

Атестаційна випускна робота  
*магістра*  
на тему:  
«Автоматизоване керування тепловою потужністю  
модульної котельні з адаптацією параметрів  
теплоспоживання»

Виконав:

ст. гр. АКІТм – 23

Биковський Д.А.

Керівник:

Самойленко М.І.

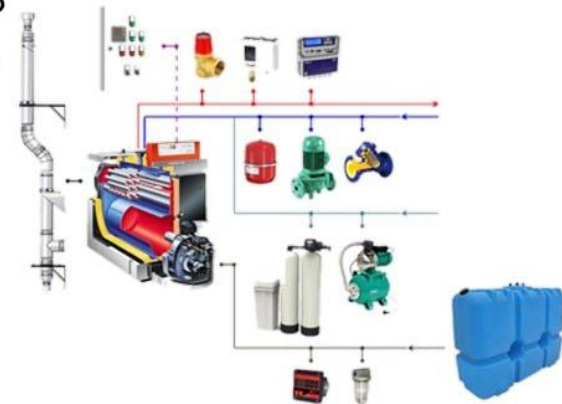
# Модульна котельня

Модульні котельні забезпечують тимчасове теплопостачання та можуть бути використані в найрізноманітніших умовах.

Основні параметри мобільної котельні:

- Теплова потужність
- Рівень ефективності
- Тип палива
- Теплопродуктивність

## Приклад блочно модульної котельні



## Мета роботи

- Розробка адаптивної системи керування тепловою потужністю та дослідження її економічної ефективності.

## Об'єкт і предмет дослідження

- Об'єктом дослідження є модульна котельня з автоматизованою системою управління тепловою потужністю.
- Предметом є адаптивні алгоритми керування тепловими параметрами системи у відповідь на коливання теплоспоживання.

## Актуальність теми дослідження

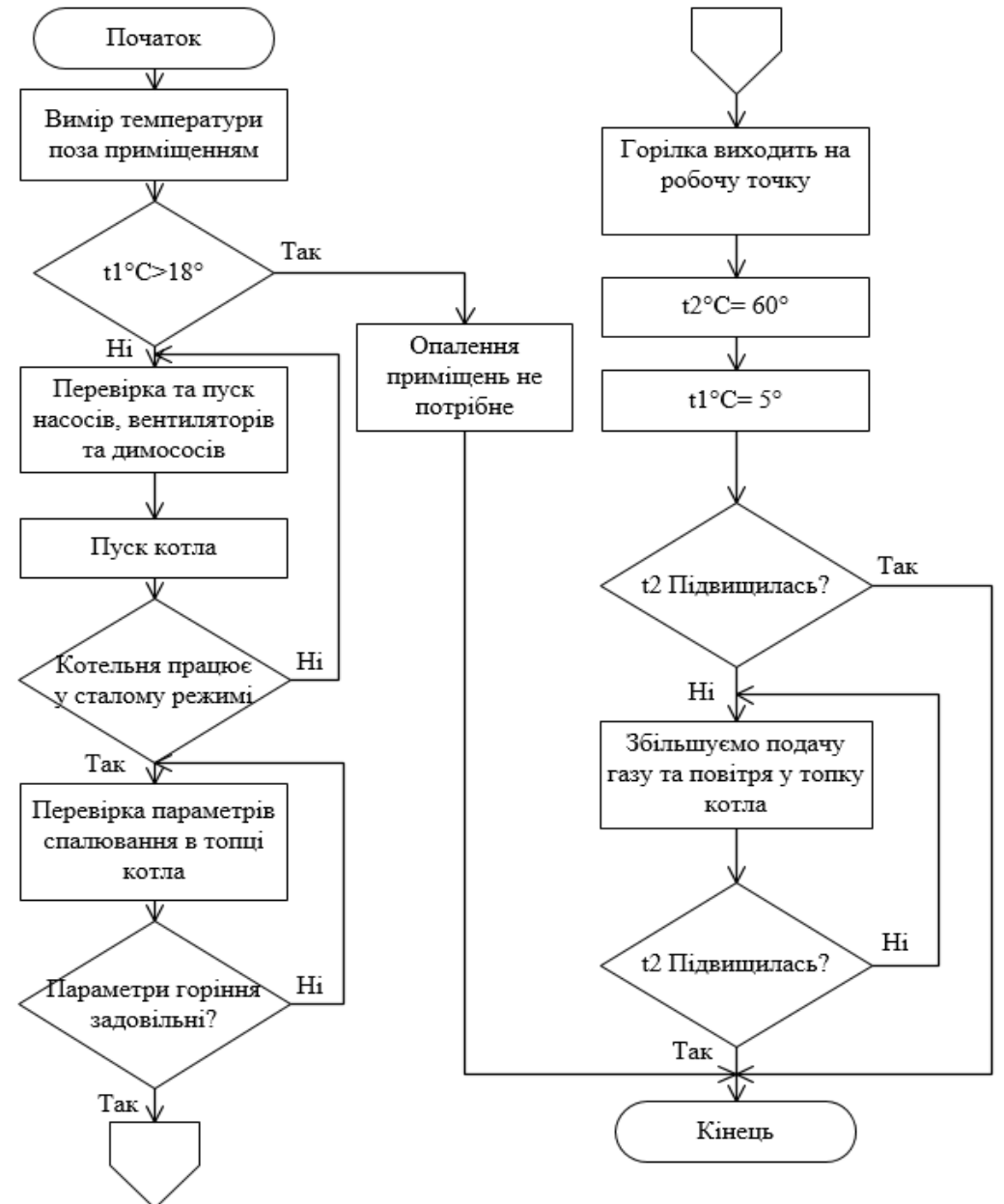
- Ця тема є актуальною у світлі сучасних вимог до енергоефективності та сталого використання ресурсів.
- У контексті зростання цін на енергоносії та підвищення екологічних стандартів, модульні котельні виступають оптимальним рішенням для підприємств і житлових об'єктів. Однак для забезпечення максимальної ефективності їх роботи потрібні автоматизовані системи керування, що можуть адаптуватися до змін у параметрах теплоспоживання. Це робить тему роботи актуальною як з економічної, так і з технічної точки зору.

# Технології та алгоритми регулювання теплоспоживання

Основним завданням систем регулювання теплоспоживання є підтримання оптимальних параметрів температури в системах опалення, що дозволяє забезпечити споживачам комфортні умови і водночас мінімізувати витрати енергії.

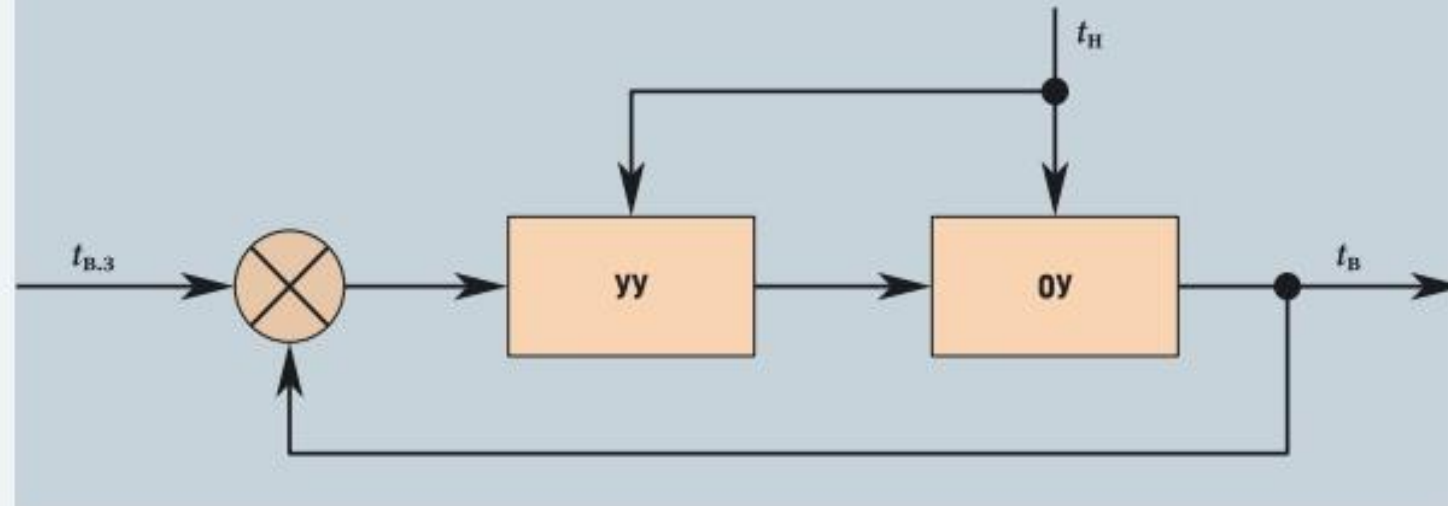
Схема алгоритму реалізації регулювання теплової потужності.

На ній зображено регулювання газу і тиску повітря в залежності від температури навколишнього середовища та температури теплоносія.



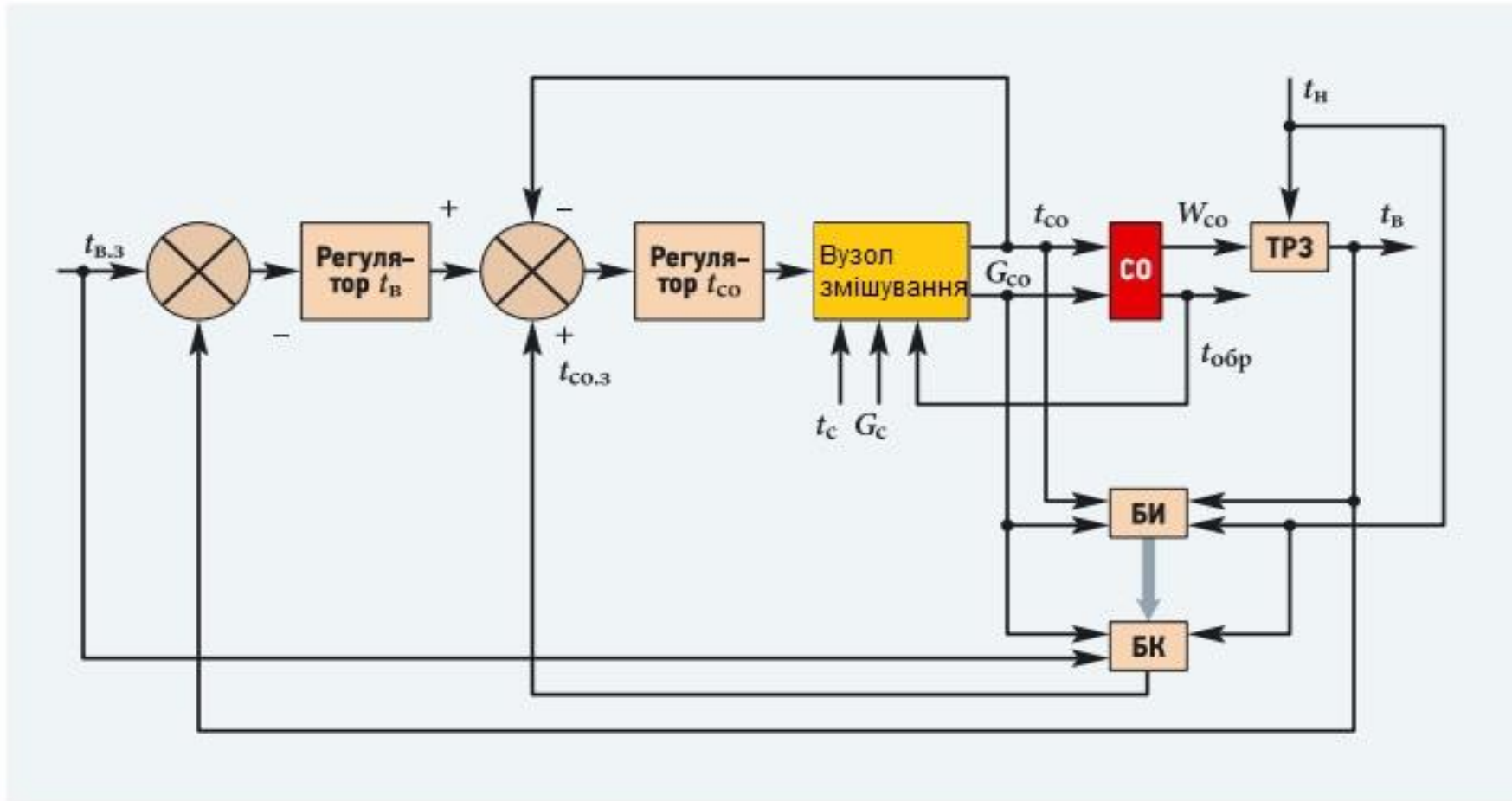
# Адаптивні системи керування

Що таке адаптивне керування? Це системи, які підлаштовуються до змінних умов.



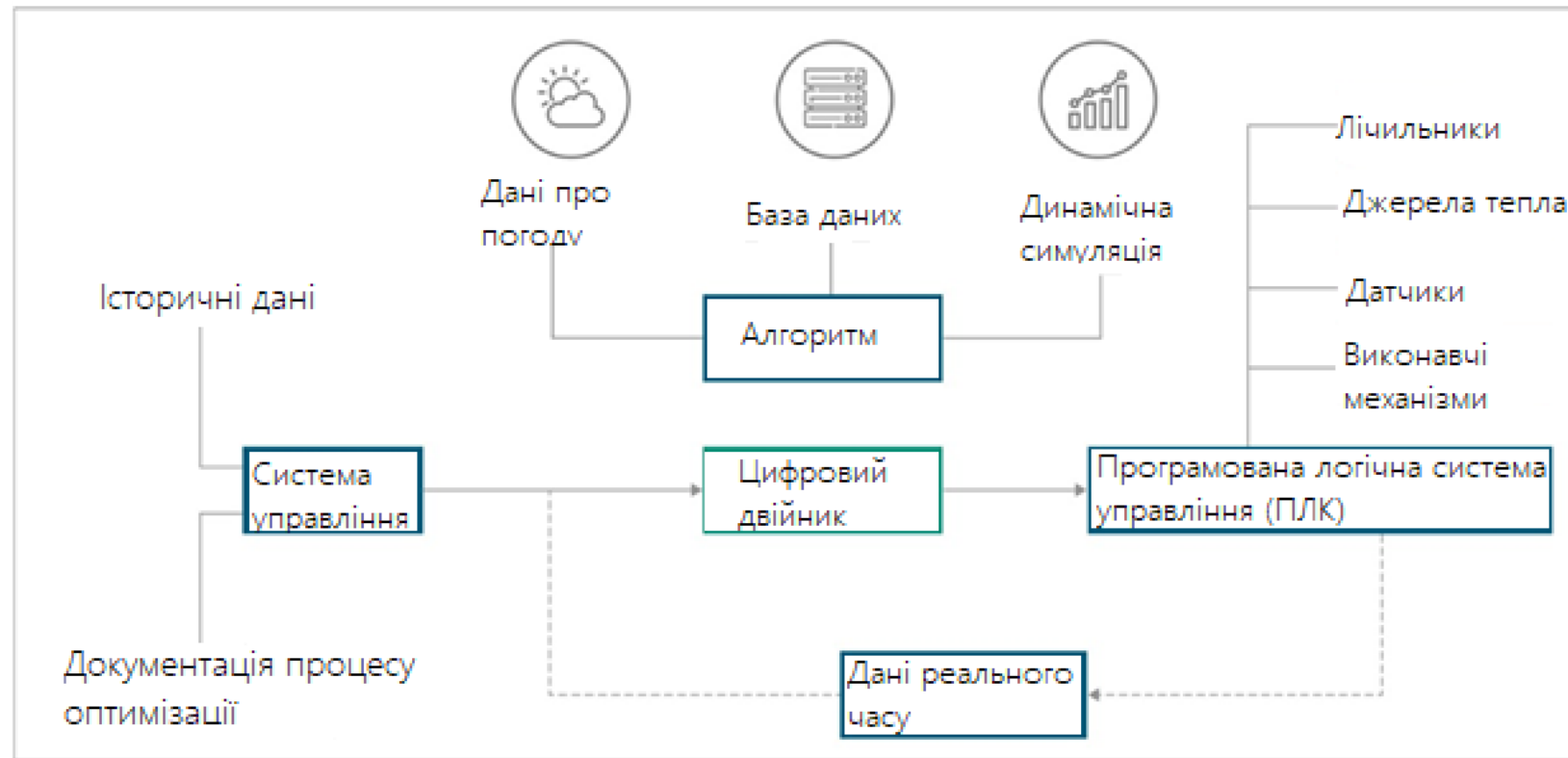
Одним із найбільш ефективних підходів є створення адаптивних систем управління тепловим режимом будівель, програмне забезпечення яких враховує як реальні теплозахисні властивості будівлі, так і фактичні теплотехнічні характеристики її системи опалення.

# Структура адаптивної системи керування



На схемі, що представлена, передбачається регульований вузол змішування. Регулятор  $t_{CO}$  керує цим вузлом так, щоб фактична температура води на вході системи опалення дорівнювала заданому значенню, що обчислюється БК.

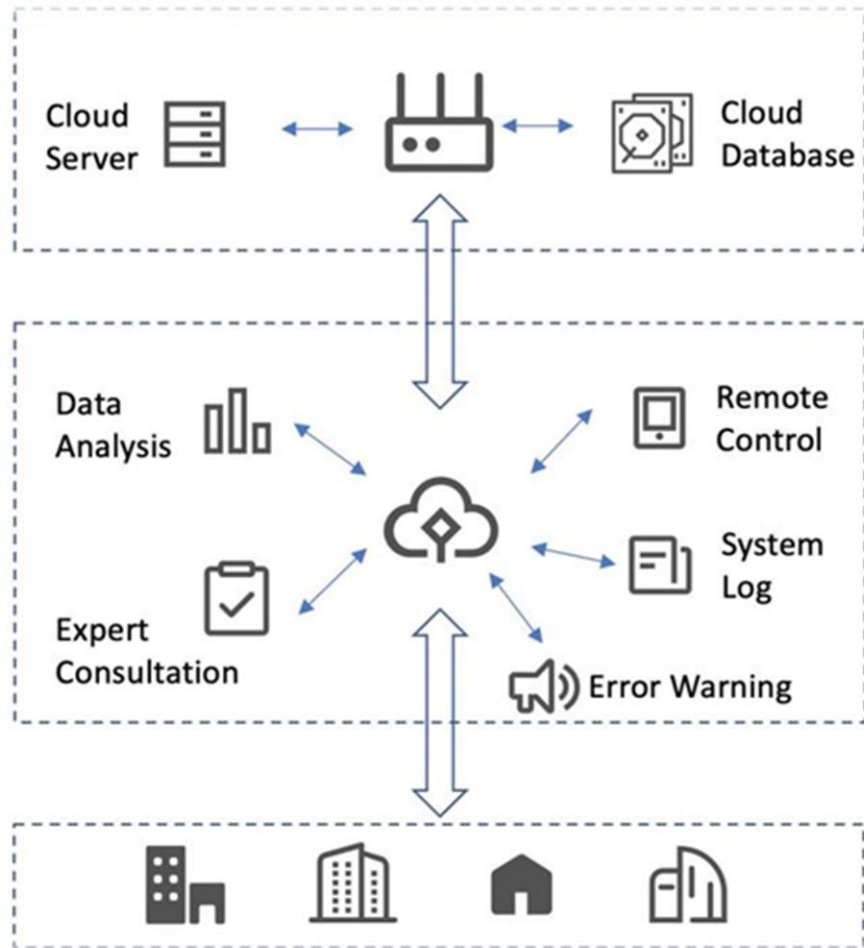
# Сучасні технології регулювання теплоспоживання



Основним завданням систем регулювання теплоспоживання є підтримання оптимальних параметрів температури в системах опалення, що дозволяє забезпечити споживачам комфортні умови і водночас мінімізувати витрати енергії.

Сучасні системи використовують методи компенсації температури, що дозволяє котельням автоматично знижувати температуру теплоносія при підвищенні температури навколишнього середовища, і навпаки, збільшувати її під час похолодання.

# Створення системи Інтернету речей (IoT)



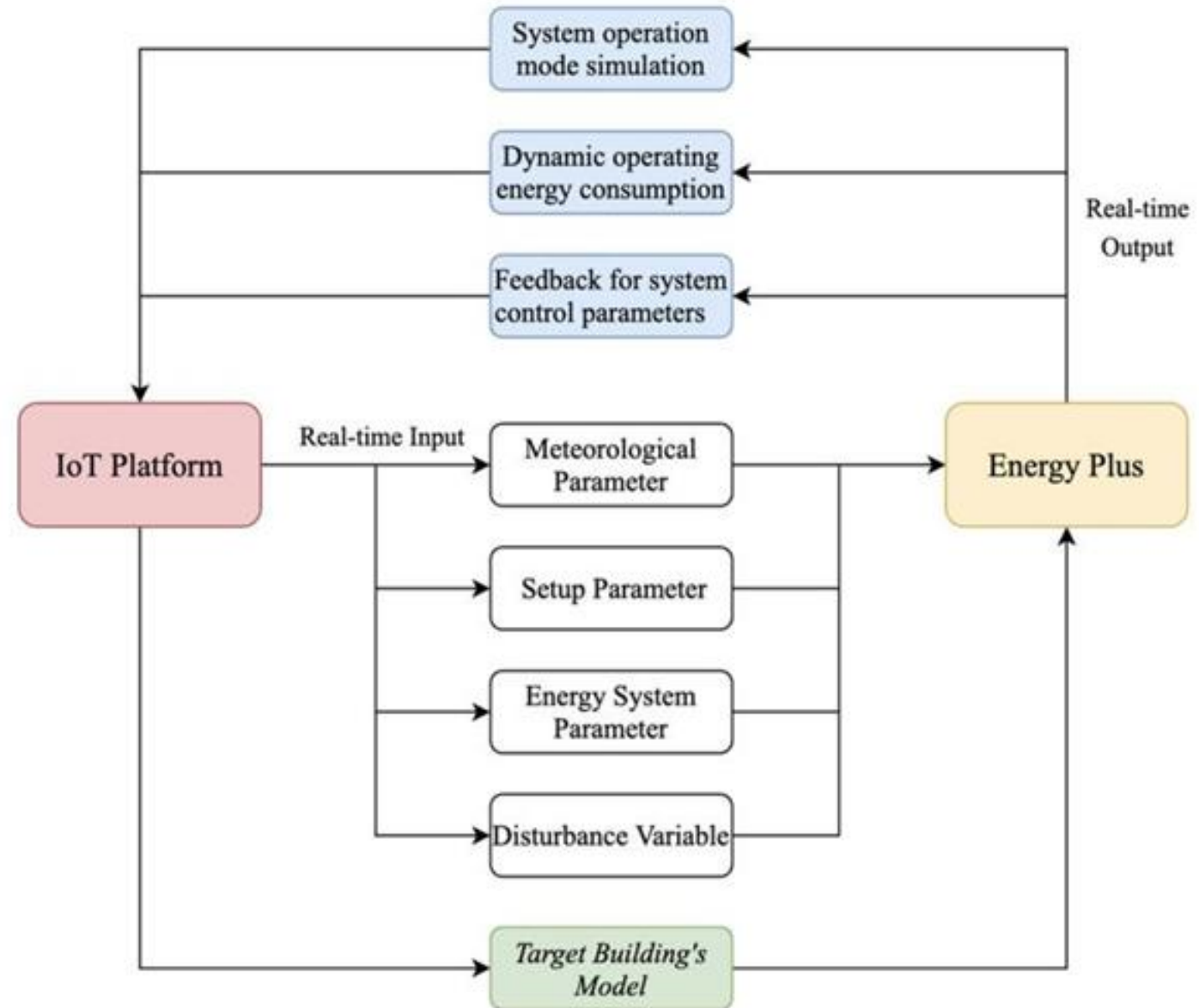
На рисунку показано систему IoT, яка є проміжною ланкою між апаратним забезпеченням нижнього рівня та програмним забезпеченням верхнього рівня, відіграючи роль контролю та передачі інформації. Вона підключається до різних датчиків і систем опалення котлів та до хмарного сервера для симуляції роботи системи. Система IoT у цьому дослідженні має багато функцій, таких як збір даних, їхнє керування та інтелектуальне керування.

Система IoT також інтегрує такі функції, як системні журнали та сигнали про помилки, на додаток до трьох основних функцій, згаданих вище.

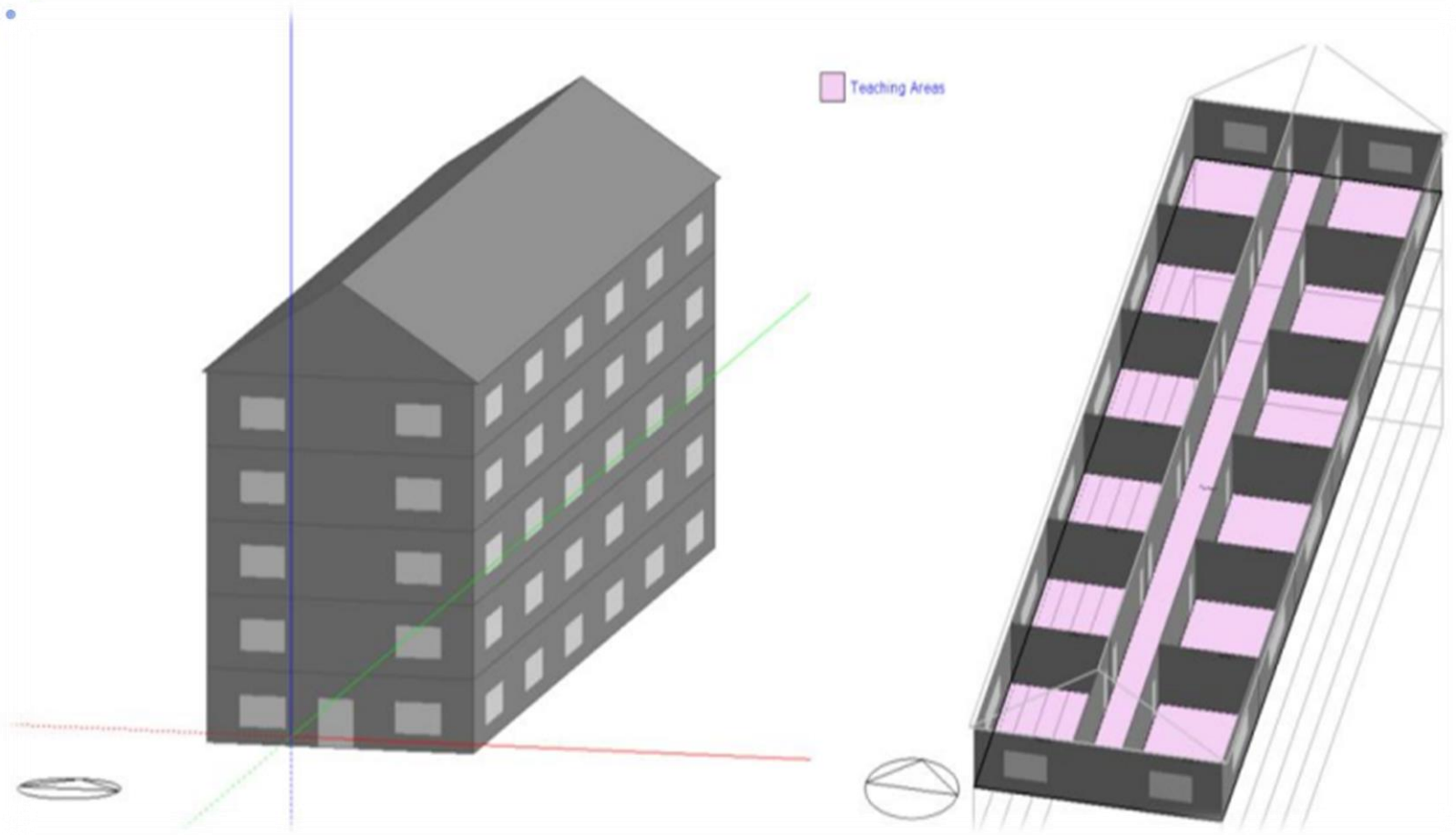
# Розробка інтерфейсу для системи IoT

На рисунку показано інтерфейс, який використовується для координації системи IoT і Energy Plus на хмарному сервері.

Система IoT збирає в режимі реального часу зовнішню температуру та погодні умови, цільові параметри, робочий стан котла, зміни кількості людей у будинку й через інтерфейс перетворює ці дані на ті, які Energy Plus може розпізнавати та використовувати. Модель будівлі й параметри огородження повинні бути налаштовані заздалегідь.



# Налаштування моделі будівлі



У цьому дослідженні типова будівля школи в Києві використовується як об'єкт дослідження для перевірки продуктивності запропонованого оптимального методу керування.

Зовнішні параметри взято з даних київського типового метеорологічного року. Геометрична модель будується за допомогою Design Builder, а потім імпортується в Energy Plus для розрахунку.

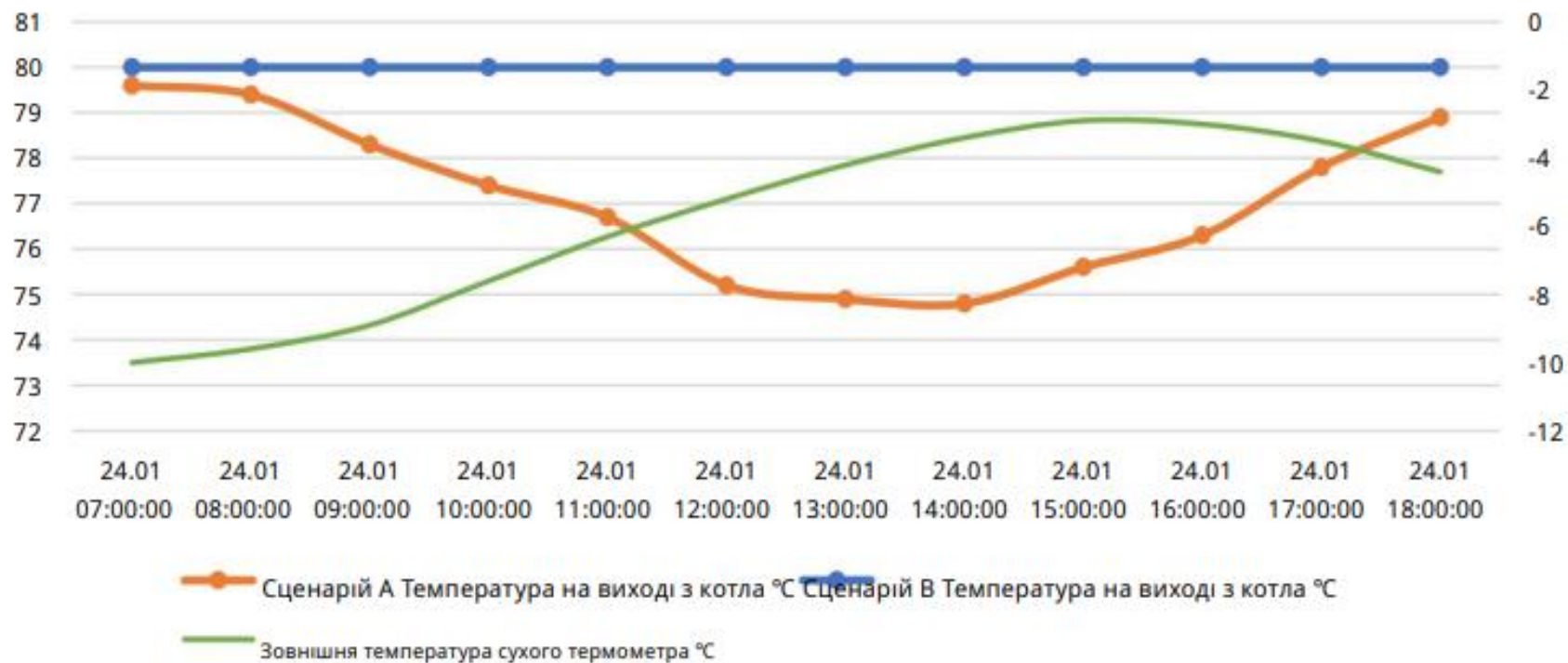
# Порівняння сценаріїв теплового навантаження

Опалення радіаторів, ГВП, Природна вентиляція	Сценарій А	Сценарій В
Проектна температура на виході	Автоматичне керування	80°C
Різниця температур на звороті	10°C	10°C
Тип потоку	Постійний потік	Постійний потік
Тип теплоносія	Вода	Вода
Тип палива	Природний газ	Природний газ
Коефіцієнт розміру	1,00	1,00
Насос контуру подачі	Постійний потік	Постійний потік
Час доступності	7:00-18:00	7:00-18:00
Цільові температури	20°C	Відсутні

В досліді було взято два сценарії А та В. Де перший сценарій імітує ситуацію, коли IoT збирає зовнішні дані в режимі реального часу та використовує моделювання для точного контролю вихідної температури води, щоб вихідне тепло завжди відповідало фактичному тепловому навантаженню.

Другий сценарій імітує звичайну модель роботи котла, де температура та швидкість потоку води на виході фіксуються після ввімкнення котла, а зовнішні умови не впливають на роботу котла.

## Щоденний аналіз результатів



Під час випробування температура води на виході та витрата води на виході реєструвалися кожну годину. Швидкість потоку води в обох сценаріях А і В становила 4,7 кг/с. Температура за сценарієм А коливалася в межах 75-79 °С. Температура сценарію В фіксувалася на рівні 80 °С, як показано на рисунку. Цей результат доводить ефективність розробленої системи контролю та закладає основу для подальшого аналізу.

# Аналіз місячних результатів

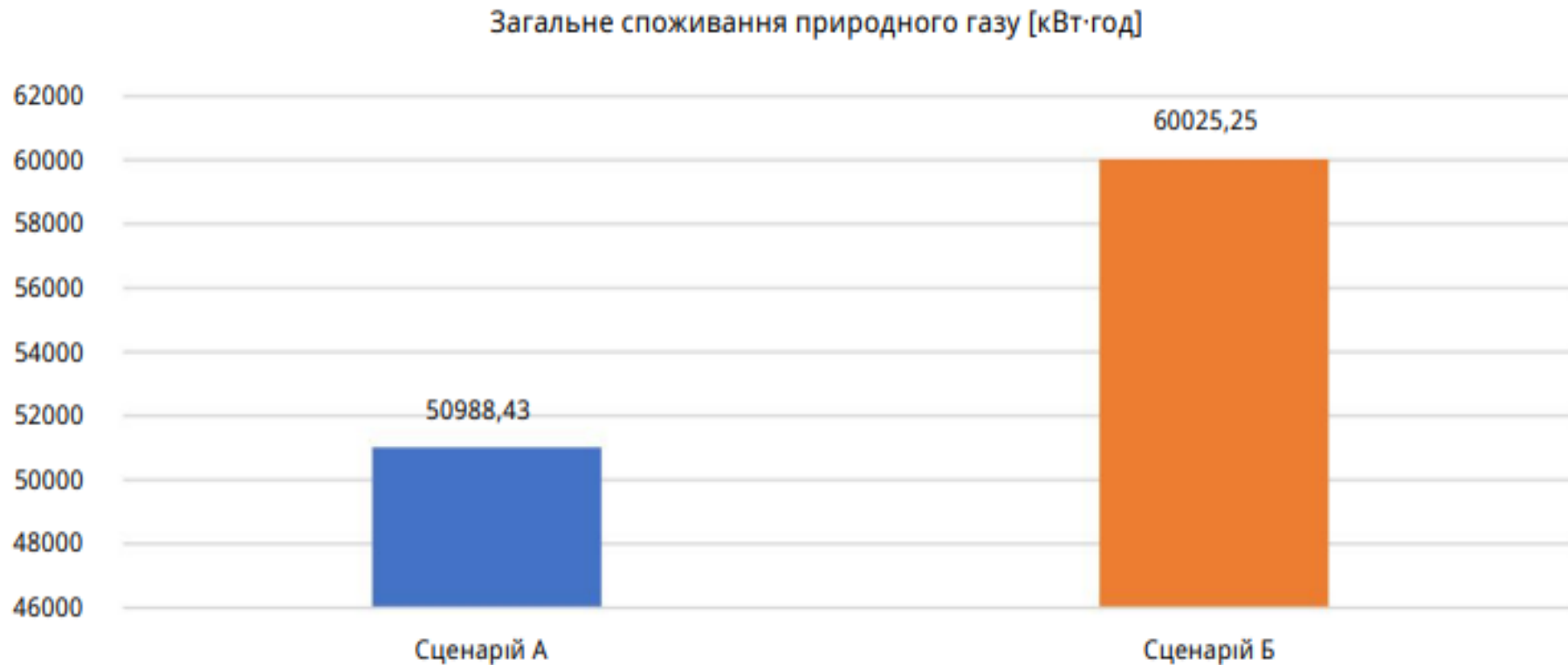
На графіку показано незначну різницю між двома стратегіями контролю в жовтні та березні, а загальне споживання енергії залишається низьким.



Це пов'язано з тим, що температура в ці місяці в Києві все ще відносно прийнятна, і приміщення може підтримувати прийнятну температуру без використання системи опалення. Споживання газу починає значно зростати з листопада і досягає свого максимуму в січні. Різниця в споживанні теплової енергії між двома сценаріями досягає 14%.

# Економічна доцільність автоматизації

На графіку зображено загальне споживання газу за весь опалювальний сезон. Сценарій А дозволяє заощадити майже 15% від загального споживання газу, що підтверджує значний енергозберігаючий вплив інтелектуального керування на основі платформи Інтернету речей у будівлях.



# Екологічна ефективність автоматизації

Якщо конвертувати споживання газу в ціну, відповідно до поточної ціни на природний газ в Україні, яка становить 7,99 гривень за м<sup>3</sup>, то сценарій В коштуватиме 479 601 грн, а сценарій А — 407 397 грн. Це означає, що за один опалювальний сезон у початковій школі інтелектуальна система керування дозволяє заощадити 9000 кВт·год природного газу, що еквівалентно економії 72 000 грн. Якщо цю стратегію застосувати в 20 школах Києва, то за один опалювальний сезон можна заощадити 1, 440 000 мільйона гривень.

Якщо розрахувати викиди вуглекислого газу, то сценарій А викидає 9580 кг CO<sub>2</sub>, тоді як сценарій В викидає 11278 кг CO<sub>2</sub>.

## Висновки

У дипломному проєкті було вивчено оптимальний метод керування котельною системою шляхом розробки інтерфейсу між системою IoT будівлі та Energy Plus. На прикладі модульної котельні початкової школи в Києві перевірено та оцінено ефективність інтелектуального методу керування.

Результати показують, що котельня з інтелектуальним керуванням на основі системи IoT демонструє значний енергозберігаючий ефект при однакових параметрах будівлі та внутрішніх навантаженнях. Це є ідеальною моделлю для енергозбереження в будівлях. Порівняно з традиційним методом фіксованого значення температури на виході, динамічне регулювання котла може підвищувати температуру на виході при умовах низької зовнішньої температури, а також знижувати її на 2-8°C у більшості випадків. Це дозволяє зекономити 15% від загального споживання газу, вартості газу та викидів вуглекислого газу.

Таким чином, це є ефективним методом енергозбереження та захисту навколишнього середовища. Впровадження та застосування цієї котельної системи опалення та інтелектуальної схеми керування в інших шкільних будівлях Києва має велике значення для енергозбереження та скорочення викидів.

*Дякую за увагу!*

