

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ

Лубенець Андрій Олександрович

Розробка заходів з модернізації системи теплопостачання будівель ЗОШ  
I-III ступенів с. Мутин

Кваліфікаційна робота магістра  
зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»  
(Енергетичний менеджмент)

*В роботі не виявлено текстових,  
ілюстративних та інших запозичень  
без коректного на них посилання*

Керівник роботи:

\_\_\_\_\_ (підпис)

Сапожніков С.В.

\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я, по батькові)

к.т.н., доцент кафедри ПГМ

\_\_\_\_\_ (наукове звання та наукова ступінь)



5 Консультанти кваліфікаційної роботи, із зазначенням розділів проекту

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях			

6 Дата видачі завдання 01.11.2021 р

Керівник

\_\_\_\_\_ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_ (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Проходження переддипломної практики	з 01.11 до 28.11.2021	
2	Захист переддипломної практики	до 05.12.2021	
3	Виконання 1-го розділу	до 21.11.2021	
4	Виконання 2-го розділу	до 30.11.2021	
5	Виконання 3-го розділу	до 11.12.2021	
6	Представлення виконаної роботи	до 13.12.2021	
7	Проходження перевірки на плагіат	до 20.12.2021	
8	Проведення захисту роботи	з 20.12 до 30.12.2021	
9			
10			

Студент-магістр

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник випускної роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 48 с, 8 таблиці, 10 рисунків, 30 літературних джерел.

*Мета роботи:* проведення енергетичного обстеження енергоспоживаючих систем, тепло- та електропостачання, холодного водопостачання і надання рекомендацій по ефективному споживанню енергоресурсів.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі завдання:

- аналіз рівня ефективності використання енергоносіїв;
- розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання;
- розробка енергозберігаючих заходів із економії паливно-енергетичних ресурсів.

*Предметом дослідження* є будівля Мутинському ліцею.

*Об'єктом* є системи енергопостачання та енергоспоживання будівлі Мутинського ліцею

*Методи дослідження:* інструментальне вимірювання, розрахунково-математичні методи визначення енергетичних параметрів.

*Ключові слова:* ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ТЕПЛОВТРАТИ, ТЕПЛОАДХОДЖЕННЯ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИЙ ЗАХІД, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ОСВІТЛЕННЯ, ОПАЛЕННЯ.

Тема роботи – «Розробка заходів з модернізації системи теплопостачання будівель ЗОШ I-III ступенів с. Мутин»

## Зміст

ВСТУП.....	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ .....	6
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження [25].....	6
1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження .....	7
1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта .....	8
1.3.1 Система опалення .....	8
1.3.2 Система електропостачання .....	8
1.3.3 Система водопостачання .....	9
1.3.4 Система вентиляції.....	9
1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв.....	9
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду .....	10
1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води .....	10
1.4.1 Аналіз обсягів споживання електроенергії.....	10
1.4.2 Аналіз обсягів споживання холодної води .....	11
1.4.3 Аналіз обсягів споживання твердого палива.....	12
1.5 Висновки за розділом.....	12
2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	13
2.1 Опис можливих енергозбережних заходів.....	13
2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів .....	15
2.2.1 Інтелектуальна система освітлення [29] .....	15
2.2.2 Заміна твердопаливного котла .....	24
Висновки до розділу.....	33
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	34
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження.....	34
3.2 Пожежна безпека [27] .....	36
3.3 Правила експлуатації [28].....	36
3.4 Вимоги до проектування котельних установок .....	38
3.5 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях [4]. .....	40
ВИСНОВОК.....	45
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	46

## ВСТУП

За останнє століття люди почали усвідомлювати, що запаси природних ресурсів обмежені та з'являються невтішні прогнози стосовно вичерпання усіх викопних джерел енергії. Це стало рушійною силою для розробки стратегій та проектів, які направлені на найбільш раціональне використання доступних ресурсів нашої планети. Не менш важливим є питання екологічного стану планети. Експерти дають невтішні прогнози, що вже за декілька десятиріч ми будемо вимушені використовувати тільки альтернативні методи виробництва енергії та певні види відновлюваних джерел енергії.

Весь час, головними споживачами енергії вважалися промислові підприємства та їх будівлі. Але зараз ми бачимо, що на теплопостачання житлових будівель та комунального сектору також витрачається значна кількість природних ресурсів планети.

Рівень технічного розвитку сучасного суспільства спрямований на створення максимально комфортних умов для життя людини. Що призвело до високого ступеню рівня енергоспоживання, яке породжує необхідність підвищення енергоефективності житлової сфери України, яка виділяється значним рівнем використання енергоресурсів.

Тому **метою випускної кваліфікаційної роботи** обрано розробку заходів з модернізації системи теплопостачання будівлі Мутинського ліцею сучасних навантажень, будівельних норм та правил.

**Об'єкт:** системи енергопостачання та енергоспоживання будівлі Мутинського ліцею

**Предмет:** будівля Мутинського ліцею.

Відповідно до поставленої мети мають бути вирішені наступні завдання:

1. Провести енергетичний аудит будівлі навчального закладу;
2. Розрахувати теплове навантаження будівлі;
3. Розрахувати та вибрати раціональні комплектуючі системи опалення, захисну апаратуру та оптимізувати режими роботи теплового пункту;
4. Запропонувати шляхи підвищення енергоефективності будівлі

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

## 1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження [25]

Об'єктом енергетичного обстеження є комунальна установа – опорний заклад загальної середньої освіти «Мутинський ліцей» (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Мутинський ліцей[30]

Адреса будівлі: 41351, Сумська область, Кролевецький р-н, с. Мутин, вул. Колективна, 4

У закладі працює 40 працівників, з них 32 – вчителі.

Встановлений п'ятиденний робочий тиждень. Режим роботи закладу з 8<sup>00</sup> години до 16<sup>00</sup> години.

Основними системами, що забезпечують роботу Мутинського ліцею є системи теплопостачання, електропостачання, водопостачання та водовідведення.

Перевіряє справність та проводить ремонт інженерних комунікацій будівлі технічний персонал школи.

Технічні характеристики будівлі:

- Рік побудови 1966р.;
- Кількість поверхів 2 пов.;
- Опалювальна площа 1658 м<sup>2</sup>;
- Площа забудови 1001 м<sup>2</sup>;

- Опалювальний об'єм будівлі 7254 м<sup>3</sup>;
- Опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами 7793 м<sup>3</sup>.

## 1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеженн

Заклад розміщений у типовій двоповерховій будівлі, що має П-подібну форму планування

Зовнішні стіни будівлі ліцею цегляні. На внутрішніх стінах приміщення нанесена піщано-цементна штукатурка товщиною 30 мм. Додаткова теплоізоляція відсутня. Фундамент будівлі виконаний з бетону. Значних пошкоджень фасаду не виявлено.

Підлога будівлі бетонована та покрита дошками товщиною в 30 мм. Підлога будівлі представляє собою залізобетонну плиту вкриту лінолеумом або дерев'яними дошками, в залежності від призначення приміщення. Між поверхнею ґрунту та плитою є повітряний прошарок.

Перекриття будівлі виконане з залізобетонної плити висотою 227 мм.

Коефіцієнт теплопровідності основного конструктивного матеріалу стіни згідно норми для цегли – 0,87Вт/(м·град) [11].

Будівля налічує 98 вікон, загальною площею 291,31 м<sup>2</sup> металопластикові з двокамерним склопакетом.

Будівля має три входи (у постійному використанні знаходиться один центральний, який являє собою основний вхід), які виконано у вигляді тамбуру. Зовнішні двері будівлі – металопластикові, що обладнані пристроєм автоматичного закривання. Інші двері виготовлені з дерева.

Виявлені нещільності в дерев'яних дверях. Розмір дверей 2x1,2 м.

Інші дерев'яні двері, які не використовуються, мають короблення дверного полотна, нещільності прилягання через зношеність брусів коробки.

Також, у закладі є підвальне приміщення де розташовані технічні комунікації. Складається з кількох приміщень. Підлога являє собою бетонну стяжку без утеплення. Перекриття над підвалом не утеплене.



Будівля має горища. На горищі знаходяться деякі комунікації. Переkritтя верхнього поверху являє собою залізобетонну плиту. Переkritтя даху двоскатне виконано з дерева. Покрівля виконана з шифера.

При обстеженні було виявлено майже однакову температуру повітря у кімнатах.

### 1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта

#### 1.3.1 Система опалення

Централізоване опалення відсутнє, тому опалення будівлі здійснюється автономно за рахунок котельні, яка знаходиться на території ліцею. Підключений твердопаливний котел. Як паливо використовують різнорідні дрова.

Котел працює з низьким ККД, оскільки в ході використання та частого ремонту втратив свої основні технічні параметри. Марку котла визначити неможливо.

Система опалення ліцею однотрубна з нижньою розводкою; за напрямом з'єднання опалювальних приладів – горизонтальна, з вимушеною циркуляцією теплоносія.

Система опалення нерегульована. Приладів контролю за споживанням теплової енергії немає. Автоматика для управління системою опалення відсутня. Наявні манометри та термометр в теплопункті.

У якості опалювальних приладів використовуються чавунні радіатори типу МС-140. Опалювальні прилади розташовані під вікнами у кожному приміщенні. Доступ до опалювальних приладів необмежений. Прокладка стояків – відкрита вздовж стін будівлі.

Температура на подавальному трубопроводі – 75 °С, температура у зворотному трубопроводі – 55 °С. Промивання системи опалення майже не проводиться.

#### 1.3.2 Система електропостачання

Постачання електроенергії Мутинського ліцею здійснюється від трансформаторної підстанції, яка знаходиться на балансі «Енера Суми». Внутрішні електромережі є застарілими.

### 1.3.3 Система водопостачання

Постачання води до Мутинського ліцею здійснюється централізовано від СОК «Мутинчанка» с. Мутин. Ввідна мережа водопостачання знаходиться у тепловому пункті і звідти розподіляється по будівлі ЗОШ.

Тиск в зовнішній мережі в точці підключення складає 0,15-0,3 МПа, що забезпечує розрахунковий тиск на ввіді в будівлю. Водопровідна мережа запроектована з чавунних водопровідних труб  $d = 100$  мм. Глибина залягання водопровідної мережі 1,8 м.

Каналізація: підключення будівлі ліцею відбувається до існуючої дворової мережі  $D = 150$  мм., далі до вигрібної ями, яка розташована на території школи.

Гаряче водопостачання від магістралі до будівлі не передбачене.

### 1.3.4 Система вентиляції

Система вентиляції коридорів, класів, адміністративних кімнат та санітарних вузлів знаходиться в незадовільному стані. Відсутня вентиляційна установка, і тому вентиляція по каналах здійснюється лише за рахунок перепаду тисків, складова яких дуже мала.

Вентиляція здійснюється через канали прокладені в стінах. Витяжні решітки встановлено на каналах під стелею. Заходи з очищення витяжних каналів не проводились. В приміщеннях, де встановлені нові пластикові вікна (мають нові ущільнення) вентиляція взагалі не працює, бо відсутній приплив свіжого повітря.

### 1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв

Облік теплової енергії не здійснюється. Гаряче водопостачання не передбачене.

Об'єм споживаної холодної води вимірюється крильчастим лічильником Новатор ЛК15х. Періодичність повірки – один раз на 1,5 роки. Постачання води до ліцею здійснюється централізовано від СОК «Мутинчанка» згідно договору.

Облік спожитої електроенергії здійснюється трифазним лічильником активної електроенергії ЦЭ6803ВШ/1. Періодичність повірки – один раз на 8 років.

Постачання електроенергії ліцею здійснюється з трансформаторної підстанції КТП-120, яка знаходиться на балансі «ЕНЕРА СУМИ».

### 1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Існуючі тарифи на енергоносії та воду (станом на листопад 2021) [10] :

Дрова: 900 грн/м<sup>3</sup>;

Електрична енергія: 1,68 грн/кВт·год;

Водопостачання: 5,75 грн/м<sup>3</sup>.

### 1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води

Завдяки показанням використання енергоносіїв та води за останні чотири роки, можна робити висновки про потенціал, затрати та розвиток Мутинського ліцею в плані енергозбереження (Таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Обсяги, динаміка споживання ПЕР за 2017-2020 роки

Види ПЕР	Одиниці виміру	2017 р	2018 р	2019 р	2020 р
Електроенергія	кВт·год	121654	121765	121923	112813
Холодна вода	м <sup>3</sup>	3086	3023	3031	2832
Тверде паливо (дрова)	м <sup>3</sup>	306	323	319	291

#### 1.4.1 Аналіз обсягів споживання електроенергії

З діаграми використання електричної енергії (рис. 1.2) видно, що найбільше споживання припадало на 2018 рік. Спостерігається зниження використання електроенергії в 2020-му році. Це можна пояснити тим, що заклад знаходився на карантині.



Рисунок 1.2 – Діаграма використання електроенергії на 2017-2020 роки

#### 1.4.2 Аналіз обсягів споживання холодної води

Діаграма використання холодної води (рис 1.3) показує, що з кожним роком зменшується об'єм її споживання, про що свідчать зменшення кількості учнів та персоналу, а також введення карантинних обмежень в закладі.



Рисунок 1.3 – Діаграма використання холодної води на 2017-2020 роки

### 1.4.3 Аналіз обсягів споживання твердого палива

Діаграма використання палива (рис 1.4) показує, що останній рік значно відрізняється за кількістю використання твердого палива. На це вплинули температурні умови та введення карантинних обмежень в закладі



Рисунок 1.4 – Діаграма використання палива на 2017-2020 роки

### 1.5 Висновки за розділом

Системи енергоспоживання будівлі – були пріоритетною ціллю даного обстеження. Оскільки є можливість впровадження енергозберігаючих заходів для ефективного споживання та використання енергоресурсів.

Згідно отриманих даних стає очевидним, що за останні роки використання енергоресурсів зменшується. Ми можемо виділити основні чинники, які впливають на зниження використання. До цих чинників можемо віднести:

- Зменшення кількості учнів закладу;
- Впровадження базових заходів енергозбереження, які не потребують великих капіталовкладень;
- В 2020-му заклад підлягав під карантинні обмеження, що призвело до зменшення використання енергоносіїв.

## 2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ

### ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

#### 2.1 Опис можливих енергозбережних заходів

##### **Автоматизація системи освітлення [29]**

З розвитком електроніки та електротехніки все більше постає питання скорочення енергозатрат. На малих підприємствах, в приміщеннях складів, навчальних закладах значна частина електроенергії споживається на потреби освітлення.

Досить часто проблему пов'язану з енергоефективністю штучного освітлення вирішують стандартними маловитратними методами, такими як: фарбування стін та стелі в світлі кольори для більшення коефіцієнта відбиття світла, заміна освітлювальних приладів на ті, що мають більш економічні характеристики, підтримання чистоти скління та самих освітлювальних приладів, своєчасне вимикання світла та вимикання світла за графіком.

Доступні більш технологічні методи заощадження електроенергії:

- заміна застарілого обладнання більш енергоефективним;
- монтаж приладів для обліку споживання електроенергії;
- дотримання режимів освітлення;
- придбання систем автоматичного контролю освітлення.

Найпривабливішим варіантом вирішення цього питання є автоматизація освітлення. В залежності від місцевості можна запропонувати такі варіанти автоматизації освітлення [29]:

- монтаж автоматичних датчиків освітлення, які здатні подавати сигнал на вмикання та вимикання ламп, точкових світильників, підсвітки та інших освітлювальних приладів опираючись на дані ступеня освітленості навколишнього простору. Корректно встановлена та запрограмована система працює без втручання людини. Датчик світла (сутінкове реле) - це основний автоматичний вимикач, який

моніторить яскравість освітлення певної території або всього приміщення в залежності від фактичного рівня природного освітлення;

-встановлення датчиків присутності, які мають технічну можливість відслідковувати присутність людини в приміщенні та згідно цього вмикати та вимикати освітлення в заданих зонах. Це організують автоматичне вимикання освітлення в неробочих, чи незайнятих зонах;

- розробка та впровадження систем інтелектуального освітлення, що включає в себе перелік вищеперерахованих факторів Дані системи є повністю автоматичними, оскільки використовують датчики, контролери та процесори, які мають можливість зчитувати показники та приймати рішення в автоматичному режимі, про вмикання, чи вимикання освітлення у відповідних приміщеннях та зонах.

Впровадження такої системи дозволить забезпечити суттєву економію електроенергії. Встановлення та подальша експлуатація датчиків освітлення дозволяє заощадити 10-15% електроенергії. Впровадження датчиків присутності - 15-20%. Впровадження інтелектуальної та керованої системи штучного освітлення дозволить зменшити на 35-45% від споживаної на потреби освітлення енергії.

Виходячи з цього, можемо обрати впровадження системи інтелектуального освітлення, яка враховуватиме ключовий фактор рівня природного освітлення приміщення та фактор присутності людини, та матиме змогу прямого візуального контролю основних параметрів та переходу до ручного режиму керування системою освітлення.

### **Модернізація системи опалення**

В тепловому пункті розташований твердопаливний котел без відповідного маркування, на який відсутня технічна документція, тому марку котла визначити не можливо. За час експлуатації котел підлягав неодноразовому ремонту. Котел має мале значення ККД, чисельне значення якого встановити не вдалося.

В якості палива використовують дрова різних порід та різної вологості. Заклад має пільги на закупівлю деревини для опалення.

Виходячи з цього, обирається до запровадження енергозберіжний захід з встановлення нового твердопаливного котла, як метод модернізації системи опалення.

## 2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберіжних заходів

### 2.2.1 Інтелектуальна система освітлення [29]

Загальне освітлення використовується в навчальних, житлових, офісних, робочих приміщеннях, і т.д. Інтелектуальне керування освітленням необхідне для зменшення кількості спожитої електроенергії.

Така система включатиме в себе:

- датчики освітлення;
- датчики присутності;
- мережевий шлюз;
- пристрій керування;
- виконавчий елемент.

Пристрій керування буде мати встановлене програмне забезпечення, яке здатне отримувати та опрацювати сигнал з датчиків. Після цього буде приймати рішення про вмикання чи вимикання освітлення.

Система може включати в себе сервер, що забезпечить більш надійний контроль. Наявність сервера дозволить отримувати дані про стан пристроїв та їх відображення, та внесено корективи в роботу системи. Кількість компонентів в системі залежить від наявної кількості джерел світла.

Зв'язок компонентів можливо організувати двома способами: дротовий та бездротовий.

Провідний зв'язок компонентів системи можливо організувати за рахунок витой пари, що забезпечить високу стійкість до шуму та можливість обміну сигналами на великій відстані. Мережа може бути представлена та налаштована "двопровідним" або "чотирипровідним" способом.

До основних переваг дротового з'єднання можна віднести:

- захищеність від шумів;



- порівняно меншу кількість помилок при передачі сигналу;
- більшу швидкість передачі;
- стабільність та безпеку роботи.

Основним недоліком є той факт, що дротове з'єднання втрачає ефективність при передачі сигналу на великі відстані, оскільки через внутрішній опір самого кабелю сигнал буде частково втрачатися.

Бездротове з'єднання в системах інтелектуального контролю можна організувати за допомогою радіозв'язку, чи використовуючи Wi-Fi. Один тип з'єднання не має можливості забезпечити потрібний зв'язок між всіма комплектуючими системи, тому найкращим рішенням буде комбінування радіо- та Wi-Fi. Більшість компонентів мають вбудовані режими очікування та відключення, які дозволяють швидко реалізувати економію енергії. [29]

Wi-Fi можна використовувати для встановлення зв'язку з Інтернет. Якщо системою не передбачений модуль керування, то всі датчики та виконавчі модулі будуть під'єдані до сервера в Інтернеті (при використанні Wi-Fi роутеру). Зустрічається варіант, коли модуль керування системою може використовувати Wi-Fi для доступу до Інтернету та серверу в Інтернеті. [29]

Основною перевагою бездротового з'єднання є простота підключення та розміщення компонентів системи, оскільки вони можуть бути встановлені дистанційно один від одного та підтримувати зв'язок без втрати сигналу за рахунок опору дроту. [29]

#### 2.2.1.1 Прототипи плат для керування освітленням

**Arduino** – це електронна платформа з відкритим кодом, заснована на простому у використанні апаратному та програмному забезпеченні [10].

Плати Arduino (рис. 2.1) можуть оперувати з сигналами, які посилають датчики освітлення, натискання клавіш, чи реагувати на різного роду повідомлення. Системи може бути запрограмована на запуск двигуна, ввімкнення та вимкнення світлодіодів та інших виконавчих пристроїв, чи процесів. Для цього потрібно використовувати програмне забезпечення Arduino IDE, яке засноване на обробці даних.

Завдяки простому та доступному для користувачів інтерфейсу, Arduino набуває все більшої популярності не лише для любительських, але й професійних застосувань та додатків. Широкого застосування стенди на базі Arduino набули у навчального процесі закладів освіти – викладачі та студенти використовують його для побудови недорогих наукових інструментів, інженерних та дослідницьких проєктів в галузі програмування та робототехніки. Виробники, звичайно, використовують його для побудови багатьох проєктів, виставлених, наприклад, на Maker Faire [13].

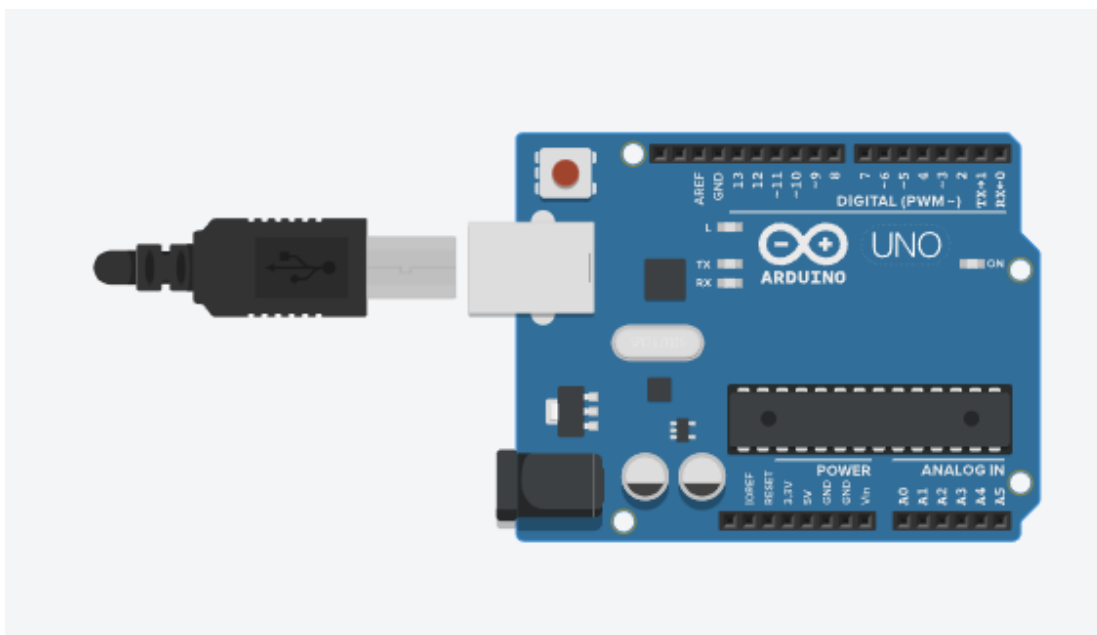


Рисунок 2.1 – Плата Arduino Uno R3

**Raspberry Pi** – це одноплатний комп'ютер невеликого розміру (як кредитна картка), який має інтерфейси підключення до дисплею (монітору комп'ютера або телевізора), стандартної клавіатури та миші [14]. Це багатофункціональний та достатньо потужний пристрій, який дозволяє реалізувати різноманітні обчислення. Raspberry Pi широко використовується в проєктах автоматизації різного призначення,

починаючи від музичних машин, закінчуючи метеостанціями з інфрачервоними камерами [15].

Система радіокерування **NooLite** – це один з представників технологій «розумного будинку», який має доступну ціну. Використання цієї системи не потребує додаткового прокладання електричних кабелів: основну панель керування NooLite можливо монтувати на будь-яку поверхню, яка не перешкоджає сигналу. Особливістю використання системи керування радіо NooLite є здатність керувати освітленням знаходячись в будь-якому місці.

#### 2.2.1.2 Середовище **OpenHAB** [16]

На даний момент налічується велика кількість рішень для автоматизації систем управління та пристроїв Інтернету, які мають схожий функціонал. Мають варіанти налаштування пристроїв згідно поставлених цілей.

Основним принципом openHAB є її модульний дизайн (рис 2.2 ).

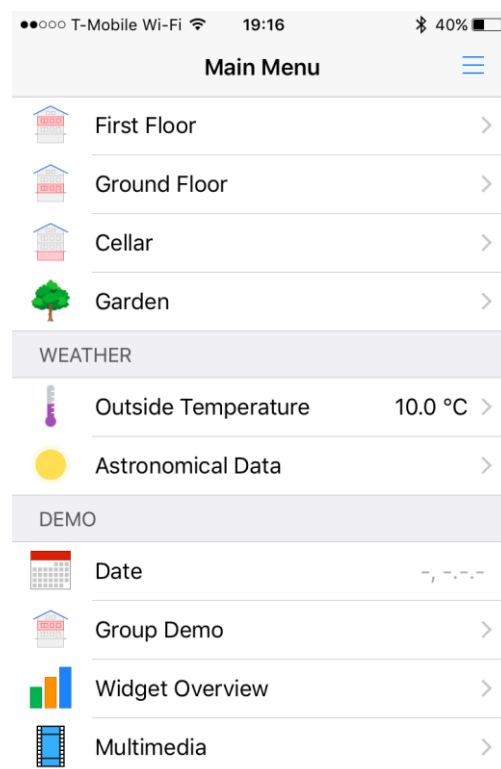


Рисунок 2.2 – Інтерфейс мобільного додатку openHAB для iOS [16]

#### 2.2.1.3 Схема системи інтелектуального керування освітлення [29]

Структурна схема системи інтелектуального керування освітленням (рис 2.3) наведена для одного одного джерела освітлення, якщо збільшувати фактичну кількість джерел освітлення, то буде також збільшуватися кількість виконавчих елементів системи та датчиків освітлення.

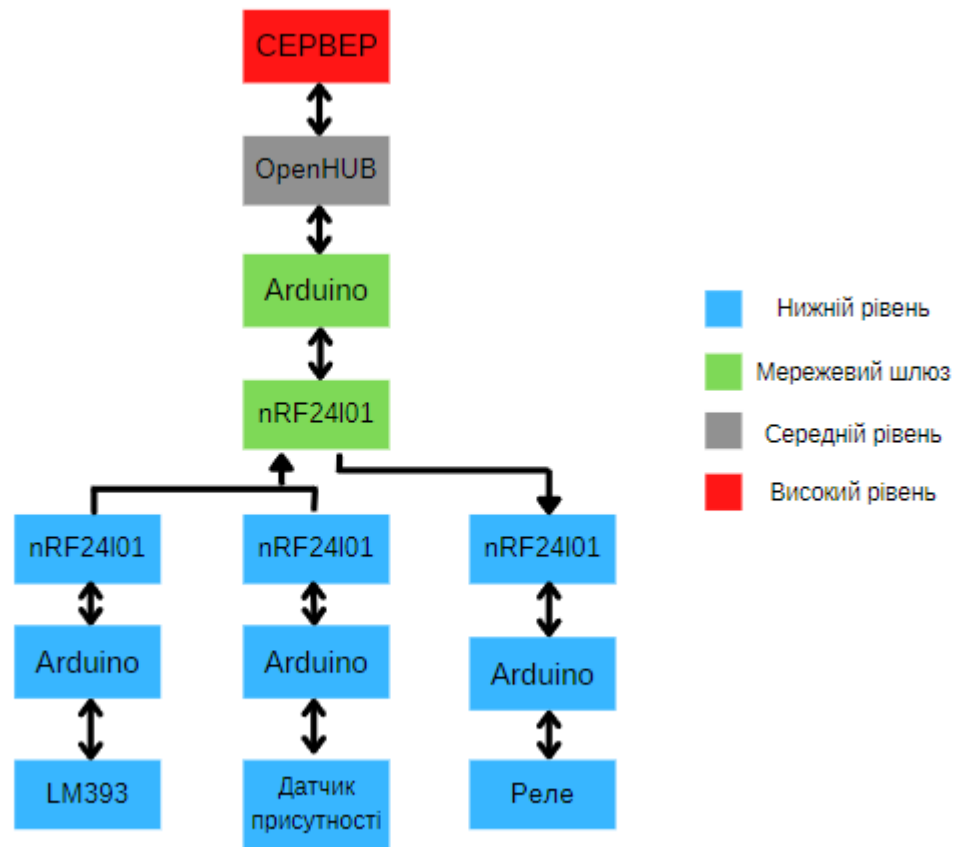


Рисунок 2.3 - Структурна схема системи інтелектуального керування

Датчик освітлення являє собою звичайний фоторезисторний датчик світла, оснащений аналоговими та цифровими виходами. Використовуючи цифровий вихід, який має регульований потенціометр, задається рівень тригерного освітлення.

Поруч з ним встановлюється датчик присутності. Якщо людина знаходить в зоні освітлення, то датчики за допомогою мережевого шлюзу надсилають інформацію на середній рівень.

На середньому рівні середовище OpenHUB приймає рішення про ввімкнення або вимкнення додаткового освітлення, порівнюючи отримані дані з рівнем необхідного освітлення.

За безпроводну передачу даних між рівнями відповідає радіомодуль nRF24101 – один з найпростіших та найдешевших прийомо-передавальних модулів, який має можливість поєднуватися з багатьма процесорами.

Для коректної роботи системи необхідно програмно задати пороговий рівень освітлення робочої зони. Рівень штучного освітлення навчальних приміщень при використанні ламп розжарювання повинен складати 150 лк і 300 лк при люмінесцентних лампах. В кабінетах креслення та майстернях рівень, штучного освітлення повинен бути відповідно 200-400 лк, 300-500 лк [17].

Встановлений рівень освітлення, буде прямо впливати на систему. Аналізуючи дані з датчиків система буде приймати рішення про ввімкнення чи вимикання додаткового штучного освітлення, керуючись заданими параметрами освітлення. Якщо рівень освітлення достатній, то система не спрацюватиме, або буде спрацювати на вимикання додаткового освітлення. Освітлення може бути увімкнене вручну користувачем, якщо він буде мати таке бажання, що забезпечується на середньому рівні системи. Якщо система фіксує недостатній рівень освітленості, не буде вмикати освітлення, поки в робочому діапазоні датчика присутності не з'явиться людина. Якщо людина заходить в зону датчика присутності і освітлення ввімкнулося, то датчик автоматично вмикає режим очікування, поки людина не покине освітлювану зону, що призведе до вимикання освітлення. Після цього цикл системи знову починається з моніторингу даних датчика освітлення. Для правильної роботи такої системи всі модулі (приведені на структурній схемі) мають бути поблочно закриптовані на виконання певних команд та функцій.

#### 2.2.1.4 Розрахунок витрат на впровадження заходу

Виходячи з принципової структурної схеми системи інтелектуального керування є 3 рівні та мережевий шлюз. Схема наведена для одного джерела освітлення.

Кількість комплектуючих розрахуємо згідно всіх наявних приміщень та коридорів (табл. 2.1). В подальшому кількість комплектуючого можна змінювати за потреби.

Таблиця 2.1 – Ціна і витрата матеріалів

№	Назва	Кількість, шт	Вартість, Грн/шт	Загальна вартість
1	Модуль керування Arduino Mega	1	799	799
2	Датчик освітлення LM393	42	30	1260
3	Датчик присутності HC SR501	42	35	1470
4	Реле	42	25	1050
5	Arduino Nano	126	130	16380
6	Кабель UTP 5	300	12,50	3750
7	Радіомодуль nRF24l01	128	35	4480
Витрати без заміни ламп				29189
	Eurolamp 18W	164	112	18368
Витрати з замінами ламп				47557

Сума капітальних інвестицій в енергозберігаючий захід орієнтовно складатиме:

$$K = K_{осн} + K_{суп} \quad (2.1)$$

де  $K_{осн}$  - вартість придбання обладнання, грн;

$K_{суп}$  – вартість технічних робіт та затрати на транспортування до місця робіт, грн

Вартість технічних робіт та затрати на транспортування до місця робіт візьмемо 25% вартості придбання обладнання

Вартість провадження складатиме:

$$K_{суп} = K_{осн} \cdot 0,25$$

$$K_{суп} = 47557 \cdot 0,25 = 11889,25 \text{ грн}$$

$$K_1 = 47557 + 11889,25 = 59446,25 \text{ грн}$$

Розрахуємо річну економію після впровадження заходу автоматизації системи освітлення:

Враховуючи зручність регулювання запропонованої системи, то економія електроенергії буде напряму залежати від встановлених параметрів системи. В свою чергу це унеможливіє точний розрахунок економії від впровадження такого заходу енергозбереження.

Всередньому автоматизація роботи системи освітлення за допомогою датчиків руху в коридорах, холах, класах дає можливість додаткової економії близько 30%.

Тому пропонується для розрахунку обрати 30%, та знайти простий термін окупності енергозберігаючого заходу.

Проведемо розрахунок економії за рахунок зниження споживання електроенергії на прикладі заміни 164-х ламп розжарювання потужністю 100 Вт на LED 18Вт.

$$P_{лр} = P \cdot N \cdot t \quad (2.2)$$

де  $N$ , – кількість ламп розжарювання, шт.;

$P$  – потужність LED лампи, Вт;

$t$  – час роботи за рік, год.

Час роботи системи освітлення за рік становить 1100 годин (з урахуванням вихідних, канікул та святкових днів). Річна витрата енергії на освітлення при використанні існуючого джерела освітлення:

$$P_{лр} = 0,1 \cdot 164 \cdot 1100 = 18040 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Річна витрата енергії при використанні світлодіодних ламп та системи автоматизації освітлення:

$$P_{LED} = 0,018 \cdot 164 \cdot 1100 \cdot 0,7 = 2273 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$\Delta P = 18040 - 2273 = 15767 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Тариф електропостачальної організації становить –  $T=1,68$  грн/кВт·год.

Витрати на освітлення існуючим джерелом освітлення:

$$C_{лр} = T \cdot P_{лр} = 1,68 \cdot 18040 = 30307,2 \text{ грн/рік}$$

Витрати на освітлення при реалізації заходу з енергозбереження:

$$C_{LED} = T \cdot P_{LED} = 1,68 \cdot 2273 = 3818,64 \text{ грн/рік}$$

Річна економія:

$$\Delta C_1 = C_{лр} - C_{LED} = 30307,2 - 3818,64 = 26488,56 \text{ грн/рік}$$

Термін окупності:

$$T_{ок1}^{пр} = \frac{K_1}{\Delta C_1} = \frac{59446,25}{26488,56} = 2,24 \text{ роки}$$

Система інтелектуального керування освітленням може працювати і на лампах розжарювання, тому можемо розрахувати впровадження заходу енергозбереження без заміни ламп.

$$K_{суп} = K_{осн} \cdot 0,25$$

$$K_{суп} = 47557 \cdot 0,25 = 11889,25 \text{ грн}$$

$$K_2 = 38537 + 9634,25 = 59446,25 \text{ грн}$$

Річна витрата енергії на освітлення при використанні існуючого джерела освітлення:

$$P_{лр} = 0,1 \cdot 164 \cdot 1100 = 18040 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Річна витрата енергії при використанні системи автоматизації освітлення:

$$P_{лр+сао} = 0,1 \cdot 164 \cdot 1100 \cdot 0,7 = 12628 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Тариф електропостачальної організації становить –  $T=1,68$  грн/кВт·год.

Витрати на освітлення існуючим джерелом освітлення:

$$C_{лр} = T \cdot P_{лр} = 1,68 \cdot 18040 = 30307,2 \text{ грн/рік}$$

Витрати на освітлення при реалізації заходу з енергозбереження:



$$C_{\text{лр+сао}} = T \cdot P_{\text{лр}} = 1,68 \cdot 12628 = 21215,04 \text{ грн/рік}$$

Річна економія:

$$\Delta C_2 = C_{\text{лр}} - C_{\text{лр+сао}} = 30307,2 - 21215,04 = 9092,16 \text{ грн/рік}$$

Термін окупності:

$$T_{\text{ок 2}}^{\text{пр}} = \frac{K_2}{\Delta C_2} = \frac{29189}{9092,16} = 3,21 \text{ роки}$$

Порівнюючи отримані результати бачимо, що заміні ламп розжарювання на LED несе значні фінансові вкладення, але система LED+ автоматика має менший термін окупності порівняно з простим впровадженням системи автоматичного керування  $2,24 < 3,21$ .

## 2.2.2 Заміна твердопаливного котла

### 2.2.2.1 Тепловий баланс будівлі

Подальші розрахунки були виконані згідно ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 [18]

Розрахункові формули та розрахункові коефіцієнти були взяті з таблиць представлених в матеріалі цього ДСТУ.

Розрахункові витрати теплової енергії на опалення будинку протягом опалювального періоду  $Q_{\text{рік}}$ , кВт·год визначають за формулою:

$$Q_{\text{рік}} = Q_{\text{к}} - Q_{\text{над}} \quad (2.3)$$

де  $Q_{\text{к}}$  – загальні тепловтрати через огороджувальні конструкції

$Q_{\text{над}}$  – теплові надходження протягом опалювального періоду

### **Теплові надходження будівлі**

Теплові надходження до будівлі складаються з надходжень теплоти від людей,

від освітлювальних приладів, від електричного обладнання та від сонячної радіації.

Теплові надходження розрахуємо за формулою:

$$Q_{\text{над}} = Q_{\text{л}} + Q_{\text{ел}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{с}} \quad (2.4)$$

Для розрахунків приймемо середній час роботи закладу 40 годин на тиждень.

### **Теплові надходження від людей**

Теплота, що надходить від людей розрахуємо за формулою , кВт:

$$Q_{\text{л}} = Q_{\text{л}} \cdot q_{\text{я}} \quad (2.5)$$

де  $q_{\text{я}}$  – питома кількість явної теплоти, що виділяється однією людиною – 90 Вт/люд.

Загальна кількість людей, які відвідують школу за добу – 137 шт.

$$Q_{\text{л}} = \frac{0,09 \cdot 137 \cdot 40}{168} = 2,9 \text{ кВт}$$

### **Теплові надходження від освітлювальних приладів**

Теплонадходження від освітлювальних приладів знайдемо за формулою:

$$Q_{\text{осв}} = N_{\text{осв}} \cdot k_{\text{в.св}} \quad (2.6)$$

де  $N_{\text{осв}}$  – сумарна потужність освітлювальних приладів, кВт;

$k_{\text{в.св}}$  – коефіцієнт використання світильників.

Надходження теплоти від ламп складатиме (загальна кількість – 164 штук, потужність однієї  $N_{\text{осв}} = 16,4$  кВт) :

$$Q_{\text{осв}} = 16,4 \cdot \frac{40}{168} \cdot 0,8 = 3,12 \text{ кВт}$$

### **Теплові надходження від електроприладів**

Приймаємо з розрахунку 300 Вт від одного комп'ютера та 300 Вт від одного принтера. Розрахункова кількість комп'ютерів – 24, а принтерів - 4. Коефіцієнт використання приймемо 0,95

$$Q_{ел} = N_{ел} \cdot k_{в.ел} \quad (2.7)$$

де  $N_{осв}$  – сумарна потужність електричних приладів, кВт;

$k_{в.св}$  – коефіцієнт використання електричних приладів.

Надходження теплоти від електричних приладів складатиме:

$$Q_{ел} = \frac{(0,3 \cdot 24 + 0,35 \cdot 4) \cdot 40 \cdot 0,95}{168} = 1,87 \text{ кВт}$$

### Теплонадходження через світлопрозорі огорожувальні конструкції

При розрахунку теплонадходжень від Сонця важливу роль відіграє площа вікон та їх орієнтація до сторони світу.

Теплові надходження від сонячної радіації через світлопрозорі огорожувальні конструкції визначаються за формулою:

$$Q_c = \xi_v \cdot \varepsilon_v \cdot (F_{Пн} \cdot I_{Пн} + F_{Пд} \cdot I_{Пд} + F_{Зх} \cdot I_{Зх} + F_{Сх} \cdot I_{Сх}) \quad (2.8)$$

де  $\xi_v$  – коефіцієнт затінення вікон;

$I_{Пн}, I_{Пд}, I_{Зх}, I_{Сх}$  – середня величина сонячної радіації на вертикальні поверхні, Вт/м<sup>2</sup>;

$\varepsilon_v$  – коефіцієнти відносного проникнення сонячної радіації;

$F_{Пн}, F_{Пд}, F_{Зх}, F_{Сх}$  – площа світлових прорізів фасадів будинку, відповідно орієнтованих за чотирма напрямками світу, м<sup>2</sup>.

$$Q_c = 0,75 \cdot 0,65 \cdot (57,12 \cdot 156 + 97,44 \cdot 341 + 66,24 \cdot 224 + 66,24 \cdot 220) = 34,8 \text{ кВт}$$

Для складання балансу і визначення частки теплових надходжень кожного джерела, всі отримані результати зведемо у табл. 2.2 .

Таблиця 2.2 – Теплових надходжень будівлі

Джерело теплонадходжень	Потужність, кВт
Люди	2,9
Електроприлади	1,87
Освітлювальні прилади	3,12
Сонячна радіація	34,8
Загалом:	42,72

### Теплові втрати школи

Результати розрахунку тепловтрат наведено в [25]. Найближчим часом в закладі планують провести енергозберігаючі заходи з утеплення стін та даху, також заміна всіх дерев'яних вікон.

Враховуючи це, ми можемо оновити дані тепловтрат в табл. 2.3 та прийняти їх для подальших розрахунків.

Таблиця 2.3 – Теплові втрати огорожувальних конструкцій

Складова теплових втрат	Втрати теплоти, кВт	%
Стіни	19,05	10
Вікна	14,47	8
Підлога	41,926	22
Дах	8,23	5
Двері	0,29	1
Інфільтрація	7,21	4
Витяжна вентиляція	79,39	43
Інші додаткові тепловитрати	13,08	7
Разом	183,64	100

Знаходимо витрати теплової енергії на опалення будинку (теплова потужність будівлі)

$$Q_{оп} = 183,64 - 42,72 = 140,92 \text{ кВт}$$

#### 2.2.2.2 Підбір твердопаливного котла

Оскільки заклад має квоти на закупівлю деревини для палива, то слід вибрати твердопаливний котел, який буде використовувати деревину, як основний вид палива. Потужність котла потрібно обирати згідно розрахунків, які наведені вище, та +20%, що дорівнює – 150 кВт

Три основних фактори, які впливають на вибір твердопаливного котла, це надійність, зручність експлуатації і ціна [20].

### **Чавунні твердопаливні котли**

Чавунні котли можна топити вугіллям, дровами та брикетами. Це дуже надійні і довговічні котли. З вітчизняних чавунних твердопаливних котлів можна вибрати КЧМ-5-К. Котел може бути оснащений блоком ТЕНів і датчиком температури котлової води. Котел може бути переобладнаний для роботи на природному газі або на дизельному паливі.

Одним з недоліків можна назвати велику вагу.

Другим недоліком є небезпека руйнування чавунного корпусу при занадто швидкій зміні його температури [20].

### **Сталеві твердопаливні котли.**

Сучасні котли такого типу виготовляють з жароміцної сталі. Деякі марки цих котлів модно так само топити вугіллям. Товщина сталі і конструкція таких котлів дозволяє експлуатувати їх при тиску теплоносія до 3-х атмосфер.

Твердопаливні котли вимагають постійного теплозйому. Зупинка насоса може викликати закипання котла. При нестійкому електропостачанні рекомендується використовувати джерела безперебійного живлення [20].

Обираємо твердопаливний котел Gefest-Profi U 150 кВт

Котел верхнього горіння з подачею вторинного повітря в факел для допалу продуктів піролізу. Обладнання виготовлено із котлової сталі 09Г2С товщиною 6 мм, має просту, надійну конструкцію без важкодоступних зон для чистки [19].

Таблиця 2.4 – технічні характеристики котла Gefest-Profi U 150 кВт [19]

Найменування параметрів	Gefest-Profi U 150 кВт
Категорія	твердопаливний
Тип котла	тривалого горіння
Потужність, кВт±10%	150
Опалювальна площа, м <sup>2</sup>	1500
ККД, %	90
Матеріал	сталь
Робота на одному завантаженні палива, годин	12-24
Вид палива	деревина, торфобрикет, тирса, торф
Вага, кг	1276

Країна-виробник	Україна
Товщина сталі, мм	6
Площа конвективної частини, м <sup>2</sup>	16,2
Об'єм води в котлі, л	430
Об'єм камери завантаження, м <sup>3</sup>	0,78
Робочий тиск води, МПа:	
-номінальний	0,1
-робочий	0,2
Максимальна ел. споживана потужність, Вт	105

Зовнішній вигляд котла наведено на рис. 2.4



Рисунок 2.4 – Фото котла Gefest-Profi U 150 кВт [19]

Етапи підключення твердопаливного котла [21]:

- розрахунок потужності;
- складання кошторису на матеріал і монтаж обладнання;
- доставка обладнання;
- підготовчі роботи, що включають спорудження підіуму;

- установка котла з заливкою утворених стиків жароміцним силіконом;
- обв'язка котла з підключенням до нього виходу та повернення води;
- монтаж запірної і регулювальної арматури;
- підключення циркуляційного насоса;
- підключення циркуляційного насоса;
- установка розширювального бака;
- монтаж групи безпеки;
- підключення димоходу;
- пуско-налагоджувальні роботи.

#### 2.2.2.3 Розрахунок витрат на впровадження заходу

Оскільки буде проводитися монтаж котла до вже існуючої системи опалення, то витрати вносимо до табл. 2,5.

Таблиця –2.5 Ціна і витрата матеріалів

№	Назва	Вартість, грн
1	Gefest-Profi U 150 кВт	108800
2	Димохід	9000
3	Монтажні роботи	16000

До монтажних робіт відносяться:

- підготовку підставки;
- розміщення і закріплення елементів на місцях згідно правил пожежної безпеки, вибухобезпеки та електробезпеки;
- установку групи безпеки на котел, її перевірку;
- підведення комунікацій і обв'язку котла;
- заповнення контурів теплоносієм і тест системи;
- пусконалагоджувальні роботи.

В якості палива використовують різномірні дрова, які знаходяться на природній сушці, том прийmemo вміст вологості 25%. Належного контролю вологості палива не здійснюють. Більшість твердого палива – дуб природної сушки.

Середня вартість дров з вмістом вологи 25% – 900 грн/м<sup>3</sup> [10];

Вага м<sup>3</sup> дубових дров з вмістом вологи 25% – 740 кг/ м<sup>3</sup> [16];

Теплотворна здатність дубових дров з вмістом вологи – 2932 кВт·год/м<sup>3</sup> [17];

Встановлений котел має ККД = 90%,

Теплова енергія від спалювання 1 м<sup>3</sup> дубових дров в даному котлі буде складати – 2638,8 кВт·год/м<sup>3</sup>.

Розрахуємо кількість палива необхідного для опалення після впровадження енергозберігаючого заходу:

$$\frac{140920 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік}}{2638,8 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3} = 53,4 \text{ м}^3/\text{рік};$$

Розрахуємо у грошовому еквіваленті:

$$C_1 = 53,4 \cdot 900 = 48060 \text{ грн}/\text{рік}$$

Сума капітальних інвестицій в енергозберігаючий захід складатиме:

$$K = K_{\text{осн}} + K_{\text{суп}}$$

де  $K_{\text{осн}}$  - вартість придбання обладнання та робіт, грн;

$K_{\text{суп}}$  – вартість технічних робіт та затрати на транспортування до місця робіт, грн

Вартість технічних робіт вказані в табл, 2.5, Затрати на транспортування до місця робіт візьмемо 10% вартості придбання обладнання. Отриман

$$K_{\text{суп}} = K_{\text{осн}} \cdot 0,1$$

$$K_{\text{суп}} = 133800 \cdot 0,1 = 13380 \text{ грн}$$

$$K = 133800 + 13380 = 147180 \text{ грн}$$



Згідно отриманих даних під час аудиту закладу, використання твердого палива за 2020-й рік склало 291 м<sup>2</sup>. Кількість використання твердого палива всередньому за 4 рока сягало 300 м<sup>2</sup>. Візьмемо для розрахунку дані за 2020-й рік.

Розрахуємо витрати на опалення у грошовому еквіваленті за 2020-й рік:

$$C_2 = 291 \cdot 900 = 261900 \text{ грн/рік}$$

Річна економія:

$$\Delta C = 261900 - 48060 = 213840 \text{ грн/рік}$$

Визначаємо дисконтований термін окупності цього енергозберігаючого заходу.

Методика розрахунку наведено в [24].

$$NPV = \sum_{t=t_n}^T \frac{P_t}{(1+r)^t} - I_0$$

де  $P_t$  – чистий грошовий потік (грошові надходження) у році  $t$ ;

$I_0$  – одномоментні інвестиційні витрати на реалізацію інвестиційного проекту;

$r$  – дисконтна ставка, що використовується для приведення доходів та інвестиційних витрат до єдиного моменту часу (виражається у частках одиниць);

$t_n$  – момент отримання першого доходу;

$T$  – термін реалізації (життєвий цикл) інвестиційного проекту, років.

Індекс дохідності  $PI$  розраховується відповідно [24].

$$PI = \frac{\sum_{t=t_n}^T \frac{P_t}{(1+r)^t}}{I_0}$$

Дисконтований термін окупності  $PP$  розраховується відповідно [24].

$$PP = \frac{1 - P_m}{P_m + 1}$$

де:  $(t + 1)$  – рік, у якому проект окупиться;

$P_{t+1}$  – дисконтовані грошові надходження за проектом в  $(t + 1)$ -му році.

$P_{t+1}$  – дисконтовані грошові надходження за проектом у кожному  $(t + 1)$ -му

році.

Цей проект спрямований на зменшення витрат палива шляхом заміни твердопаливного котла.

Таблиця 2.5 – Чиста переведена вартість

Рік	Інвестиції	Економія	Коефіцієнт дисконтування	Дисконтовані грошові потоки	Дисконтоване сальдо
1	-147180	213840	1	-147180	-147180
2		213840	0,909	194380	47200
3		213840	0,826	176631,84	223831,84
4		213840	0,751	160593,84	384425,6
5		213840	0,683	146052,72	530478,32

З таблиці 2.5 видно, що дисконтований термін окупності NPV складає 8 місяців.

Індекс прибутковості PI дорівнює:

$$PI = \frac{147180 + 47200}{147180} = 1.32$$

Внутрішня норма рентабельності IRR становить 3.49 %

$$NPV = 47200$$

Висновки до розділу

Розроблено структурну схему автоматизованого керування системою освітлення. Розраховано простий термін окупності впровадження енергозберігаючих заходів. Підбрано та розраховано потужність твердопаливного котла та наведена його характеристика.

## 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження

Енергопостачання — сукупність послідовних процесів виробництва передачі та використання енергії. Система енергопостачання - комплекс установок та пристроїв, які призначені для цілей енергопостачання кожна система енергопостачання базується на певних енергетичних ресурсах [9].

Об'єкт аудиту — комунальний заклад, який потребує максимум енергопостачання: опалення, водопостачання, електропостачання, вентиляція, водовідведення.

Будівля знаходиться в сільській місцевості. Відноситься до навчальних закладів середньої освіти.

При обслуговуванні та експлуатації таких закладів на людину можуть впливати шкідливі та небезпечні фактори.

Небезпечний виробничий фактор — виробничий фактор, дія якого за певних умов може призвести до травм або іншого раптового погіршення здоров'я працівника[26]

Шкідливий виробничий фактор — виробничий фактор, вплив якого може призвести до погіршення стану здоров'я, зниження працездатності працівника. [26]

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори за природою дії поділяються на такі групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

Шкідливі і небезпечні чинники, з якими стикаються працівники при обслуговуванні систем енергопостачання комунального закладу приведені в таблиці 3.1 [8]

Таблиця 3.1 - Перелік шкідливих та небезпечних факторів

Найменування факторів	Джерела їх виникнення	Характер дії
Пожежонебезпечність приміщень	Наявність обладнання та легкозаймистих матеріалів	Небезпечний та шкідливий
Небезпека ураження електричним струмом	Наявна електрична мережа та електроприлади	Небезпечний та шкідливий
Підвищений рівень шуму	Шум створюється людьми, що працюють та навчаються	Шкідливий
Несприятлива освітленість робочих місць	Недостатнє штучне і природне освітлення	Шкідливий
Психофізіологічні напруження	Статичність пози більшість робочого часу. Монотонність роботи	Шкідливий
Незадовільні параметри мікроклімату	Система вентиляції та система опалення	Шкідливий
Електромагнітне випромінювання в тому числі і рентгенівське	Монітори та інше мультимедійне обладнання	Шкідливий
Біологічні	Віруси, мікроби, гриби.	Небезпечний та шкідливий
Іонізація повітря	Статична електрика	Шкідливий

### 3.2 Пожежна безпека [27]

Заклади освіти передбачено IV ступенем вогнестійкості. Умовна висота споруди - до 9 м (малоповерхові) [27]

Будівельні конструкції закладу передбачено з визначеними показниками по пожежній безпеці та класу вогнестійкості відповідно до прийнятого ступеня вогнестійкості будинків та спеціальних вимог.

Оздоблення та утеплення фасадів навальних закладів передбачено негорючим матеріалом. Покрівельний матеріал виконаний з негорючих матеріалів.

Забезпечення евакуації здійснюється через основний вихід та два додаткових, які розміщені на першому поверсі. Для спуску з другого поверху використовують двомаршеві сходи типу Л2.

Наявні заходи щодо забезпечення протипожежних відстаней між спорудами, поверхами будинку, поверхнею покрівлі будівлі шляхом передбачення огорожуючих конструкцій з нормативним класом вогнестійкості і межею поширення вогню по них.

Пожежне оповіщення здійснюється в ручному режимі. Автоматична система пожежогасіння відсутня. Передбачено внутрішній протипожежний водопровід з кран-комплектами та пожежними рукавами.

Оскільки заклад має індивідуальну систему опалення та котельню, тому обслуговуючий персонал повинен дотримуватися правил експлуатації обладнання та сумлінно виконувати свої обов'язки.

Тепловий пункт — комплекс пристроїв, розташований в окремому приміщенні, що складається з елементів теплових енергоустановок, які забезпечують приєднання цих установок до теплової мережі, їх працездатність, управління режимами теплоспоживання, перетворення, регулювання параметрів теплоносія і розподіл теплоносія за видами споживачів [7]. Потребує відповідного обслуговування.

### 3.3 Правила експлуатації [28]

До роботи у котельні допускаються особи не молодші 18 років, що пройшли медичний огляд, спеціальне навчання і мають посвідчення кваліфікаційної комісії на

право обслуговування котлів, пройшли вступний та первинний на робочому місці інструктажі з охорони праці.

Під час чергування персонал котельні повинен стежити за справністю котла і всього устаткування котельні та суворо дотримуватись встановленого режиму роботи котла. Виявлені в процесі роботи устаткування несправності необхідно записати у змінний журнал. Персонал повинен негайно вжити заходи по усуненню несправностей, які загрожують безпечній та безаварійній роботі устаткування. Якщо усунути несправність своїми силами неможливо, необхідно повідомити про це старшого кочегара або завгоспа школи.

Один раз на 12 місяців персонал теплового пункту повинен проходити перевірку знань. Винятком є позачергова перевірка знань, яка проводиться в випадку, коли:

- були введені в дію нові інструкції;
- після аварії, чи нещасного випадку в приміщенні котельні;
- за наявності фактів неналежного знання працівником посадових інструкцій та правил техніки безпеки.

Під час чергування персонал з обслуговування теплового пункту зобов'язаний:

- знати і виконувати вимоги нормативних актів про охорону праці;
- особисто вживати посильні заходи щодо усунення небезпечної виробничої ситуації;
- виконувати вимоги інструкції підприємства.обладнання.

Обов'язковим є зазначення часу для кожного запису.

Від керівництва персонал теплового пункту може вимагати:

- засоби та інструменти для оперативної та безпечної роботи;
- своєчасного ремонту та усунення дефектів обладнання;
- забезпечення спец одягом згідно норм;
- зупинку обладнання для забезпечення нормального функціонування обладнання

Несприятлива освітленість робочих місць

Обладнання та меблі в навчальних приміщеннях розташовані так, щоб забезпечувалось лівостороннє освітлення робочих місць. При недостатньому природному освітленні використовують змішане освітлення, що являє собою верхнє з бічним лівостороннім.

Для запобігання перегріву приміщень наявні сонцезахисні пристрої.

### 3.4 Вимоги до проектування котельних установок

Державними будівельними нормами [22] В.2.5-77:2014 встановлено вимоги проектування при новому будівництві, реконструкції, капітальному ремонті та технічному переоснащенні існуючих котелень (котельних установок) незалежно від їх продуктивності з паровими, водогрійними і пароводогрійними котлами, теплогенераторами з надлишковим тиском пари не більше ніж 3,9 МПа, температурою води не вище ніж 200 °С.

Згідно з згаданими ДБН котел водогрійний - пристрій, що має топку і обігривається продуктами спаленого в ній палива та призначений для нагрівання води, яка знаходиться під тиском вище атмосферного і використовується як теплоносій поза самим пристроєм (НПАОП 0.00-1.26).

Котельня (котельна установка) - приміщення, будівля, споруда чи їх комплекс, у яких розміщено сукупність обладнання та пристроїв (у тому числі теплогенератори на основі водонагрівачів, допоміжне устаткування), що призначена для вироблення теплової енергії та передавання її теплоносію (водяна пара або гаряча вода) з метою теплозабезпечення споживачів. ДБ4 102:77-5.2.ВН.

При проектуванні котелень, крім ДБН В.2.5-77:2014, необхідно дотримуватись вимог НПАОП 0.00-1.11, НПАОП 0.00-1.20, НПАОП 0.00-1.26, НПАОП 0.00-1.60, а також вимог НАПБ А.01.001, ДБН В.1.1-7, ДБН В.2.5-20, ДБН 360, ДБН А.2.2-3, ДБН В.1.1-31, ДБН В.1.2-14, ДБН В.2.2-9, ДБН В.2.2-15, ДБ4 102:77-5.2.ВН ДБН В.2.2-27, СНиП II-89, СНиП 2.03.11, СНиП 2.09.02, СНиП 2.09.03, ПУЕ, ПУЭ та інших чинних в Україні нормативних документів.

За технологічною схемою котельні допускається проектувати в комплексі з альтернативними джерелами теплової енергії (сонячними колекторами, тепловими насосами, теплогенераторами перетворення кінетичної енергії води в теплову тощо),

котлами з електричним підігрівом, електричними водонагрівачами, у тому числі накопичувальними, а також з агрегатами одиночної потужності не більше ніж 25 МВт для когенерації, тригенерації [23].

Для житлових будинків допускається проектування прибудованих та дахових котелень при застосуванні водогрійних котлів, теплогенераторів із температурою нагріву води не вище ніж 115 °С. [22]

Як паливо для дахових котелень необхідно використовувати природний газ. Роботу прибудованих котелень допускається передбачати на природному газі, твердому та рідкому паливі з температурою спалаху парів не нижче ніж 61 С (у закритому тиглі).

Загальна продуктивність котлів, теплогенераторів, які встановлюють у вбудованих котельнях для громадських будинків і споруд, адміністративних і побутових будинків не повинна перевищувати:

а) 5,0 МВт при роботі котлів та теплогенераторів на природному газі та рідкому паливі (з одиничною потужністю котла, що не має барабанів, не більше ніж 1,25 МВт);

б) 1,7 МВт при роботі котлів, теплогенераторів на твердому паливі (при загальному максимальному виході золи та шлаку в котельні не більше ніж 150 кг/год).

Не допускається проектування котелень (у т.ч. окремих котлів, обладнання і устаткування) прибудованих, вбудованих, дахових для таких будинків і споруд громадського призначення:

- дошкільні навчальні заклади;
- навчальні заклади;
- охорони здоров'я та відпочинку (лікувально-профілактичні та санітарнопрофілактичні заклади; санаторії та санаторії-профілакторії);
- фізкультурно-оздоровчі та спортивні;
- будинки та споруди дозвілля, культурно-видовищні та культові заклади;
- заклади соціального захисту населення (крім центрів зайнятості населення);
- будинки та споруди транспорту, призначені для безпосереднього обслуговування населення;



- підприємства побутового обслуговування (крім хімчисток та пралень);
- будинки та споруди з атріумами. [22]

### 3.5 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях [4].

Електротравми на виробництві за частотою смертельних наслідків у 15-16 разів перевищують інші види травм. Від електротравм щороку гине до 30 % від загальної кількості потерпілих, які потрапили під напругу. Вирішальна роль у вражаючій дії струму належить його силі і тривалості дії. Проходження електричного струму через тіло людини викликає електричні травми різного характеру: електричний удар, опіки, електричні знаки-мітки.

Залежно від робочої напруги розрізняють низьковольтні та високовольтні електротравми.

Низьковольтна електротравма - ураження перемінним струмом промислової частоти при напрузі від 42 В до 380 В - найчастіший випадок на виробництві. Основна небезпека - велика ймовірність розвитку фібриляції, а при тривалому проходженні струму - зупинка дихання та асистолія.

Високовольтна електротравма - ураження перемінним струмом промислової частоти при напрузі більше ніж 1000 В. Характеризується термічною дією струму, що проявляється важкими опіками зовнішніх і глибоко розташованих тканин за ходом струму (синдром Айсберга). Дія цих факторів може викликати вибухоподібний ефект. На відміну від низьковольтної електротравми, потерпілі від високої напруги гинуть частіше через важкі, несумісні із життям ураження органів і систем протягом доби чи найближчого тижня.

#### **Звільнення від дії електричного струму[4]**

При ураженні електричним струмом необхідно як можна швидше звільнити ураженого від дії струму, оскільки від тривалості цієї дії залежить важкість електричної травми.

Торкання до струмоведучих частин, які містяться під напругою, викликає у більшості випадків не довільне судомне скорочення м'язів і загальне зворушення,

яке може привести до порушення і навіть до припинення органів дихання і кровообігу.

При ураженні електричним струмом необхідно якомога швидше звільнити потерпілого від струмопровідних частин обладнання.

Дотик до струмопровідних частин (мережі під напругою) у більшості випадків призводить до судом м'язів, тобто людина самостійно не в змозі відірватися від провідника. Тому необхідно швидко відключити ту частину електрообладнання, до якої торкається людина.

Будь-яке зволікання при наданні допомоги, а також невміння того, хто допомагає, надати кваліфіковану допомогу, призводить до загибелі людини, яка знаходиться під дією струму.

Якщо уражений тримає провід руками, його пальці так сильно стискаються, що визволити провід з його рук стає неможливим. Тому перша дія, того хто надає допомогу, повинна бути: негайне вимкнення тієї частини електричної установки, якої торкається уражений. Вимкнення проводиться за допомогою вимикачів, рубильника або іншого вимикаючого апарату. Якщо уражений знаходиться на висоті, то вимкнення установки і тим самим звільнення від струму може викликати його падіння.

В цьому випадку необхідно прийняти заходи, які запобігають падіння ураженого або, які забезпечують його безпеку. Якщо відключити установку достатньо швидко не можна, необхідно прийняти інші заходи звільнення ураженого від струму.

У всіх випадках, той, хто надає допомогу, не повинен торкатися до ураженого без належних заходів обережності, тому що це небезпечно для життя.

При звільненні потерпілих від струмопровідних частин або проводу в електроустановках напругою до 1000 В відключають струм, використовуючи сухий одяг, палицю, дошку, шапку, сухі рукавиці, рукав одягу, діелектричні рукавиці. Провідники перерізають інструментом з ізольованими ручками, перерубують

сокирою з дерев'яним сухим топорищем. Потерпілого можна також відтягнути від струмопровідних частин за одяг, уникаючи дотику до навколишніх металевих предметів та до відкритих частин тіла потерпілого. Відтягуючи потерпілого за ноги, не можна торкатися його взуття, оскільки воно може бути сирим і стає провідником електричного струму. Той, хто надає допомогу, повинен одягнути діелектричні рукавиці або обмотати їх шарфом, натягнути на них рукав піджака або пальта. Можна також ізолювати себе, ставши на гумовий килимок, суху дошку тощо.

При відділенні ураженого від струму рекомендується діяти однією рукою тримаючи іншу в кишені, за спиною.

Якщо електричний струм проходить в землю через ураженого, і він судомно стискає в руці один струмоведучий елемент (наприклад, дріт), простіше перервати струм, відділивши ураженого від землі, підсунувши під нього суху дошку або відтягти ноги від землі мотузкою, або відтягти за одяг, дотримуючись при цьому зазначеної обережності, як щодо ураженого, так і щодо себе. Можна також перерубати провід сокирою з сухою дерев'яною ручкою, або перекусити інструментом з ізольованими кусачками і таке ін. Перерубати або перекушувати провід необхідно пофазно, тобто кожний провід окремо, при цьому рекомендується по можливості стояти на сухих дошках, дерев'яній драбині і т.ін. Можна скористатися і не ізольованим інструментом, обернувши його ручку сухою матерією.

У нічний час перед відключенням струмопровідної ділянки необхідно включити аварійне освітлення (акумуляторні ліхтарі тощо) з урахуванням можливості вибуху і пожежонебезпеки у приміщенні. При цьому надання допомоги потерпілому не повинно затримуватись.

Після відділення потерпілого від струмопровідного елемента його слід віднести від місця ураження струмом на відстань не менше ніж 8 м.

При звільненні потерпілих в електроустановках з напругою понад 1000 В слід користуватися діелектричними рукавицями і взути діелектричні боти; діяти ізолюючою штангою або ізолюючими кліщами.

## **Перша допомога при ураженні від електричного струму[4]**

Рятування ураженого залежить від дії електричного струму, а також від швидкості відділення його від струму, а також від швидкості і правильності надання йому допомоги. Зволікання в наданні може викликати загибель ураженого. При ураженні електричним струмом смерть часто буває клінічною, тому ніколи не треба відмовлятися від надання допомоги ураженому і вважати його мертвим, якщо не має дихання, серцебиття, пульсу.

При визволенні ураженого від дії струму необхідно негайно надати йому лікарську допомогу у відповідності з його станом.

Якщо уражений не втратив свідомості, його треба відвести або віднести в зручне для відпочинку місце, створити повний спокій, запропонувати полежати, створити приплив свіжого повітря.

Якщо уражений знаходиться без свідомості, але дихає нормально і у нього прослуховується пульс, потрібно негайно визвати лікаря, а до його приходу надати допомогу - привести ураженого у свідомість, давати нюхати нашатирний спирт, злегка змочити лице водою, забезпечити приплив свіжого повітря.

Якщо уражений знаходиться в тяжкому стані, тобто не дихає, або переривчасто, необхідно, не втрачаючи часу, приступити до штучного дихання.

Якщо в ураженого відсутня свідомість, дихання, пульс, шкіра синюча, і зіниці широкі, можна припустити, що він знаходиться в стані клінічної смерті, і негайно приступити до штучного дихання по способу “із рота в рот”, або “із рота в ніс” та зовнішнього масажу серця. Ні в якому разі не можна заривати ураженого в землю, тому це принесе тільки шкоду і призведе до втрати дорогих для його спасіння хвилин.

Кожен працівник, обслуговуючий оперативний персонал повинні знати правила долікарської допомоги, способи штучного дихання і масажу серця.

Долікарську допомогу потерпілому надають на місці нещасного випадку. Констатувати смерть має право тільки лікар.

Способи штучного дихання бувають ручні та апаратні. Ручні менш ефективні, але можуть застосовуватись негайно при порушенні дихання у потерпілого. При виконанні штучного дихання “з рота в рот”, та “з рота в ніс” у рот або в ніс потерпілого рятівник видихає зі своїх легенів в легені потерпілого об'єм повітря в кількості 1000-1500 мл. Цей метод найбільш ефективний, однак можлива передача інфекції, тому використовують носовичок, марлю, спеціальну трубку.

Підготовка до штучного дихання.

1. Звільнити потерпілого від одягу - розв'язати галстук, розстібнути комір сорочки тощо.
2. Покласти потерпілого на спину на горизонтальну поверхню - стіл або підлогу.
3. Відвести голову потерпілого максимально назад, доки його підборіддя не стане на одній лінії з шиєю. При цьому положенні язик не затуляє вхід до гортані, вільно пропускає повітря до легенів. Разом з тим при такому положенні голови рот розкривається. Для збереження такого положення голови під лопатки кладуть валик із згорнутого одягу.

## ВИСНОВОК

В ході виконання магістерської роботи було проведено енергетичний аудит Мутинського ліцею. Було зібрано та оброблено статистичні дані використання енергоресурсів за 4 останні роки.

У даній дипломній роботі магістра було виконано наступний обсяг робіт:

1. Розраховано теплові втрати у будівлі;
2. Розраховано надходження теплоти до приміщень будівлі;
3. Обрано твердопаливний котел системи опалення;
4. Запропонований проект впровадження автоматизованої системи освітлення;
6. У розділі з охорони праці розглянуті основні небезпечні фактори.

Технічні рішення, прийняті в роботі, відповідають умовам екологічних, санітарногігієнічних та інших діючих норм і забезпечують безпечну для життя та здоров'я людей.

Наведені рекомендації щодо безпечної організації праці; технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації теплотехнічного обладнання; технічні рішення та заходи з гігієни праці та; особливості протипожежної безпеки та ін.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Енергозбереження – вимога часу [електронний ресурс]. Режим доступу: <https://xreferat.com/102/914-1-energozberezhennya-vimoga-chasu.html>
2. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.
3. Інструкція з охорони праці для персоналу з ремонту та обслуговування теплового пункту [електронний ресурс]. Режим доступу: <https://studfile.net/preview/1191161/>
4. Надання першої допомоги при ураженні електричним струмом [електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.tnu.in.ua/study/refs/d7/file22512.html>
5. Березуцький В. В. Основи охорони праці : навч. посіб. / В. В. Березуцький, Т.С.Бондаренко, Г. Г. Валенко та ін.; за заг. ред. В. В. Березуцького. - 2-е вид., перероб. і доп. - Х.: Факт, 2007. - 480 с
6. Джигирей В. С. Безпека життєдіяльності : навч. посіб. / В. С. Джигирей, В. Ц. Жидецький. - 3-є вид., доп. - Львів : Афіша, 2000. - 256 с.
7. Теплового пункт [електронний ресурс]. Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9\\_%D0%BF%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%82](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%82)
8. Аналіз небезпечних та шкідливих факторів умов праці [електронний ресурс]. Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5372266/page:2/>
9. Енергопостачання та електрообладнання [електронний ресурс]. Режим доступу: <http://wikipage.com.ua/1x916e.html>
10. Тарифна електроенергія для населення [електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.nerc.gov.ua/?id=15013>
11. Теплопровідність матеріалів [Електронний ресурс]: - Режим доступу: <https://dominant-wood.com.ua/ua/statti/269-teploprovidnist-budivelnih-materialiv>
12. Симулятор Arduino [електронний ресурс]. Режим доступу: <https://movilforum.com/uk/%D0%A1%D0%B8%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80-arduino-%D0%BE%D0%BD%D0%BB%D0%B0%D0%B9%D0%BD/>
13. Maker Faire Rome 2020 [Електронний ресурс] //Make Community LLC. – 2020 – Режим доступу: <https://makerfaire.com/>.
14. Eben Upton, Gareth Halfacree. Raspberry Pi User Guide// John Wiley & Sons. – 2014. – 312 р.
15. Teach, Learn, and Make with Raspberry Pi [Електронний ресурс] //RASPBERRY PI FOUNDATION UK REGISTERED CHARITY 1129409 – 2020 – Режим доступу: <https://www.raspberrypi.org>
16. Empowering the smart home [Електронний ресурс] //openHAB Community and the openHAB Foundation e.V. – 2020. – Режим доступу: <https://www.openhab.org/>

17. ДСанПІН 5.5.2.008-01 [Електронний ресурс]: - Режим доступу: [Державні санітарні правила і норм... | від 14.08.2001 № 63 \(rada.gov.ua\)](#)
18. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 [Електронний ресурс]: - Режим доступу: [http://uas.org.ua/wp-content/uploads/2019/01/dstu-n\\_b\\_a.2.2-5\\_2007.pdf](http://uas.org.ua/wp-content/uploads/2019/01/dstu-n_b_a.2.2-5_2007.pdf)
19. Характеристика котла [Електронний ресурс]: - Режим доступу: <https://gefest-kotel.com.ua/tverdopalyvni-kotly/tverdopalyvnyi-kotel-gefest-profi-u-150-kvt/#options>
20. Підбір котла [Електронний ресурс]: - Режим доступу: <https://bio.ukr.bio.ua/articles/3258/>
21. Вимоги до монтажу твердопаливних котлів [Електронний ресурс]: - Режим доступу: <https://vogonvoda.com.ua/%D0%BF%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%BB%D1%8E%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%82%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D0%B%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D0%BA%D0%BE%D1%82%D0%BB%D0%B0>
22. ДБН В.2.5-77:2014 Котельні. – Київ: Мінрегіон України, 2014. – 65 с
23. ГКД 34.02.305—2002 Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. – Київ: Видавництво “КВІЦ”, 2002. – 44 с.
24. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проєктів / укладачі: І.М.Сотник, О. М. Маценко, О. М. Соляник. - Суми: Сумський державний університет, 2013. - 48с.
25. Енергетичне обстеження енергоспоживаючих систем будівлі Мутиньської загальноосвітньої школи І-ІІІ ступенів [Електронний ресурс]: - Режим доступу: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/80434>
26. Вплив виробничого середовища на здоров'я та працездатність людини [Електронний ресурс]: - Режим доступу: [https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmbt/berezyuk\\_bezpeka\\_zhittyediyalnosti/41.htm](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmbt/berezyuk_bezpeka_zhittyediyalnosti/41.htm)
27. Заклади освіти ДБН В.2.2-3:2018 [Електронний ресурс]: - Режим доступу: [http://kbu.org.ua/assets/app/documents/53\(1\).1.%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92.2.2-3-2018%20%D0%97%D0%90%D0%9A%D0%9B%D0%90%D0%94%D0%98%20%D0%9E%D0%A1%D0%92%D0%86%D0%A2%D0%98.pdf](http://kbu.org.ua/assets/app/documents/53(1).1.%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92.2.2-3-2018%20%D0%97%D0%90%D0%9A%D0%9B%D0%90%D0%94%D0%98%20%D0%9E%D0%A1%D0%92%D0%86%D0%A2%D0%98.pdf)
28. Безпека праці під час експлуатації котельень [Електронний ресурс]: - Режим доступу: <https://pl.dsp.gov.ua/news/bezpeka-pratsi-pid-chas-ekspluatatsii-ko/>
29. Система адаптивного керування освітленням [Електронний ресурс]: - Режим доступу: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/40353/1/Arshan\\_magistr.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/40353/1/Arshan_magistr.pdf)



30. Опорний заклад "Мутинський ліцей" Кролевецької міської ради  
[Електронний ресурс]: - Режим доступу:<https://su.isuo.org/ru/schools/view/id/14492>