці необхідним контрольним значенням, а також час, протягом якого температура виходила за встановлені обмеження, що дозволяє легко виявляти потенційні позаштатні ситуації в інженерній інфраструктурі.

– Ручна корекція. Дає операторам можливість ручного керування своїми ресурсами охолодження, обходячи команди системи.

– Існуюча інфраструктура охолодження. Працює з існуючою інфраструктурою; підтримує методи безпосереднього охолодження, водяного й випарного охолодження, економайзери, і організацію повітряних потоків під підлогою, над стелею, у каналах і без каналів.

– Захист безвідмовної роботи. Негайне виявлення й усунення гарячих зон сприяє безвідмовній роботі й дозволяє продовжувати діяльність, як планувалося.

– Зм'якшення ризику. У випадку виникнення надзвичайної ситуації охолодні агрегати автоматично запускаються на максимальну потужність і

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

забезпечують охолодження об'єкта, навіть якщо Cooling Optimize не може підключитися й управляти ними.

Адмініструємість:

– Інтелектуальне керування. Температурні дані по бездротовій мережі передаються на мережні шлюзи, поєднуються й аналізуються керуючим програмним забезпеченням, що видає необхідні команди керування безпосередньо охолодному устаткуванню.

– Відновлення потужності охолодження. Безперервна оптимізація потужності охолодження дозволяє підвищити ІТ-навантаження в центрі обробки даних.

– Динамічна оптимізація. Потік охолодного повітря постійно регулюється відповідно до потреб, створюваними динамічним середовищем ЦОДу в кожний момент часу.

– Карта зв'язків. Дає повне подання про вплив окремих охолодних агрегатів на температуру в кожній частині центра обробки даних.

Економія засобів:

– Економія енергії. Забезпечує економію енергії охолодження до 40% шляхом оптимізації використання існуючого охолодного устаткування.

– Продовження термінів служби устаткування. Ефективне використання охолодного устаткування знижує потреба в обслуговуванні й продовжує термін служби устаткування.

Тепер розглянемо перерахування функціональних можливостей системи.

Комплектація, виконання й перелік функцій системи автоматичного керування залежать від складу й вимог, пропонованих до режимів роботи вентиляційного устаткування. Залежно від типу й варіанта виконання дані системи керування забезпечують наступні функції:

– Регулювання й підтримка постійної температури приточного повітря.

– Каскадне регулювання й підтримка температури повітря в приміщення або витяжне повітря (залежно від комплектації).

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

- Регулювання й підтримка постійної вологості приточного, витяжного або повітря в приміщенні (залежно від комплектації).
- Керування електроприводами повітряних клапанів (зовнішнього повітря, рециркуляційного повітря, що видаляється повітря).
- Контроль забруднення повітряних фільтрів.
- Керування електроприводом регулювального клапана водяного нагрівача.
- Захист від заморожування водяного нагрівача по температурі повітря після нагрівача.
- Захист від заморожування водяного нагрівача по температурі зворотного теплоносія.
- Попередній прогрів водного повітрянагрівача перед запуском у зимовий період.
- Перевірка наявності заданого теплоносія по датчику температури (спеціальне програмне рішення).
- Коректування мінімального закриття клапана, що регулює теплоносія.
- Керування циркуляційним насосом і контроль роботи.
- Захист від короткого замикання електродвигуна циркуляційного насоса.
- Керування виконавчим пристроєм секції охолодження (фреоновий випарник, водяний/гліколевий охолоджувач, циркуляційний насос, холодильна машина).
- Керування зволожувачем.
- Керування секцією утилізатора/рекуператора.
- Захист від зледеніння утилізатора/рекуператора.
- Перемикання утилізатора/рекуператора в режим "утилізація холоду".
- Вільне охолодження в нічний період часу.
- Керування двигунами вентиляторів {плавна, східчасте, схема "зірка/трикутник"}.
- Часові затримки запуску й останова вентиляторів.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

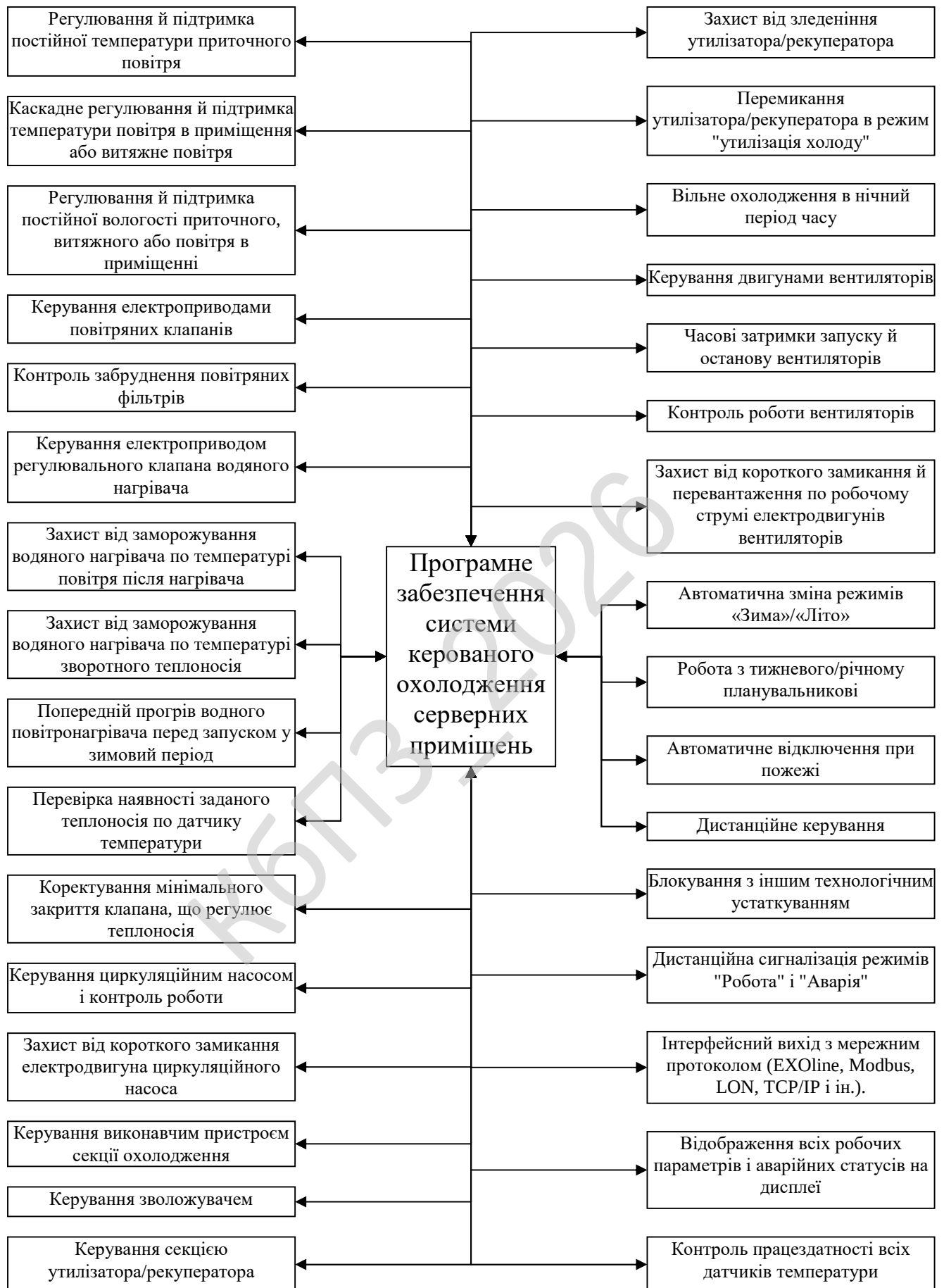


Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи

- Контроль роботи вентиляторів.
- Захист від короткого замикання й перевантаження по робочому струмі електродвигунів вентиляторів.
- Автоматична зміна режимів «Зима»/«Літо».
- Робота з тижневого/річному планувальникові.
- Автоматичне відключення при пожежі.
- Дистанційне керування.
- Блокування з іншим технологічним устаткуванням.
- Дистанційна сигналізація режимів "Робота" і "Аварія".
- Інтерфейсний вихід з мережним протоколом (EXOline, Modbus, LON, TCP/IP і ін.).
- Відображення всіх робочих параметрів і аварійних статусів на дисплеї (всі параметри, аварії й інформація на дисплеї відображаються в текстовому виді українською мовою).
- Контроль працездатності всіх датчиків температури.

3.4 Розробка діаграми процесів

Розглянемо розроблену діаграму процесів яка зображена на рисунку 3.3. Основна будова діаграми процесів полягає у графічному представленні складу сукупностей даних, що характеризуються як співвідношення різних частин кожної з сукупностей. Склад статистичної сукупності графічно може бути представлений як за допомогою абсолютних, так і відносних показників. Графічне зображення складу сукупності по абсолютними і відносними показниками сприяє проведенню більш глибокого аналізу і дозволяє проводити аналіз системи.

Діаграма взаємодії процесів використовується для візуалізації процесів обробки даних (структурне проектування).

Для розробника вважається звичним спочатку креслити діаграму взаємодії процесів даних рівня контексту, завдяки чому буде показано взаємодію системи.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

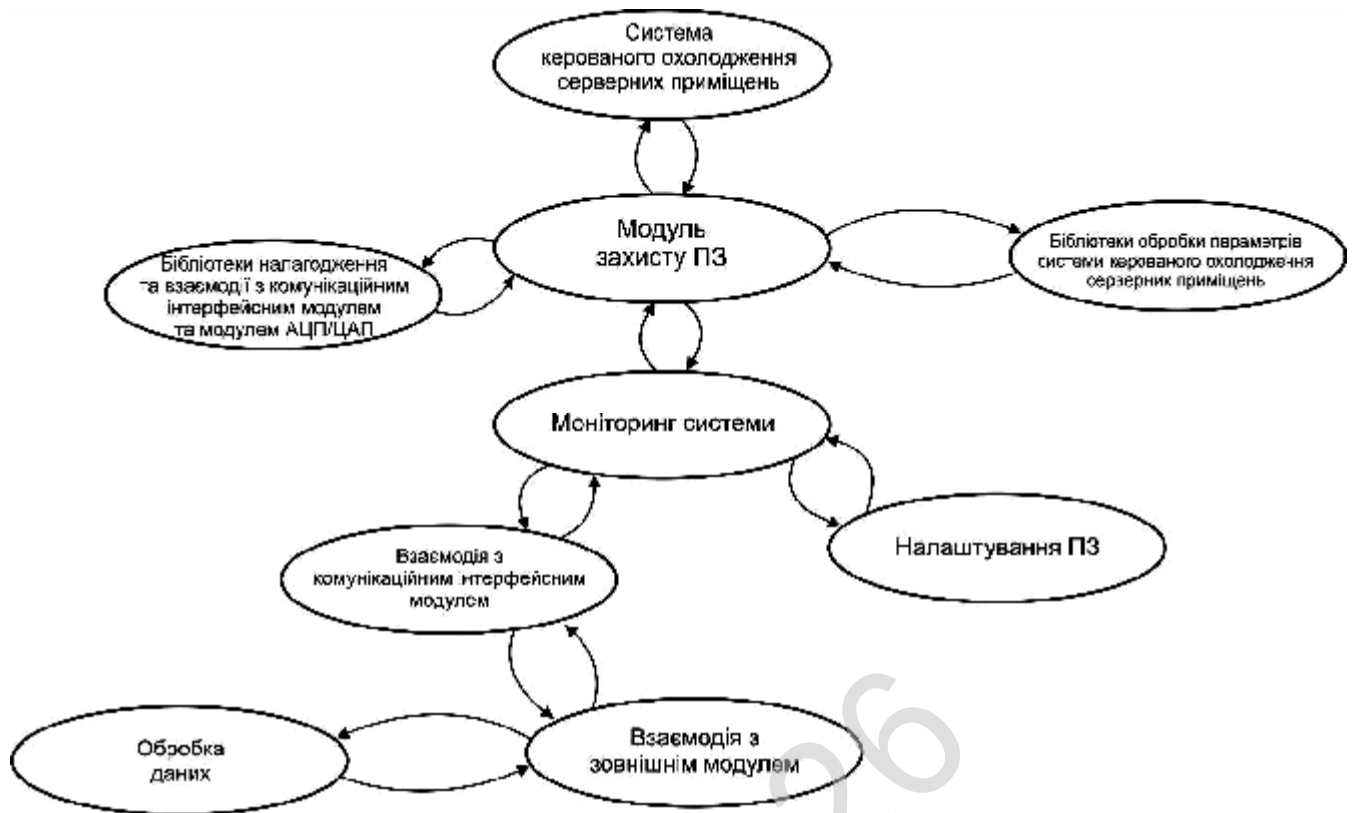


Рисунок 3.3 – Діаграма взаємодії процесів

Ця діаграма в подальшому підлягає уточненню шляхом деталізації процесів та потоків даних з метою показати систему що розробляється. При детальному її розгляді можна побачити як саме проходить взаємодія у розробленій системі. Використовується модель проектування, графічне представлення «потоків» даних в інформаційній системі.

Діаграми потоків даних містять чотири типи елементів:

- Потоки даних між елементами трьох попередніх типів.
- Процеси які являють собою трансформацію даних в рамках описуваної системи.
- Сховища даних (репозиторії).

Таким чином, розглянувши опис системи, структурну, функціональну схеми системи, та діаграму взаємодії процесів перейдемо до опису блок-схем основної програми, та підпрограм, які використовуються, для реалізації системи.

4 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТУ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

4.1 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи

Розглянемо реалізацію бакалаврської дипломної роботи. Були проведені розрахунки і підібрані набори тестових даних для перевірки правильності реалізації проектних рішень.

Було створено блок-схеми роботи системи. Перед їх розглядом необхідно провести роз'яснення який саме тип блок-схем використовується. Блок-схема це представлення задачі для її аналізу або розв'язування за допомогою спеціальних символів (геометричних образів), які позначають такі елементи, як операції, потік, дані тощо.

Блок вхідних та вихідних даних прийнято позначати паралелограмом, блок обчислень (обробки) даних – прямокутником, блок прийняття рішень – ромбом, еліпсом – початок та кінець алгоритму.

У інформаційних технологіях функціональна схема складається з функціональних блоків, які являють собою конструктивно відособлені частини (елементи або пристрої) автоматичних систем, які виконують певні функції. Функціональні блоки на схемі позначають прямокутниками, всередині яких надписують їх найменування відповідно до функцій, що виконуються. Зв'язки між функціональними блоками (внутрішні впливи) позначаються лініями зі стрілками, які вказують напрям впливів.

Функціональні схеми можуть виконуватися в укрупненому і розгорненому вигляді. У першому випадку на схемі зображають найважливіші блоки системи і зв'язки між ними.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

У другому варіанті схема відображається більш детально, що полегшує її читання та ілюструє принцип роботи.

Основні елементи схем алгоритму це термінатор, процес, рішення, зумовлений процес (підпрограма), дані та з'єднувач. Термінатор це елемент відображає вхід із зовнішнього середовища або вихід з неї (найчастіше застосування – початок і кінець програми). Всередині фігури записується відповідна дія.

Процес це виконання однієї або кількох операцій, обробка даних будь-якого виду (зміна значення даних, форми подання, розташування). Всередині фігури записують безпосередньо самі операції. Рішення це показує рішення або функцію перемикального типу з одним входом і двома або більше альтернативними виходами, з яких тільки один може бути обраний після обчислення умов, визначених всередині цього елемента.

Вхід в елемент позначається лінією, що входить зазвичай у верхню вершину елемента. Якщо виходів два чи три то зазвичай кожен вихід позначається лінією, що виходить з решти вершин (бічних і нижній). Якщо виходів більше трьох, то їх слід показувати однією лінією, що виходить з вершини (частіше нижній) елемента, яка потім розгалужується.

Відповідні результати обчислень можуть записуватися поруч з лініями, що відображають ці шляхи. Зумовлений процес (підпрограма) це символ відображає виконання процесу, що складається з однієї або кількох операцій, що визначені в іншому місці програми (у підпрограмі, модулі). Всередині символу записується назва процесу і передані в нього дані. Дані це перетворення у форму, придатну для обробки (введення) або відображення результатів обробки (виведення). Цей символ не визначає носія даних (для вказівки типу носія даних використовуються специфічні символи). З'єднувач це символ відображає вихід в частину схеми і вхід з іншої частини цієї схеми.

Використовується для обриву лінії та продовження її в іншому місці (приклад: поділ блок-схеми, що не поміщається на листі). Відповідні сполучні символи повинні мати одне (при тому унікальне) позначення.

Блок-схеми показують весь процес роботи системи з підсистемами та частково доказують правильність вибраних проектних рішень. Тому від точності і детальної блок-схеми залежить результат всієї програми.

При виборі початкової точки відліку при побудові схем було враховано, що виходячи з вибору мови програмування і інших технічних засобів, програма буде об'єктно-орієнтована що вимагає високого рівня декомпозиції задач на класи.

На рисунку 4.1 зображена основна блок-схема програми, на рисунку 4.2 зображено роботу підпрограми.

З яких видно що робота основної програми складається з початкових етапів ініціалізації ПЗ, перевірки наявності ресурсів системи, блоку початку основного циклу з чеканням запиту від користувача в якому відбувається виклик підсистеми та останньої стадії – перевірка поточного стану з завершенням роботи розробленого ПЗ. При роботі підпрограми виконується основний функціонал системи з циклічними послідовностями, перевіркою поточного стану та поверненням в основну програму прапорів стану виконання.

Система керування базами даних (СКБД, Database Management System, DBMS) – набір взаємопов'язаних даних (база даних) і програм для доступу до цих даних. Надає можливості створення, збереження, оновлення та пошуку інформації в базах даних з контролем доступу до даних.

Першим поколінням СКБД прийнято вважати ієрархічні й мережеві системи. Ці системи отримали широке поширення в 1970-х роках, а першою комерційною системою цього типу була система IMS компанії IBM.

У 1980-х роках ці системи були витіснені системами другого покоління – повсюдно використовуваними і донині реляційними СКБД. У цих системах використовувалися непроцедурні мови управління даними (SQL) і передбачався

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

значний ступінь незалежності даних. Реляційні системи внесли значні удосконалення в управління даними: графічний користувацький інтерфейс (GUI), клієнт-серверні застосунки, розподілені бази даних, паралельний пошук даних та інтелектуальний аналіз даних.

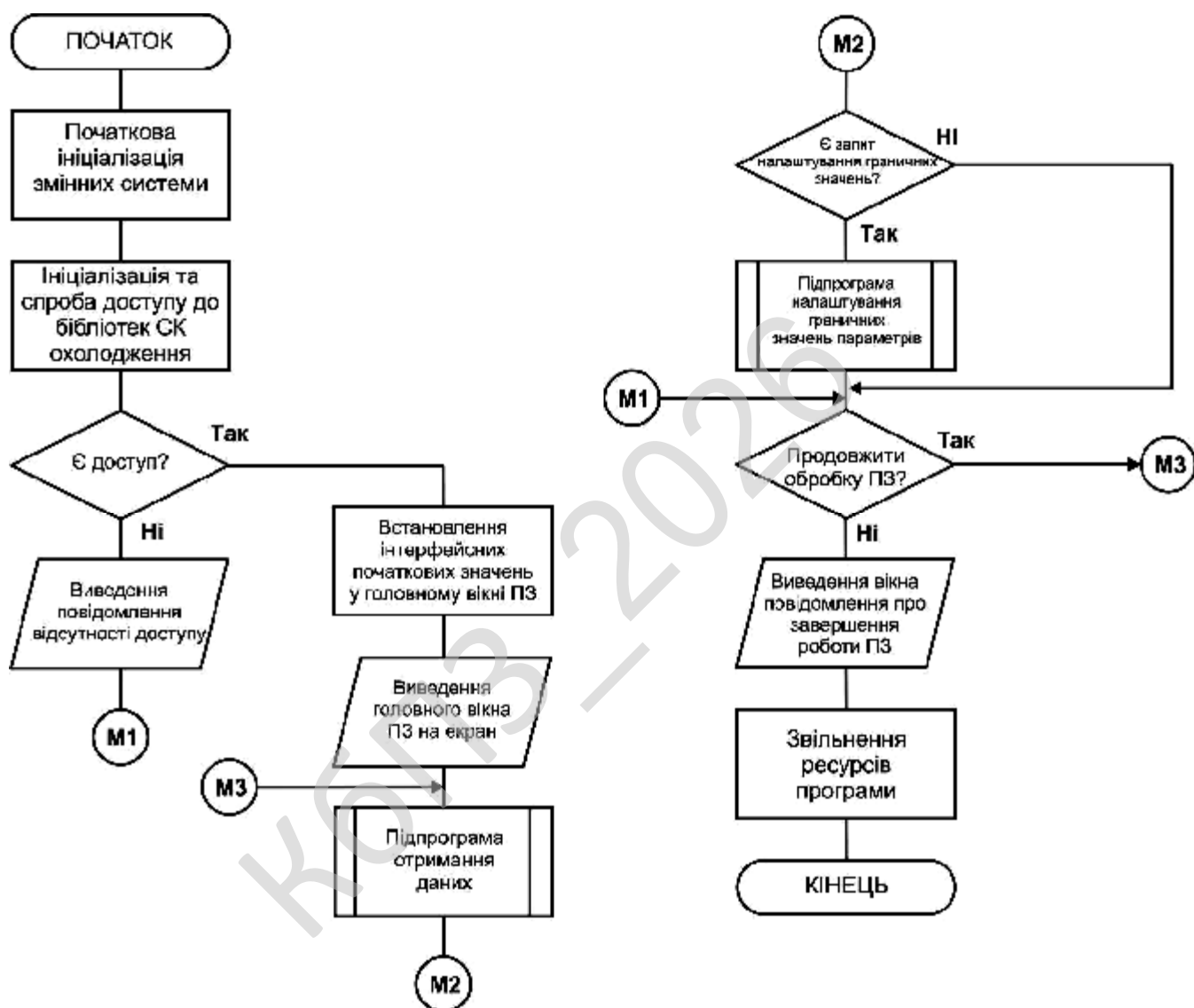


Рисунок 4.1 – Блок-схема основної програми

Але вже до кінця 1980-х років існуюча тоді реляційна модель перестала задовольняти розробників в силу низки обмежень. Відповіддю на зростаючу складність програм баз даних стали два нових напрямки розвитку СКБД: об'єктно-орієнтовані СКБД і об'єктно-реляційні СКБД.

У 1991 був утворений консорціум ODMG, основною метою якого стало вироблення промислового стандарту об'єктно-орієнтованих баз даних. Між 1993 та 2001 роками ODMG опублікувала п'ять ревізій своїх специфікацій. Остання версія стандарту має індекс 3.0, після чого група розпустилася. До кінця 1990-х існувало близько десяти компаній, що виробляли комерційні продукти, що позиціонуються на ринку як ООСКБД. Найбільш відомими системами даного класу стали Objectivity, Versant виробництва однойменних компаній, а також СКБД Jasmine, випущена компанією СА.

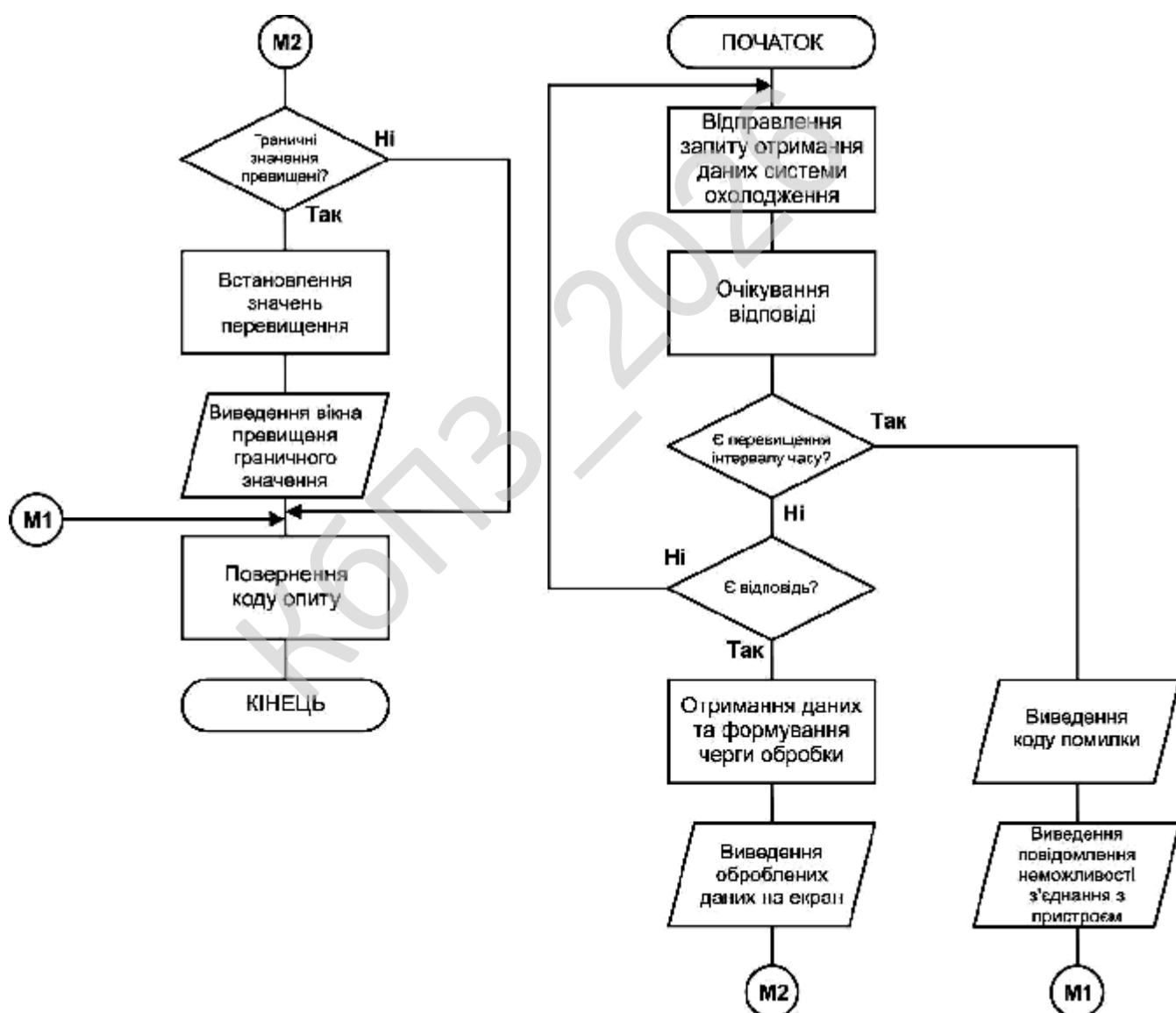


Рисунок 4.2 – Блок-схема роботи підпрограми

Незважаючи на переваги, що дозволяють ефективніше вирішувати певний ряд завдань, об'єктно-орієнтовані системи так і не змогли завоювати значущу частку ринку СКБД, залишившись «нішевим» продуктом.

Постачальниками традиційних реляційних СКБД також була проведена значна робота з об'єднання об'єктно-орієнтованих і реляційних систем. Розробники постаралися розширити мову SQL, щоб включити в неї концепції об'єктно-орієнтованого підходу, зберігаючи переваги реляційної моделі (об'єктні розширення мови SQL були зафіксовані в стандарті SQL:1999).

Основний принцип – це еволюційний розвиток можливостей СКБД без поломки попередніх підходів та зі збереженням наступності з системами попереднього покоління.

Поняття СКБД третього покоління, якими, власне кажучи, і є об'єктно-реляційні СКБД, з'явилося після опублікування групою відомих фахівців в області баз даних «Маніфесту систем баз даних третього покоління». Основні принципи СКБД третього покоління, позначені в маніфесті:

Крім традиційних послуг з управління даними, СКБД третього покоління повинні забезпечити підтримку розвиненіших структур об'єктів і правил. Розвинутіша структура об'єктів характеризує засоби, необхідні для зберігання і маніпулювання нетрадиційними елементами даних (тексти, просторові дані, мультимедіа).

СКБД третього покоління повинні включити в себе СКБД другого покоління. Системи другого покоління внесли вирішальний вклад у двох областях – непроцедурний доступ за допомогою мови запитів SQL і незалежність даних. Ці досягнення обов'язково повинні враховуватися в системах третього покоління.

СКБД третього покоління повинні бути відкриті для інших підсистем. Це включає оснащення різноманітними інструментами підтримки прийняття рішень, доступом з багатьох мов програмування, інтерфейсами до існуючих популярних систем і бізнес-застосунків, можливістю запуску програм з бази даних на іншій

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

машині і розподілені СКБД. Весь набір інструментів і СКБД має ефективно функціонувати на різноманітних апаратних платформах з різними операційними системами.

Крім того, СКБД, що розраховує на широку сферу застосування, повинна бути оснащена мовою четвертого покоління (4GL).

У середині 1990 років було лише кілька дослідних прототипів СКБД, які поєднали найкращі риси реляційних і об'єктно-орієнтованих СКБД. Першим комерційним продуктом, якому були властиві об'єктно-реляційні риси, став Universal Server компанії Informix(згодом була поглинена IBM). В даний час більшість цих ідей вже втілено в реальних комерційних рішеннях, в тому числі і в продуктах основних постачальників СКБД (Oracle Database і IBM DB2).

Розвиток індустрії систем керування базами даних базується на значних фундаментальних наукових дослідженнях. Найчастіше, між самими дослідженнями та їхньою конкретною реалізацією в прикладних рішеннях минають роки, а іноді й десятиліття. Роботу в області управління даними проводять як університетські дослідницькі групи (MIT, Berkeley), так і центри розробок основних постачальників СКБД (Oracle, IBM, Microsoft). Інвестування в управління даними – це довгострокове, і разом з тим, вигідне вкладення коштів. В даний час дослідники мають у своєму розпорядженні засоби, що дозволяють ефективно реалізувати найскладніші запити, що маніпулюють терабайтами й петабайтами різних даних.

Основними тенденціями, які дали привід для проведення різних масштабних досліджень в області баз даних стали:

Експонентний ріст даних. Обсяг даних, у тому числі синтетичних, що генеруються автоматизованими системами, значно зріс. Збільшилося і число прикладних областей, в яких вимагається обробка великих обсягів даних. До таких областей тепер відносяться не тільки традиційні корпоративні програми, пошук у веб, але також і наукові дослідження, обробка природних мов, аналіз соціальних мереж тощо.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Значне ускладнення структур використовуваних даних. Прості види даних у вигляді чисел і символьних рядків стали доповнятися численною мультимедійною інформацією, просторовими, процедурними даними та великою кількістю інших складних форматів.

Широке поширення дешевих високопродуктивних апаратних засобів. Щорічно ми спостерігаємо зростання обчислювальних можливостей мікропроцесорів, збільшення ємності і зниження вартості доступних і зручних в експлуатації пристроїв дискової оперативної пам'яті.

Активний розвиток засобів комунікації та «всесвітньої павутини» World Wide Web. WWW стає єдиним інформаційним середовищем, що пронизує весь світ і об'єднує величезне число користувачів та електронних пристроїв.

Поява нових важливих областей застосування СКБД. У першу чергу, це пов'язано з інтелектуальним аналізом даних, сховищами даних, а останнім часом – з паралельними обчисленнями і хмарними технологіями.

Основні характеристики СКБД

1. Контроль за надлишковістю даних.
2. Несуперечливість даних.
3. Підтримка цілісності бази даних (коректність та несуперечливість).
4. Цілісність описується за допомогою обмежень.
5. Незалежність прикладних програм від даних.
6. Спільне використання даних.
7. Підвищений рівень безпеки.

Можливості СКБД

1. Дозволяється створювати БД (здійснюється за допомогою мови визначення даних DDL (Data Definition Language)).

2. Дозволяється додавання, оновлення, видалення та читання інформації з БД (за допомогою мови маніпулювання даними DML, яку часто називають мовою запитів).

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

3. Можна надавати контрольований доступ до БД за допомогою: Системи забезпечення захисту, яка запобігає несанкціонованому доступу до БД; Системи керування паралельною роботою прикладних програм, яка контролює процеси спільного доступу до БД; Система відновлення – дозволяє відновлювати БД до попереднього несуперечливого стану, що був порушений в результаті збою апаратного або програмного забезпечення.

Основні компоненти середовища СКБД

1. Апаратне забезпечення.
2. Програмне забезпечення.
3. Дані.
4. Процедури – інструкції та правила, які повинні враховуватись при проектуванні та використанні БД.
5. Користувачі: адміністратори даних (керування даними, проектування БД, розробка алгоритмів, процедур) та БД (фізичне проектування, відповідальність за безпеку та цілісність даних); розробники БД; прикладні програмісти; кінцеві користувачі.

Архітектура СКБД

Існує трирівнева система організації СКБД ANSI-SPARC, при якій існує незалежний рівень для ізоляції програми від особливостей представлення даних на нижчому рівні.

Рівні:

1. Зовнішній – представлення БД з точки зору користувача.
2. Концептуальний – узагальнене представлення БД, описує які дані зберігаються в БД і зв'язки між ними. Підтримує зовнішні представлення, підтримується внутрішнім рівнем.
3. Внутрішній – фізичне представлення БД в комп'ютері.

Логічна незалежність – повна захищеність зовнішніх моделей від змін, що вносяться в концептуальну модель.

Фізична незалежність – захищеність концептуальної моделі від змін, які вносяться у внутрішню модель.

PostgreSQL (вимовляється «Пост-грес-К'ю-ель», або «постгрес») об'єктно-реляційна система керування базами даних (СКБД).

Є альтернативою як комерційним СКБД (Oracle Database, Microsoft SQL Server, IBM DB2 та інші), так і СКБД з відкритим кодом (MySQL, Firebird, SQLite).

Порівняно з іншими проектами з відкритим кодом, такими як Apache, FreeBSD або MySQL, PostgreSQL не контролюється якоюсь однією компанією, її розробка можлива завдяки співпраці багатьох людей та компаній, які хочуть використовувати цю СКБД та впроваджувати у неї найновіші досягнення.

Сервер PostgreSQL написаний на мові С. Зазвичай розповсюджується у вигляді набору текстових файлів із сирцевим кодом. Для інсталяції необхідно відкомпілювати файли на своєму комп'ютері і скопіювати в деякий каталог. Весь процес детально описаний в документації.

PostgreSQL – широко розповсюджена система керування базами даних з відкритим сирцевим кодом. Прототип був розроблений в Каліфорнійському університеті Берклі в 1987 році під назвою POSTGRES, після чого активно розвивався і доповнювався. В червні 1990 року з'явилась друга версія із переробленою системою правил маніпулювання та роботи з таблицями, у 1991 році – третя версія, із доданою підтримкою одночасної роботи кількох менеджерів збереження, покращеним механізмом запитів і доповненою системою внутрішніх правил. В цей час POSTGRES використовувався для реалізації великих систем, таких як: система аналізу фінансових даних, пакет моніторингу функціональності потоків, база даних відстеження астероїдів, система медичної інформації, кілька географічних систем. POSTGRES також використовувався як навчальний інструмент в кількох університетах. 1992 року POSTGRES став головною СКБД наукового комп'ютерного проекту Sequoia 2000. 1993 року кількість користувачів подвоїлась. Стало зрозуміло, що для підтримки й подальшого розвитку необхідні

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

великі витрати часу на дослідження баз даних, тому офіційно проект Берклі було зупинено на версії 4.2. 1994 року Andrew Yu і Jolly Chen додали інтерпретатор мови SQL, вдосконалили сирцевий код і виклали в Інтернеті свою реалізацію під назвою Postgres95. 1996 року програмний продукт було перейменовано на PostgreSQL із початковою версією 6.0. Подальшою підтримкою й розробкою займається група спеціалістів у галузі баз даних, які добровільно приєдналися до цього проекту.

Основні можливості, функції

Функції дозволяють виконувати деякий код безпосередньо сервером бази даних. Ці функції можуть бути написані на SQL, який має деякі примітивні програмні оператори, такі як галуження та цикли. Але гнучкішою буде функція написана на одній із мов програмування, з якими PostgreSQL може працювати. До таких мов належать:

Вбудована мова, яка зветься PL/pgSQL, подібна до процедурної мови PL/SQL компанії Oracle.

Мови розробки сценаріїв: PL/Perl, PL/Python, PL/Tcl, PL/Ruby, PL/sh.

Класичні мови програмування C, C++, Java (за допомогою PL/Java).

Функції можуть виконуватись із привілеями користувача, який її викликав, або із привілеями користувача, який її написав.

Основні можливості, індекси

У PostgreSQL є підтримка індексів наступних типів: B-дерево, хеш, R-дерево, GiST, GIN. При необхідності можна створити нові типи індексів.

Основні можливості, багатоверсійність (MVCC)

PostgreSQL підтримує одночасну модифікацію БД декількома користувачами за допомогою механізму Multiversion Concurrency Control (MVCC). Завдяки цьому виконуються вимоги ACID, і практично відпадає потреба в блокуванні зчитування.

Основні можливості, типи даних

PostgreSQL підтримує великий набір вбудованих типів даних:

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

1. Числові типи.
2. Цілі.
3. Грошовий тип.
4. Символьні типи довільної довжини.
5. Двійкові типи (включаючи BLOB).
6. Типи «дата/час».
7. Булевий тип.
8. Перерахування.
9. Геометричні примітиви.
10. Мережеві типи.
11. UUID-ідентификатор.
12. XML-дані.
13. JSON-дані.
14. Масиви.
15. OID-типи.

Крім того, користувач може самостійно створювати нові необхідні йому типи та програмувати для них механізми індексування за допомогою GiST.

Основні можливості, об'єкти користувача

PostgreSQL може бути розширено користувачем для власних потреб практично в будь-якому аспекті. Є можливість додавати власні:

1. Перетворення типів.
2. Типи даних.
3. Домени (для користувача типи з самого початку з накладеними обмеженнями).
3. Функції (включаючи агрегатні).
4. Індeksi.
5. Оператори (включаючи перевизначення вже існуючих).

Основні можливості, успадкування

Таблиці можуть успадковувати характеристики та набори полів від інших таблиць (батьківських). При цьому дані, які додаються до породженої таблиці, автоматично будуть брати участь (якщо це не вказано окремо) в запитах до батьківської таблиці. Цей функціонал в поточний час не є повністю завершеним. Однак він достатній для практичного використання.

Основні можливості, тригери

Тригери визначаються як функції, що ініціюються DML-операціями. Наприклад, операція INSERT може запускати тригер, що перевіряє доданий запис на відповідність певним умовам. Тригери можна писати різними мовами програмування. Вони пов'язані з визначеною таблицею. Множинні тригери виконуються в алфавітному порядку.

Інші можливості

1. Дотримання принципів ACID.
2. Відповідність стандартам ANSI SQL-92 і SQL-99.
3. Підтримка запитів з OUTER JOIN, UNION, UNION ALL, EXCEPT і під запитів.
4. Послідовності.
5. Контроль цілісності.
6. Реплікація.
7. Загальні табличні вирази й рекурсивні запити.
8. Аналітичні функції.
9. Підтримка Unicode (UTF-8).
10. Підтримка регулярних виразів у стилі Perl.
11. Вбудована підтримка SSL і Kerberos.
12. Протокол поділюваних блокувань.
13. Завантажувані розширення, підтримують SHA1, MD5, XML і іншу функціональність (API відкритий).

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

14. Засоби для генерації сумісного з іншими системами SQL-коду та імпорту з інших систем.

Надійність

Згідно з результатами автоматизованого дослідження різного ПЗ на предмет помилок, у вихідному коді PostgreSQL було знайдено 20 проблемних місць на 775 000 рядків вихідного коду (в середньому, одна помилка на 39 000 рядків коду). Для порівняння:

1. MySQL – 97 проблем, одна помилка на 4 000 рядків коду.
2. FreeBSD – 306 проблем, одна помилка на 4 000 рядків коду.
3. Linux (тільки ядро) – 950 проблем, одна помилка на 10 000 рядків коду.

Розглянемо технологію SMART яка була використана в якості підсистеми керованого охолодження серверних приміщень, а саме в області виявлення поточних температур дисків.

S.M.A.R.T. (Self-monitoring, analysis and reporting technology – технологія самоконтролю, аналізу та звітності) – технологія оцінки стану жорсткого диска вбудованою апаратурою самодіагностики, а також механізм передбачення часу виходу його з ладу.

Технологія S.M.A.R.T. є частиною протоколу ATA (нині поширеного в інтерфейсі SATA).

Сучасні SSD накопичувачі з SATA інтерфейсом також підтримують S.M.A.R.T.

Однак широко поширені USB флешки практично не підтримують S.M.A.R.T. оскільки USB Mass Storage device class заснований на іншому протоколі, SCSI, який не містить аналогічної S.M.A.R.T. функціональності.

Існує невелика кількість топових флешок, зроблених на основі SATA контролерів і перехідників SATA-USB, які працюють за специфікацією SAT (SCSI-ATA Translation). Деякі з таких перехідників підтримують трансляцію S.M.A.R.T. даних.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Перший жорсткий диск, що володіє системою самодіагностики, був представлений в 1992 році фірмою IBM в дискових масивах IBM 9337 для серверів AS / 400, що використовують IBM 0662 SCSI-2 диски.

Технологія була названа Predictive Failure Analysis (PFA). Вимірювалося кілька ключових параметрів, їх оцінка проводилася безпосередньо контролером диска. Результат був обмежений лише одним бітом: або все в порядку, або диск може незабаром вийти з ладу.

Пізніше компаніями Compaq, Seagate, Quantum і Conner була розроблена інша технологія, названа IntelliSafe. У ній був загальний протокол видачі інформації про стан жорсткого диска, але вимірювані параметри і їх пороги кожна компанія визначала самостійно.

На початку 1995 року Compaq запропонувала стандартизувати технологію. Компанії IBM, Seagate, Quantum, Conner і Western Digital (остання на той момент ще не мала системи відстеження параметрів жорсткого диска) підтримали цю ідею. За основу була взята технологія IntelliSafe. Спільно розроблений стандарт назвали S.M.A.R.T.

Стандарт S.M.A.R.T. I передбачав моніторинг основних параметрів і запускався тільки після команди.

У розробці S.M.A.R.T. II брала участь Hitachi, яка запропонувала методику повної самодіагностики накопичувача (extended self-test), також з'явилася функція журналювання помилок.

У S.M.A.R.T. III з'явилася функція виявлення дефектів поверхні і можливість їх відновлення «прозора» для користувача.

S.M.A.R.T. проводить спостереження за основними характеристиками накопичувача, кожна з яких отримує оцінку. Характеристики можна розбити на дві групи:

1. Параметри, що відображають процес природного старіння жорсткого диска (число оборотів шпинделя, число переміщень головок, кількість циклів включення-виключення).

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

2. Поточні параметри накопичувача (висота головок над поверхнею диска, число перепризначених секторів, час пошуку доріжки і кількість помилок пошуку).

Дані зберігаються в шістнадцятковому вигляді, званому raw value («сирі значення»), а потім перераховуються в value – значення, яке символізує надійність щодо деякого еталонного значення. Зазвичай value розташовується в діапазоні від 0 до 100.

Висока оцінка говорить про відсутність змін даного параметра або повільному його погіршенні. Низька – про можливий збій незабаром.

Значення, менше, ніж мінімальна, при якому виробником гарантується безвідмовна робота накопичувача, означає вихід вузла з ладу.

Технологія S.M.A.R.T. дозволяє здійснювати:

- моніторинг параметрів стану;
- сканування поверхні;
- сканування поверхні з автоматичною заміною сумнівних секторів на надійні.

Слід зауважити, що технологія S.M.A.R.T. дозволяє прогнозувати вихід пристрою з ладу в результаті механічних несправностей, що становить близько 60% причин поломки жорсткого диска. Передбачити наслідки стрибка напруги або механічного удару S.M.A.R.T. не здатна.

Слід зазначити, що накопичувачі не можуть самостійно повідомляти про свій стан за допомогою технології SMART, однак для цього існують спеціальні програми. Таким чином, використання технології S.M.A.R.T. неможливо без наявності наступних двох складових:

1. ПЗ, вбудованого в контролер накопичувача;
2. Зовнішнього ПЗ, вбудованого в хост.

Програми, що відображають стан S.M.A.R.T.-атрибутів, працюють за таким алгоритмом:

1. Перевірка наявності підтримки накопичувачем технології S.M.A.R.T.

2. Посилка команди запиту S.M.A.R.T.-таблиць.
3. Отримання таблиць в буфер додатки.
4. Розшифровка табличних структур, витяг номера атрибута і його числового значення.
5. Зіставлення стандартизованих номерів атрибутів їх назвами (іноді – в залежності від типу, моделі або виробника, як, наприклад, в програмі Victoria).
6. Висновок числових значень в зручному для сприйняття вигляді (наприклад, конвертація шістнадцятирічних значень в десяткові).
7. Витяг з таблиць прапорів атрибутів (ознак, що характеризують призначення атрибута в даному накопичувачі, наприклад, «життєво важливий» або «лічильник»).
8. Висновок загального стану пристрою на підставі всіх таблиць, значень і прапорів.

Жорсткі диски з підтримкою SMART версії 2 і старше, пропонують ряд різних тестів:

1. Короткий (Short). Перевіряє електричні і механічні параметри, а також продуктивність на читання. Тест, як правило, триває близько двох хвилин.
2. Довгий/розширений (Long / extended). Тест перевіряє всю поверхню диска і не має обмеження за часом. В середньому займає близько двох-трьох годин.
3. Тест транспортування (Conveyance). Швидкий тест, призначений для оцінки стану диска після транспортування диска від виробника до постачальника.
4. Вибірковий (Selective). Деякі диски дозволяють перевірити певну частину поверхні.

Журнал тестів SMART може містити результати тільки 21 останніх тестів і доступний тільки для читання. Іншими словами, скинути його штатними засобами неможливо. Журнал представляє собою таблицю з наступних колонок: порядковий номер тесту, тип тесту, результат тесту, скільки відсотків залишилося до завершення, час життя диска, LBA.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Незважаючи на те що я працював над ПЗ один в реалізації програми я використовував підходи пришвидшення розробки на основі методологій Agile – Extreme Programming.

Екстремальне програмування (Extreme Programming, далі XP) це методологія розробки програмного забезпечення, найпопулярніша серед так званих гнучких методологій. Має на меті поліпшення якості програмного забезпечення та чутливість до змін у вимогах замовників. Як вид гнучких методологій, XP радить часті "випуски" програми у коротких циклах розробки, що має на меті поліпшити продуктивність праці та покращити можливості виконання вимог замовника що змінюються. Авторами даної методології є Кент Бек, Ворд Каннінгем, Мартін Фаулер та інші.

Інші елементи екстремального програмування включають в собі: парне програмування, проведення обширної перевірки сирцевого коду, модульне тестування всього коду, уникання створення функціональності до того як вона дійсно необхідна, простота та ясність коду, очікування на зміну вимог замовників з плином часу та коли вимоги до продукту стають ясніші, досить часте спілкування із замовником та між самими програмістами.

Назва методології походить від ідеї застосувати корисні методи і практики розробки програмного забезпечення, піднявши їх до "екстремальних" рівнів.

Критики XP зауважують на потенційні недоліки цієї методології – нестабільні вимоги, незадокументовані компроміси конфліктів користувачів, відсутність загального документу дизайну програми.

Технологія екстремального програмування була розроблена Кентом Беком, Уардом Каннінгхемом та Роном Джеффріесом під час роботи над Chrysler Comprehensive Compensation System (C3). У 1996 Кент Бек став лідером проекту і почав вдосконалювати методи розробки, що застосовувалися в роботі над проектом. Свій метод він виклав у книзі «Extreme Programming Explained», котру було видано у жовтні 1999. Після купівлі Крайслера компанією Даймлер–Бенц проект C3 було скасовано у лютому 2000.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Хоча саме екстремальне програмування є відносно новим, багато її практик вже існували і використовувались протягом певного часу; однак, методологія підносить "найкращі практики" до екстремального рівня. Для прикладу, практика по плануванню і написанню тестів перед написанням кожної маленької частини коду було використано раніше в проекті НАСА "Меркурій". Для зменшення часу на розробку ПЗ деякі формальні документи тестування (такі як приймальне тестування) писались паралельно (або й раніше) з написанням самого ПЗ. Незалежна група тестування НАСА може писати процедури тестування базуючись на формальних вимогах до продукту до того як програмне забезпечення розроблене та інтегроване в систему. В ХР ця концепція піднесена до "екстремального рівня" завдяки написанню автоматичних тестів які перевіряють поведінку навіть малих частинок коду, а не тільки значних функціональних частин ПЗ.

Посібник Extreme Programming Explained: Embrace Change описує Екстремальне Програмування, як:

- Спроба примирити гуманність і продуктивність.
- Механізм для соціальної зміни.
- Шлях до удосконалення.
- Стиль розвитку.

Дисципліна розробки програмного забезпечення.

Головною метою Екстремального Програмування є скорочення вартості неочікуваних змін. У традиційних методах розробки (на кшталт SSADM) вимоги до розвитку системи визначаються на початку роботи над проектом, і часто виправляються пізніше. Це означає, що вартість проекту через зміни буде більшою за заплановану (традиційна особливість для програмного забезпечення, що проектується).

ХР використовується для скорочення вартості змін, завдяки представленню простих значень, принципів і методів. При використанні екстремального програмування, проект повинен стати гнучкішим щодо змін.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Extreme Programming Explained описує екстремальне програмування як дисципліну розробки програмного забезпечення яка змушує людей створювати високоякісне ПЗ якомога швидше.

ХР намагається зменшити ціну зміни вимог до ПЗ завдяки малим циклам розробки, а не одним довгим циклом. Екстремальне програмування сприймає зміни до вимог як звичайні, неминучі та бажані аспекти розробки ПЗ, і ці зміни мають бути очікуваним. Основна ідея полягає в тому що неможливо розробити самодостатній пакет вимог до ПЗ, зміни в вимогах – неминучі.

Екстремальне програмування також вводить набір практик та принципів на основі методології гнучкої розробки програмного забезпечення.

Екстремальне програмування описує чотири базові активності що виконуються при розробці програмного забезпечення: написання коду, тестування, слухання та дизайн.

Написання коду. Прихильники ХР заявляють що єдиним дійсно важливим результатом розробки ПЗ є код: без готового коду нема продукту.

Тестування. Методологія екстремального програмування заявляє, що якщо дрібне тестування може перевірити незначну частину функціональності, то багато дрібних тестів можуть перевірити набагато більше частинок і продукт в цілому.

Основні прийоми ХР. Дванадцять основних прийомів екстремального програмування (за першим виданням книги Extreme programming explained) можуть бути об'єднані в чотири групи:

1. Короткий цикл зворотного зв'язку (Fine scale feedback).
 - 1.1. Розробка через тестування (Test driven development).
 - 1.2 Гра в планування (Planning game).
 - 1.3. Замовник завжди поруч (Whole team, Onsite customer).
 - 1.4 Парне програмування (Pair programming).
2. Безперервний, а не пакетний процес.
 - 2.1 Безперервна інтеграція (Continuous Integration).
 - 2.2 Рефакторинг (Design Improvement, Refactor).

2.3 Часті невеликі релізи (Small Releases).

3. Розуміння, що поділяється всіма учасниками.

3.1 Простота (Simple design).

3.2 Метафора системи (System metaphor).

3.3 Колективне володіння кодом (Collective code ownership) або обраними шаблонами проектування (Collective patterns ownership).

3.4 Стандарт кодування (Coding standard or Coding conventions).

4. Соціальна захищеність програміста (Programmer welfare), а саме 40 годинний робочий тиждень (Sustainable pace, Forty hour week).

4.2 Захист розробленого програмного забезпечення

Tiny Encryption Algorithm (TEA) [1] – блочний алгоритм шифрування типу «Мережі Фейстеля». Алгоритм був розроблений на факультеті комп'ютерних наук Кембриджського університету Девідом Вілером (David Wheeler) і Роджером Нідгемом (Roger Needham) та вперше представлений в 1994 році [2] на симпозиумі зі швидкими алгоритмами шифрування в Льовені (Бельгія).

Шифр не патентований, широко використовується в ряді криптографічних додатків і широкому спектрі апаратного забезпечення, завдяки вкрай низькими вимогами до пам'яті й простоті реалізації. Алгоритм має як програмну реалізацію на різних мовах програмування, так і апаратну реалізацію на інтегральних схемах типу FPGA.

Захист розробленого програмного забезпечення буде відбуватися за допомогою алгоритму TEA, який заснований на бітових операцій з 64-бітним блоком, має 128-бітний ключ шифрування. Стандартна кількість раундів мережі Фейстеля біля 64 (32 циклу), однак, для досягнення найкращої продуктивності або шифрування, число циклів можна варіювати від 8 (16 раундів) до 64 (128 раундів). Мережа Фейстеля несиметрична через використання в якості операції накладення додавання за модулем 2^{32} .

Перевагами шифру є його простота в реалізації, невеликий розмір коду й досить висока швидкість виконання, а також можливість оптимізації виконання на стандартних 32-бітних процесорах, так як в якості основних операцій використовуються операції виключна «АБО» (XOR), побітового зсуву й додавання за модулем 2^{32} . Оскільки алгоритм не використовує таблиць підстановки і раундова функція досить проста, алгоритму потрібно не менше 16 циклів (32 раундів) для досягнення ефективної дифузії, хоча повна дифузія досягається вже через 6 циклів (12 раундів).

Алгоритм має відмінну стійкість до лінійного криптоаналізу і досить гарну до диференціального криптоаналізу. Головним недоліком цього алгоритму шифрування є його вразливість до атак «на пов'язаних ключах» (англ. Related-key attack). Через простий розклад ключів кожен ключ має 3 еквівалентних ключа. Це означає, що ефективна довжина ключа складає всього 126 біт [3] [4], тому даний алгоритм не слід використовувати в якості геш-функції.

Опис алгоритму

Вихідний текст розбивається на блоки по 64 біта кожен. 128-бітний ключ K ділиться на чотири 32-бітних підключа $K[0]$, $K[1]$, $K[2]$ і $K[3]$. На цьому підготовчий процес закінчується, після чого кожен 64-бітний блок шифрується протягом 32 циклів (64 раундів) за нижченаведеним алгоритмом. [5]

Припустимо, що на вхід n -го раунду ($1 \leq n \leq 64$) надходять права й ліва частини (L_n, R_n) , тоді на виході n -го раунду будуть ліва й права частини (L_{n+1}, R_{n+1}) , які обчислюються за такими правилами:

$$L_{n+1} = R_n.$$

Якщо $n = 2 * i - 1$ для $1 \leq i \leq 32$ (непарні раунди), то:

$$R_{n+1} = L_n(\{ [R_n \ 4] K[0] \} \{ R_n \ i * \delta \} \{ [R_n \ 5] K[1] \}).$$

Якщо $n = 2 * i$ для $1 \leq i \leq 32$ (парні раунди), то:

$$R_{n+1} = L_n(\{ [R_n \ 4] K[2] \} \{ R_n \ i * \delta \} \{ [R_n \ 5] K[3] \}).$$

Де

$X \ Y$ – операція додавання чисел X і Y за модулем 2^{32} .

$X \oplus Y$ – побітове виключне АБО» (XOR) чисел X і Y , яке в мові програмування Cі позначається як $X \wedge Y$

$X \ll Y$ і $X \gg Y$ – операції побітового зсуву числа X на Y біт вліво й вправо відповідно.

Константа δ була виведена з Золотого перерізу:

$$\delta = (-1) * 2^{31} = 2654435769 = 9E3779B9_{\text{h}}.$$

У кожному раунді константа множиться на номер циклу i . Це було зроблено для запобігання простих атак, заснованих на симетрії раундів.

Також очевидно, що в алгоритмі шифрування TEA немає як такого алгоритму розкладу ключів. Замість цього в непарних раундах використовуються підключі $K[0]$ та $[1]$, у парних – $K[2]$ і $[3]$.

Так як це блочний шифроалгоритм, де довжина блоку 64-біт, а довжина даних може бути не кратна 64-біт, значення всіх байтів, які доповнюють блок до кратності в 64-біт, встановлюється в 0x01.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

На рисунку 5.1 зображено розроблене у бакалаврській дипломній роботі система керованого охолодження серверних приміщень. З рисунку можна побачити що інтерфейс головного вікна розподілено на наступні функціональні розділи: Функціональних кнопок ПЗ; Навігаційного меню яке викликається натисканням правої клавіші маніпулятора миші; Розділу обрання групи.

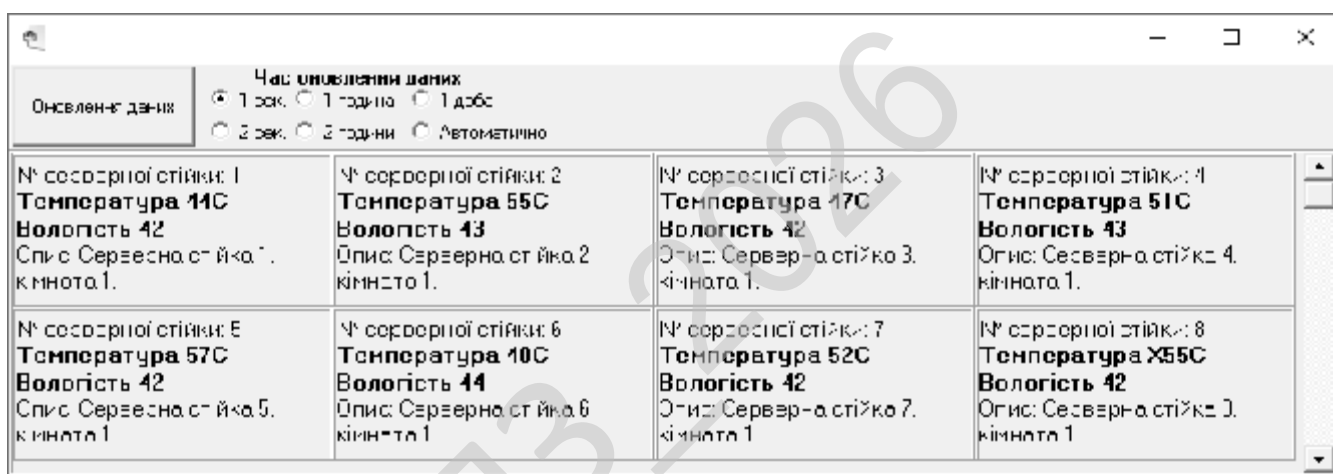


Рисунок 5.1 – Головне вікно ПЗ

Розроблена програма має дуже простий і зрозумілий інтерфейс з користувачем. Кожен, хто в достатньому обсязі володіє операційним середовищем Windows без особливих складностей освоїть і цю програму, оскільки її інтерфейс інтуїтивно зрозумілий. Якщо програма не видала ніяких помилок, і працює, то можна використовувати, інакше слід слідувати інструкціям, які пропонує програма.

На рисунку 5.2 зображено авторські дані розробленого програмного забезпечення.

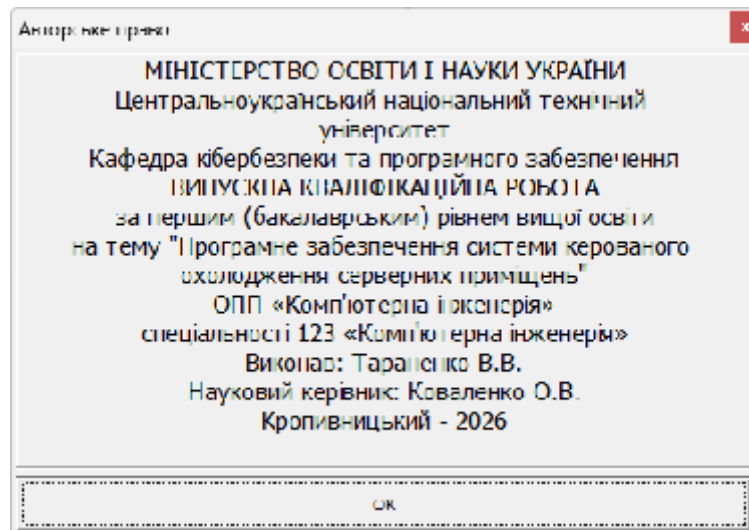


Рисунок 5.2 – Авторське право

Розглянемо процес впровадження програмного забезпечення, це процес налаштування програмного забезпечення під певні умови використання, а також навчання користувачів роботі з програмним продуктом. Впровадження програмного забезпечення це усі дії, що роблять розроблену програмну систему готовою до використання. Даний процес є частинною життєвого циклу програмного забезпечення.

Загалом процес розгортання складається з кількох взаємопов'язаних дій із можливими переходами між ними. Ця активність може відбуватися як з боку виробника так і з боку споживача. Оскільки кожна програмна система є унікальною, то усі процеси та процедури під час розгортання важко передбачити. Тому, "розгортання" можна трактувати як загальний процес відповідно до певних вимог та характеристик. Розгортання може здійснюватись програмістом і в процесі розробки програмного забезпечення.

До діяльностей пов'язаних із розгортанням програмного забезпечення відносять:

- Випуск.
- Встановлення та активація.
- Деактивація.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

- Адаптація.
- Обновлення.
- Вмонтування.
- Відстежування версій.
- Видалення.
- Вилучення з обігу.

При впровадженні програмного забезпечення потрібно урахувати наступні дії:

– Виділення критичних, з точки зору загального результату, процедур в діяльності організації. Коли набір таких процедур визначений, необхідно в першу чергу використовувати ІТ рішення для автоматизації операцій усередині саме цих процедур. Таким чином, розроблене ІТ рішення автоматично стає життєво важливим і затребуваним для організації, а також буде забезпечена публічність процесу впровадження.

– Розширення нормативної бази організації шляхом включення до неї регламентів, що описують порядок виконання процедур автоматизованих процесів. В іншому випадку є небезпека виникнення неузгодженості між автоматизованими процедурами та іншими процесами організації.

– Виконання робіт з загальної стандартизації існуючої діяльності організації, коли виділяються кращі практики виконання процедур і включаються в ІТ рішення за принципом найбільшої корисності для більшості учасників. Відсоток таких процедур щодо загального обсягу автоматизації може бути невеликий, але це надає процесу побудови рішення вагу в організації за рахунок збільшення його необхідності.

Під час роботи над програмою було проведено тестування програмного забезпечення, тобто технічне дослідження, призначене для виявлення інформації про якість продукту відносно контексту, в якому воно має використовуватись.

Тестування включає як процес пошуку помилок або інших дефектів, так і випробування програмних складових з метою їх оцінки.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Проводилась оцінка:

- відповідності поставленим вимогам;
- правильна відповідь для усіх можливих вхідних даних;
- виконання функцій за прийнятний час;
- практичність;
- сумісність з ОС та стороннім ПЗ.

Оскільки число можливих тестів для програмних компонент практично нескінченне, тому стратегія тестування полягала в тому, щоб провести всі можливі тести з урахуванням наявного часу та ресурсів.

Як результат ПЗ тестувалось стандартним виконанням програми з метою виявлення помилок або інших дефектів.

Проводилось тестування форматом білої скриньки засноване на аналізі керуючої структури програми. Програма вважається повністю перевіреною, якщо проведено вичерпне тестування маршрутів (шляхів) її графа управління.

У цьому випадку формуються тестові варіанти, в яких:

- Гарантується перевірка всіх незалежних маршрутів програми.
- Знаходяться гілки True, False для всіх логічних рішень.
- Виконуються всі цикли (у межах їхніх кордонів та діапазонів).
- Аналізується правильність внутрішніх структур даних.

Недоліки тестування "білої скриньки":

- Кількість незалежних маршрутів може бути дуже велика.
- Повне тестування маршрутів не гарантує відповідності програми вихідним вимогам до неї.
- У програмі можуть бути пропущені деякі маршрути.
- Не можна виявити помилки, поява яких залежить від даних.

Переваги тестування "білої скриньки" пов'язані з тим, що принцип «білої скриньки» дозволяє врахувати особливості програмних помилок:

- Кількість помилок мінімально в «центрі» і максимально на «периферії» програми.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

– Попередні припущення про ймовірність потоку керування або даних у програмі часто бувають некоректними. У результаті типовим може стати маршрут, модель обчислень за яким опрацьована слабо.

– При записі алгоритму програмного забезпечення у вигляді тексту на мові програмування можливе внесення типових помилок трансляції (синтаксичних та семантичних).

– Деякі результати в програмі залежать не від вихідних даних, а від внутрішніх станів програми.

Проводилось тестування чорної скриньки.

Основне місце програми тестів «чорної скриньки» – інтерфейс ПЗ. Відомі: функції програми. Досліджується: робота кожної функції на всій області визначення.

Ці тести демонструють:

- Як виконуються функції програми.
- Як приймаються вихідні дані.
- Як виробляються результати.
- Як зберігається цілісність зовнішньої інформації.

При тестуванні «чорної скриньки» розглядаються системні характеристики програм, ігнорується їхня внутрішня логічна структура. Вичерпне тестування, як правило, неможливе.

Наприклад, якщо в програмі 10 вхідних величин і кожна приймає по 10 значень, то кількість тестових варіантів становитиме 10^{10} . Тестування «чорної скриньки» не реагує на багато особливостей програмних помилок.

Тестування «чорної скриньки» (функціональне тестування) дозволяє отримати комбінації вхідних даних, які забезпечують повну перевірку всіх функціональних вимог до програми.

Програмний виріб тут розглядається як «чорна скринька», чию поведінку можна визначити тільки дослідженням його входів та відповідних виходів. При такому підході бажано мати:

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

– Набір, утворений такими вхідними даними, які призводять до аномалій у поведінці програми (назвемо його ІТс).

– Набір, утворений такими вхідними даними, які демонструють дефекти програми (назвемо його ОТ).

Будь-який спосіб тестування «чорної скриньки» повинен:

– Виявити такі вхідні дані, які з високою ймовірністю належать набору ІТс.

– Сформулювати такі очікувані результати, які з високою ймовірністю є елементами набору ОТ.

Принцип «чорної скриньки» не альтернативний принципу «білої скриньки». Скоріше це доповнює підхід, який виявляє інший клас помилок.

Тестування «чорної скриньки» забезпечує пошук наступних категорій помилок:

– Некоректних чи відсутніх функцій.

– Помилки інтерфейсу.

– Помилки у зовнішніх структурах даних або в доступі до зовнішньої бази даних.

– Помилки характеристик (необхідна ємність пам'яті і т.д.).

– Помилки ініціалізації та завершення.

Обрано умови розповсюдження – Shareware.

Під умовно-безплатним програмним забезпеченням можна розуміти спосіб або метод розповсюдження комерційного ПЗ на ринку (тобто на шляху до кінцевого користувача), при якому випробувачеві пропонується обмежена за можливостями (не повнофункціональна або демонстраційна версія), терміном дії (тріал версія) або версія з вбудованим набридливим нагадуванням про необхідність оплати використання програми.

В угоді про використання (ліцензії для кінцевого користувача, EULA) також може бути обумовлена заборона на комерційне або професійне (не тестове) її використання.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Основний принцип умовно-безплатного ПЗ – «спробуй, перш ніж купити» (try before you buy). ПЗ що поширюється як умовно-безплатний, надається користувачам безоплатно.

Звичайно користувач платить тільки за час завантаження файлів через Інтернет або за носій (CD диск, флешку, ключ). Протягом певного терміну, що становить зазвичай тридцять днів, він може користуватися програмою, тестувати її, освоювати її можливості.

Якщо після закінчення цього терміну користувач вирішить продовжити використання ПЗ, він зобов'язаний купити його (zareestruvatisya), zaplativshi avtorovi певну суму.

В іншому випадку користувач повинен припинити використання ПЗ та видалити його зі свого комп'ютера.

К6ПЗ – 2026

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Програмне забезпечення, створене в результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, призначено для системи керованого охолодження серверних приміщень.

В межах України в недостатній мірі представлені вітчизняні розробки в цій області.

Рішення завдання полягало у вирішенні наступних задач:

- Був проведений огляд існуючих систем керованого охолодження серверних приміщень.
- Досліджена система керованого охолодження серверних приміщень.
- На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи керованого охолодження серверних приміщень.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання керованого охолодження серверних приміщень.

Розроблене програмне забезпечення має простий, дружній та зручний інтерфейс користувача, що забезпечує легкість у освоєнні роботи програмного продукту, зручність у використанні, і не потребує особливих спеціальних знань.

При створенні програмного забезпечення було використано об'єктно-орієнтований підхід, що відповідає сучасним тенденціям у галузі розробки комерційних програмних систем.

Програма реалізована на мові високого рівня Python. Дана мова програмування дозволяє найбільш ефективно обробляти дані призначені для системи керованого охолодження серверних приміщень. Це дозволило мінімізувати строк розробки програмного забезпечення, і, як слід, зменшити витрати на його розробку. Запропоноване програмне забезпечення ділиться на загальне програмне забезпечення, що поставляється із засобами обчислювальної

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

техніки й спеціальне програмне забезпечення, що спеціально розроблене для даної конкретної системи й включає програми, що реалізують її функції.

Програма призначена для виконання під управлінням багатозадачної операційної системи Windows 10/11.

Даються необхідні рекомендації з установки розробленого програмного забезпечення.

Для підвищення рівня безпеки запропоновано застосовувати алгоритм ТЕА.

В цілому створене програмне забезпечення підтверджує правильність використаних проектних рішень та повністю відповідає вимогам технічного завдання. Створене програмне забезпечення має потенційну можливість для подальшого вдосконалення і застосування у різних галузях.

К6ПЗ-2026

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технології інтернету речей. Навчальний посібник [Електронний ресурс]: / Б. Ю. Жураковський, І.О. Зенів; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 12,5 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 271 с.

2. Greg Dunko, Joydeep Misra, Josh Robertson, Tom Snyder “A reference guide to the Internet of Things” / 2017 Bridgera LLC, RIoT.

3. Donald Norris “Programming with STM32. Getting started with the Nucleo Board and C/C++” 416 p. 2018.

4. Neil Kolban “Kolban’s book on ESP32”. Texas, USA. 951 p.

5. Вінтенко Б.Ю., Миронець І.В., Смірнов О.А. «Модель комп’ютерно-орієнтованої процедури системи підтримки оперативного персоналу АЕС». *IV Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція «Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних технологій (ІПШРІТ-2025)»* м.Черкаси 25 листопада 2025 року – Черкаси: ЧДТУ.– 2025. – С.101-103.

6. Kuznetsov O., Frontoni E., Kuznetsova Y., Chevardin V., Smirnov O. «Architectural foundations for adaptive security in edge computing systems». *Cybersecurity Defensive Walls in Edge Computing*, 2025. pp. 21-61.

7. Вінтенко, Б.Ю., Миронець, І.В., Смірнов, О.А., Коваленко, О.В., Усік, П.С., Буравченко, К.О., Лисенко, І.А. «Логіко-структурна модель комп’ютерно-орієнтованої процедури системи підтримки оперативного персоналу АЕС». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2025. Том 2 № 30. С. 413-427, 2025.

8. Смірнова, Т.В. «Дослідження методів, моделей та сучасних ІТ-рішень для підтримки технологічних процесів у критичній інфраструктурі держави». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2025. Том 2 № 30. С.195-208, 2025.

9. Kuznetsov, O., Frontoni, E., Kuznetsova, K., Arnesano, M., Smirnov, O. «A secure biometric authentication architecture for blockchain-driven cyber-physical

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

systems». *Security and Privacy of Cyber Physical Systems Emerging Trends Technologies and Applications*, 2025, pp. 193–224.

10. Kuznetsov, O., Atzeni, G., Arnesano, M., Randieri, C., Smirnov, O. «Secure IoT-based smart wheelchair system: From implementation to security enhancement strategy». *Security and Privacy of Cyber Physical Systems Emerging Trends Technologies and Applications*, 2025, pp. 225–257.

11. Kuznetsov, O., Smirnov, O., Kuznetsova, T., Shaikhanova, A., Svatowsky, I. «Privacy-utility trade-offs in IoT networks: A comparative analysis of differential privacy mechanisms for sensor data aggregation». *Security and Privacy of Cyber Physical Systems Emerging Trends Technologies and Applications*, 2025, pp. 589–622.

12. Вінтенко Б., Смірнов О., Миронець І., Смірнова Т., Смірнов С. «Імітаційна модель шляхів вхідних даних комп’ютерної інтелектуальної системи підтримки оператора енергоблоку АЕС». *Комбінаторні конфігурації та їхні застосування: Матеріали XXVII Міжнародного науково-практичного семінару, присвяченого 125-річчю Національного університету «Запорізька політехніка» (Запоріжжя-Кропивницький-Київ, 4-6 червня 2025 р.)*. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. С.82-91.

13. Al-Azzeh, J., Ayyoub, B., Mesleh, A., Smirnova, T., Gnatyuk, S., Drieiev, O., Smirnov, O., Dorenskyi, O. «Cloud-Based Information System for Evaluating Caverns in the Process of Blasting Metal Surfaces of Details». *International Review on Modelling and Simulations* 18 (1), 2025. pp. 32-42.

14. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Миронець І.В., Смірнова Т.В., Коваленко О.В., Мацуї А.М. «Модель шляхів отримання вхідних даних комп’ютерної інтелектуальної системи підтримки оперативного персоналу АЕС». *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2025. Вип. 11(42), ч. II. С.52-62.

15. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Миронець І.В., Смірнова Т.В. «Методи забезпечення відмовостійкості інтелектуальних систем підтримки

оператора». *VIII міжнародна науково-практична конференція “Інформаційна безпека та комп’ютерні технології”*, м. Кропивницький. 24-25 квітня 2025 р. – Кропивницький: ЦНТУ. – 2025. – С. 44-46.

16. Вінтенко, Б., Миронець, І., Смірнов, О., Коваленко, А., Коноплицька-Слободенюк, О., Смірнова, Т., Константинова, Л. «Дослідження застосування систем підтримки оперативного персоналу об’єкту критичної інфраструктури при керуванні енергоблоком АЕС з реактором типу ВВЕР-1000». *Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка»*, 2024. № 2(26), С. 6-26.

17. Смірнова Т.В., Коноплицька-Слободенюк О.К., Буравченко К.О., Смірнов С.А., Кравчук О.В., Козірова Н.Л., Смірнов О.А. «Дослідження технологій забезпечення кібербезпеки хмарних сервісів IaaS, PaaS та SaaS». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2024. №4(24), С. 6-27.

18. Вінтенко, Б., Миронець, І., Смірнов, О., Кравчук, О., Козірова, Н., Савеленко, Г., Коваленко, А. «Дослідження вимог та аналіз кібербезпеки програмного забезпечення інформаційно-керуючих систем АЕС, важливих для безпеки». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2024. №3(23), С. 111-131.

19. Al-Mudhafar Aqeel, A.M., Smirnova, T., Buravchenko, K., Smirnov, O. «The method of assessing and improving the user experience of subscribers in software-configured networks based on the use of machine learning». *Advanced Information Systems*, 2023, 7(2), pp. 49-56.

20. Kuznetsov, O., Kuznetsova, Y., Smirnov, O., Kostenko, O., Zvieriev, V. «Evaluating Hashing Algorithms in the Age of ASIC Resistance». *CEUR Workshop Proceedings*, 2023, 3628, pp. 93-105.

21. Smirnov, O., Sydorenko, V., Aleksander, M., Zhyharevych, O., Yenchев, S. «Simulation of the cloud IoT-based monitoring system for critical infrastructures». *CEUR Workshop Proceedings*, Volume 3530, 2023, pp. 256-265.

22. Smirnov, O., Odarchenko, R., Smirnova, T., Bondar, S., Volosheniuk, D. «Optimal Structure Construction of Private 5G Network for the Needs of

Enterprises». *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 2023, 178, pp. 208–223.

23. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Коваленко А.С., Смірнов С.А., Буравченко К.О. «Дослідження вимог міжнародних стандартів IEC60880 та IEC62138 з розробки програмного забезпечення інформаційно-керуючих систем АЕС, важливих для безпеки». *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2023, вип. 3(73), С. 155-166.

24. Аль-Мудхафар Акіл Абдулхуссейн М., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Смірнов О.А. «Метод оцінки та підвищення користувальницького досвіду абонентів в програмно-конфігурованих мережах на основі використання машинного навчання». *Сучасні інформаційні системи*, 2023, том 7, № 2, С. 49-56.

25. Smirnova, T., Gnatyuk, S., Yudin, O., Sydorenko, V., Polozhentsev, A., «The Model for Calculating the Quantitative Criteria for Assessing the Security Level of Information and Telecommunication Systems». *CEUR Workshop Proceedings Volume 3156*, 2022, Pages 390-399.

26. Смірнова Т.В., Гнатюк С.О., Сидоренко В.М., Юдін О.Ю., Сидоренко С.Ю., «Модель визначення критичності галузевих інформаційно-телекомунікаційних систем». *Проблеми інформатизації та управління*, № 2(70). 2022. С. 28-37.

27. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Смірнов С.А., Поліщук Л.І., «Дослідження стійкості до диференціального криптоаналізу запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2022, № 3(69). С. 93-98.

28. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Поліщук Л.І., Смірнов С.А. «Дослідження статистичної стійкості та швидкісних характеристик запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Технічні науки»*, № 2 (307). С. 46-52. 2022.

					ВКРБ-123.26.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

29. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Константинова Л.В., Смірнов С.А., Якименко Н.М., «Дослідження стійкості до лінійного криптоаналізу запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2022, № 1(67). С. 84-89.

30. Smirnova T., Gnatyuk S., Berdibayev R., Avkurova Zh., Iavich M. «Cloud-Based Cyber Incidents Response System and Software Tools». *Communications in Computer and Information Science*, 2021, vol 1486. Springer, Cham. pp 169-184.

31. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». *CEUR Workshop Proceedings*. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.

32. Smirnov O., Alimseitova Zh., Adranova A., Akhmetov B., Lakhno V., Zhilkishbayeva G. «Models and algorithms for ensuring functional stability and cybersecurity of virtual cloud resources». *Journal of theoretical and applied information technology* Vol.98. No 21, 2020, P. 3334-3346.

33. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Cherep A., Kanabekova M., Chepurko I. «Testing of code-based pseudorandom number generators for post-quantum application». *2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)*, Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020. P. 172-177.

34. Smirnov O., Kuznetsov A., Pushkar'ov A., Serhiienko R., Babenko V., Kuznetsova T., «Representation of Cascade Codes in the Frequency Domain». In: Radivilova T., Ageyev D., Kryvinska N. (eds) *Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol 48. Springer, Cham. 2021. pp 557-587.

35. Smirnov, O., Markovets, O. Vovk, N., Turchyn, Y., «Model of informational support for social network administrators' content creation». *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2616, 2020, Pages 125-136.

36. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Polishchuk, Y., Brzhanov, R., Aleksander, M. «Method of fractal traffic generation by a model of generator on the graph». *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2616, 2020, Pages 366-379.
37. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Simakhin, V., Bondar, S., Odarchenko, R. «Managing multifractal properties of the binary sequence generated with the Markov chains», *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2608, 2020, Pages 633-645.
38. Smirnov O. Kuznetsov A., Zaichenko Yu., Pastukhov M., Oleshko O., Kuznetsova K., «Formation of Discrete Signals with Special Correlation Properties». *International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019*; Odessa; Ukraine; 9-13 September 2019. P.22-28.
39. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kolovanova, I., Kuznetsova, T., «Noise immunity of the algebraic geometric codes». *International Journal of Computing*; 2019, Volume 18, Issue 4 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2019. – P. 393-407.
40. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Reshetniak, O., Ivko, N., Katkova, T., Kuznetsova, T., «Generators of Pseudorandom Sequence with Multilevel Function of Correlation». *2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019 . P.517-522.
41. Smirnov, O., Odarchenko, R., Abakumova, A., Usik, P., Kundyz, M., «QoE optimization technique for media delivery in 5G networks». *2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019. P.597-601.
42. Smirnov, O., Krasnobayev, V., Yanko, A., Kuznetsova, T. «Methods of nulling numbers in the system of residual classes». *CEUR Workshop Proceedings*, Vol 2588, P. 90-106, 2019.
43. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Averchev, A., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., «Formation of Pseudorandom Sequences with Special Correlation

Properties», 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies, AICT -2019/ Lviv, Ukraine, 2-6 July, 2019, P. 395-399.

44. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kiian, A., Zamula, A., Rudenko, S., Hryhorenko, V., «Variance Analysis of Networks Traffic for Intrusion Detection in Smart Grids», 2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS), Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 353-358.

45. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kavun, S., Babenko, B., Nakisko, O., Kuznetsova, K., «Malware Correlation Monitoring in Computer Networks of Promising Smart Grids», 2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS), Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 347-352.

46. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., Prokopovych-Tkachenko, D., «Discrete Signals with Special Correlation Properties», CEUR Workshop Proceedings Volume 2353, CEUR Workshop Proceedings 2019, Pages 618-629.

47. Smirnov A.A., Kuznetsov A.A., Danilenko D.A., Berezovsky A., «The statistical analysis of a network traffic for the intrusion detection and prevention systems», Telecommunications and Radio Engineering. – Volume 74, Issue 1. – Begel House Inc. – 2015. – P. 61-78.

48. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Кравченко С.С., Горбов В.О., «Хмарна система підтримки прийняття рішень технологічного процесу відновлення поверхонь конструкцій і деталей машин». Сучасні інформаційні системи. 2021. Т. 5, № 4. С. 79-95

49. Смірнов О.А., Усік П.С., Миронець І.В., Буравченко К.О., Якименко Н.М. «Метод підвищення ефективності розподіленої обробки даних у комп'ютерних системах операторів стільникового зв'язку» Вісник Черкаського державного технологічного університету. Технічні науки. №4. С. 103-110. 2020.

50. О.А.Смірнов, Т.В.Смірнова, Л.І. Поліщук, К.О. Буравченко, А.О.Макевнін, «Дослідження хмарних технологій як сервісів», Кібербезпека: освіта, наука, техніка. № 3(7). С. 43-62. 2020.