

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістра

(назва освітнього ступеня)

на тему: Аналіз шляхів підвищення енергоефективності приміщення
амбулаторії загальної практики

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи ЕТм-61
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)	Теравський П.А. (прізвище та ініціали)
---------------------------------	--

Керівник	(підпис)	Костик Л.М. (прізвище та ініціали)
----------	---------------------------------	--

Нормоконтроль	(підпис)	Коваль В.П. (прізвище та ініціали)
---------------	---------------------------------	--

Завідувач кафедри	(підпис)	Коваль В.П. (прізвище та ініціали)
-------------------	---------------------------------	--

Рецензент	(підпис)	Медвідь В.Р. (прізвище та ініціали)
-----------	---------------------------------	---

Економічний ефект впровадження заходів з підвищення енергоефективності будівлі.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Гурик О. Я. к.т.н. доцент		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Клепчик В.М. проректор з адміністративно-господарської роботи та будівництва		
Нормоконтроль	Коваль В.П. к.т.н. зав.кафедри		

7. Дата видачі завдання 11 жовтня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Теравський Петро Анатолійович

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Костик Любов Миколаївна

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТм–61. - Т.: ТНТУ, 2024.

Стор. 76; рис. 18; табл. 12; використаних джерел 27; додатків 3 на 3 стор.

Метою роботи є встановлення шляхів підвищення енергоефективності будівель амбулаторії загальної практики; розробка та впровадження методів оцінки доцільності вжитих заходів з покращення рівня енергоефективності будівлі.

На підставі аналізу та огляду існуючих методів та підходів для покращення енергетичної ефективності будівель запропоновані способи оптимізації вибору оптимальних заходів із врахуванням усіх факторів (технічних, економічних та екологічних), а також з врахуванням вимог нормативної та правової бази. На підставі проведеного енергоаудиту будівлі запропоновано заходи підвищення її енергоефективності, розраховані економічні та фінансові коефіцієнти із вказанням терміну окупності вжитих заходів.

Ключові слова:

ЕНЕРГОАУДИТ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ОСВІТЛЕННЯ,
ЕНЕРГОРЕСУРСИ, КРИТЕРІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ, СИСТЕМА
ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, СИСТЕМА ОСВІТЛЕННЯ.

ЗМІСТ

ЗМІСТ	4
ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Основні вимоги до енергоефективності амбулаторії	9
1.2 Шляхи підвищення енергоефективності та енергозбереження	13
1.3 Висновки до розділу 1	19
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	20
2.1 Особливості визначення рівня ефективного використання енергоресурсів будівлі	20
2.2 Особливі умови визначення економічної доцільності при впровадженні заходів, спрямованих на підвищення енергетичної ефективності в закладах охорони здоров'я	22
2.3 Визначення доцільності впровадження енергозберігаючих заходів за різними групами	30
2.4 Особливості, які виникають, при визначенні економічних та фінансових показників оцінки доцільності впровадження заходів з підвищення енергоефективності	33
2.5 Висновки до розділу 2	36
3 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	37
3.1 Опис об'єкта	37
3.2 Опис інженерних мереж	39
3.3 Динаміка споживання паливно-енергетичних ресурсів впродовж останніх трьох років	41
3.4 Розробка заходів збільшення енергоефективності будівлі	43
3.4.1 Заміна та модернізація систем освітлення	44

3.4.2 Автоматичне кварцування та елементи розумного керування освітленням	46
3.4.3 Визначення теплового навантаження та проведення утеплення будівлі	52
3.4.4 Доцільність встановлення теплового насосу	59
3.4.5 Застосування сонячних панелей на даху будівлі	61
3.5 Економічний розрахунок впроваджених заходів	63
3.6 Висновки по розділі 3	66
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	67
4.1 Причини ураження електричним струмом в приміщеннях закладів охорони здоров'я	67
4.2 Антибактеріальна обробка приміщення	69
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	72
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	74
ДОДАТКИ	77

ВСТУП

Актуальність теми. Продовж останнього десятиліття можемо спостерігати значне збільшення впровадження енергоефективних технологій в будівлях різного призначення та їх використання усіх галузях, у тому числі в закладах охорони здоров'я. Ці технології охоплюють весь комплекс заходів, спрямованих на модернізацію інженерних систем будівлі та її огорожуючих конструкцій. Заклади охорони здоров'я, як і інші споживачі, визнають, що покращення рівня енергоефективності будівлі є не лише важливим засобом скорочення витрат на енергозабезпечення, але й перспективним інструментом для довгострокової економії коштів.

Енергоефективні рішення та заходи стають ключовими у задоволенні зростаючих потреб енергоресурсів, водночас з цим дозволяють зменшити витрати та покращити умови перебування пацієнтів і персоналу в приміщеннях. Застосування енергозберігаючих технологій у закладах охорони здоров'я сприяє досягненню та покращенню технічних, економічних та екологічних переваг. Зокрема це дозволяє нам забезпечити відповідність будівлі вимогам чинних нормативно-правових документів та стандартів, а також покращити комфортність їх експлуатації та знизити шкідливий вплив на навколишнє середовище.

Серед усіх заходів, які активно впроваджуються в будівлях лікарень, поліклінік та амбулаторій, можна виділити: термічну санацію, реконструкцію та модернізацію інженерних систем та мереж, а також збільшення використання всіх видів альтернативних та відновлювальних джерел енергії. Усі заходи, які на це спрямовані, поступово переходять на вищий рівень розвитку завдяки інтеграції інноваційних технологій у функціонування об'єктів різного призначення.

Важливо зазначити, що вибір оптимального комплексу енергоефективних рішень для медичних закладів є надзвичайно відповідальним завданням, оскільки усе різноманіття доступних технологій потребує дуже ретельного аналізу їхніх технічних, економічних та екологічних ефектів.

Незважаючи на усі потенційні переваги потрібно не забувати враховувати також і негативні наслідки, до яких можна віднести технічні та фінансові ризики. Через це аналіз оцінки з доцільності розробки та впровадження нових чи існуючих заходів по збільшенню енергоефективності в будівлях закладів охорони здоров'я має базуватись на комплексному підході. Це передбачає врахування усіх ключових показників енергоефективності та їх взаємозалежності один від одного.

Запропонований підхід дозволяє системно оцінити ефективність енергоощадних технологій у закладах охорони здоров'я забезпечуючи їх адаптацію до сучасних потреб та стандартів.

Метою роботи є встановлення шляхів підвищення енергоефективності будівель амбулаторії загальної практики; розробка та впровадження методів оцінки доцільності вжитих заходів з покращення рівня енергоефективності будівлі.

Для досягнення мети у даній роботі необхідно вирішити ряд задач:

1. Проведення аналізу методів та підходів підвищення енергоефективності будівлі.
2. Проведення аналізу існуючих методів розрахунку оцінки доцільності проведення встановлених заходів.
3. Розробка заходів для підвищення енергоефективності будівлі амбулаторії.

Об'єкт дослідження: процеси споживання енергоресурсів в закладах охорони здоров'я.

Предмет дослідження: методики оцінювання якості енергоефективності будівель амбулаторії та можливі способи для визначення необхідності впровадження та виконання заходів з покращення енергетичної ефективності будівлі.

Наукова новизна. На підставі аналізу та огляду існуючих методів та підходів для покращення енергетичної ефективності будівель запропоновані способи оптимізації вибору оптимальних заходів із врахуванням усіх факторів

(технічних, економічних та екологічних), а також з врахуванням вимог нормативної та правової бази.

На підставі проведеного енергоаудиту будівлі запропоновано заходи підвищення її енергоефективності, розраховані економічні та фінансові коефіцієнти із вказанням терміну окупності вжитих заходів.

Практична цінність. Отримані результати мають можливість практичної реалізації для покращення енергоефективності об'єкту розрахунку, також теоретичні розробки можна використовувати для планування заходів підвищення енергоефективності в будівлях різного призначення.

Апробація результатів роботи. Результати дослідження представлені на Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології в світлотехніці та електроенергетиці» та опубліковані у збірнику «Матеріали XII міжнародної науково-технічної конференції» [27].

I АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Основні вимоги до енергоефективності амбулаторії

Амбулаторії загальної практики створюються для надання населенню першої медичної допомоги (ПМД). До їх обов'язків також відносять невідкладну медичну допомогу (НМД), та право вибору сімейного лікаря, який і буде надавати ПМД. НМД надається бригадою невідкладної допомоги, яка чергує на території амбулаторії. Забезпечення ПМД населенню здійснюється безпосередньо в приміщенні лікувального закладу, у тому числі шляхом лікування в умовах стаціонару, та вдома за викликами пацієнтів, або з ініціативи медичних працівників з профілактичною метою лікування[1].

Основними завданнями амбулаторії є виконання широкого спектра функцій, спрямованих на забезпечення доступності та якості медичних послуг для населення, яке закріплене за цим медичним закладом.

Детальніше ці завдання можна охарактеризувати наступним чином:

- Одним із ключових напрямів діяльності амбулаторії є реалізація права пацієнтів на вільний вибір лікарів, які будуть надавати первинну медичну допомогу (ПМД). Цей аспект сприяє покращенню взаємодії між пацієнтом та медичним персоналом, забезпечуючи довіру та ефективність лікувального процесу.
- Амбулаторія організовує і здійснює первинну медичну допомогу, яка надається на безоплатній основі, що включає як планові, так і невідкладні медичні втручання для забезпечення здоров'я прикріпленого населення.
- До компетенції амбулаторії входить організація надання долікарської медичної допомоги у структурних підрозділах, таких як фельдшерсько-акушерські або фельдшерські пункти (далі – ФАП/ФП), які знаходяться у її підпорядкуванні.

- Амбулаторія активно взаємодіє з дошкільними та загальноосвітніми навчальними закладами, які знаходяться на закріпленій території. До її завдань входить організація профілактичних медичних оглядів, проведення вакцинації та проведення інших лікувально-оздоровчих заходів.
- Амбулаторія забезпечує організацію та проведення обов'язкових профілактичних оглядів, спрямованих на раннє виявлення захворювань та збереження здоров'я населення.
- Заклад контролює відповідність наданої медичної допомоги встановленим медичним стандартам, клінічним протоколам та іншим нормативно-правовим актам, що регулюють надання ПМД.
- Важливою складовою діяльності амбулаторії є інформування населення про профілактику та раннє виявлення як інфекційних, так і неінфекційних захворювань. Ця робота проводиться безпосередньо серед населення, а також організовується в підпорядкованих фельдшерських пунктах та медичних пунктах тимчасового базування (МПТБ).
- Амбулаторія має забезпечувати раціональне використання всіх наявних в неї матеріальних, фінансових і кадрових ресурсів як у межах свого функціонування, так і в підпорядкованих ФАП/ФП.
- Забезпечення безпеки осіб, які звертаються за медичною допомогою, як в амбулаторії, так і в підпорядкованих ФАП/ФП, є одним із пріоритетів закладу.
- Заклад зобов'язаний забезпечити працівникам амбулаторії та підпорядкованих ФАП/ФП умови праці, що відповідають вимогам безпеки та охорони здоров'я, мінімізуючи ризики для медичного персоналу під час виконання ними своїх обов'язків.

Таким чином, амбулаторія виконує комплексну роль у системі охорони здоров'я, зосереджуючись на наданні якісної та доступної медичної допомоги, профілактиці захворювань, а також створенні безпечних умов для пацієнтів і персоналу.

Відповідно для таких закладів є необхідність забезпечення енергоефективності та енергозбереження будівель, Оскільки великі витрати та електро-, водо- та теплопостачання призводить до збільшення витрат фінансування саме на них. У випадку зменшення витрати коштів на вище переліченні аспекти, можна виділити більше фінансування на закупівлю нових лікарств та апаратів, яку будуть покращувати якість надання послуг.

Згідно із чинним законодавством, а саме 'Державними будівельними нормами В.2.2-10:2022'[2] встановлені певні вимоги для енергоефективності та енергозбереження медичних закладів.

Деякі із цих вимог:

1. Медичні заклади повинні бути спроектовані, побудовані та обладнані таким чином, щоб забезпечити належне використання джерел енергії, довготривалого використання огорожуючи конструкцій під час експлуатації та відповідність основним вимогам щодо економії енергії та ефективного використання енергії згідно з ДБН В.1.2-11[3].
2. Проектування закладів амбулаторії у частині показників енергетичної ефективності будівель, теплових технічних показників огорожувальних конструкцій здійснюється відповідно до ДБН В.2.6-31[4].
3. Будівлі охорони здоров'я при новому будівництві проектується класом енергоефективності не нижче, ніж встановлений Наказом Міністерства розвитку громад на території України від 27.10.2020 №260 "Про затвердження мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель"[5]. Допускається проектування будівлі закладів охорони здоров'я із більшим класом енергоефективності, якщо є необхідність, але відповідно до завдання на проектування.
4. Граничне значення питомого енергоспоживання для опалення та охолодження закладів охорони здоров'я визначається згідно з Наказом, який вказаний у 3 пункті, та відноситься до об'єму, який кондиціонується (опалюється). Додаткова потужність, яка витрачається на чисті приміщення, до яких відносять: операційні, чисті лабораторії, ізолятори,

розраховується з підвищеним коефіцієнтом енергоспоживання, і використанням електрообладнання вищого класу.

5. Вимоги щодо енергозбереження та енергоефективності інженерного обладнання (система опалення, система вентиляції та система кондиціонування) будівель враховують згідно з ДБН В.2.5-67[6]. Клас енергоефективності оснащення, системи автоматизації, моніторингу та керування опаленням будівлі, вентиляція та кондиціонування будівель закладів охорони здоров'я (окрім систем протипожежного захисту), для даного типу обладнання слід приймати вище, або того самого класу, що і енергоефективності будівлі. Рекомендується все таки вищого класу енергоефективності.
6. Холодильні машини (холодильники для харчових та спеціальні охолоджуючі агрегати для аналізів) будівель з центральною системою кондиціонування повітря проектується з пристроями, які дозволяють відведення теплоти конденсації холодоагенту до системи загального гарячого водопостачання.
7. Підвищувальні насоси, які використовуються в системі водопостачання будівель охорони здоров'я повинні бути спроектовані з автоматикою, яка забезпечує зменшення споживання електроенергії при меншому споживанні води.
8. На входах до лікарень, поліклініки, амбулаторії та інших закладах слід передбачати влаштування тамбур-шлюзів (повітряно-теплових завіс).
9. Штучне освітлення місць призначених для загального користування, зовнішнє робоче та декоративне освітлення (у разі наявності) у будівлях закладів охорони здоров'я потрібно проектувати із використанням джерел світла, які мають клас енергетичної ефективності не нижче "А", а в деяких випадках і "АА".
10. Для проектування будівель закладів охорони здоров'я завжди враховується технічна, екологічна і економічна доцільність

використання альтернативних систем енергопостачання: системи постачання енергії на основі енергії із відновлюваних джерел; централізоване опалення (охолодження), зокрема, воно може базуватися в цілому, або частково, на енергії відновлювальних джерел; теплових pomp (теплових насосів), за умови їх економічної доцільності.

1.2 Шляхи підвищення енергоефективності та енергозбереження

Перспективна проблема зміни клімату в світі вимагає негайних дій з усіх сфер людського життя (промисловість, житлові будівлі, заклади загального призначення). Особливо цим діям сприяє дефіцит енергії, який активно розвивається в останні роки і створює нові виклики енергетичній безпеці.

Низька енергоефективність будівлі є наслідком недостатнього використання можливості зменшення витрат електроенергії та викидів шкідливих речовин. У даний час ведеться багато дискусій, як приватні споживачі роблять свій внесок для економії енергії та енергоресурсів і які заходи для цього необхідно використовувати. В той час, ці самі питання для промисловості, закладів загального призначення, закладів лікування та інших, привертають набагато менше питань, хоча споживання енергетичних ресурсів для цих будівель є досить високим.

Згідно з даними, які було опубліковано Міжнародним енергетичним агентством (МЕА), промисловість вважається однією з найбільшим у світі споживачем енергетичних ресурсів. Частка, яка припадає на цей сектор, складає близько 40% попиту на усю електроенергію. Причому частина, яка відповідає закладам медичного використання, не перевищує і 10-12% від загальної частки, а якщо брати до уваги лише заклади загального використання, то цей показник буде більший за третину. Ці дані можна переглянути на рис 1.1. Всі ці споживання спричиняють великі витрати, особливо в умовах нинішньої інфляції. Також вони створюють велику

кількість шкідливих викидів, які негативно сприяють на екологію нашої планети. Тому важливість підвищення енергоефективності в цьому контексті важко переоцінити. Її необхідно впроваджувати для всіх закладів, незалежно від їх призначення. Також потрібно продовжувати розробляти та впроваджувати заходи, які збільшують енергоефективність та енергозбереження будівель.

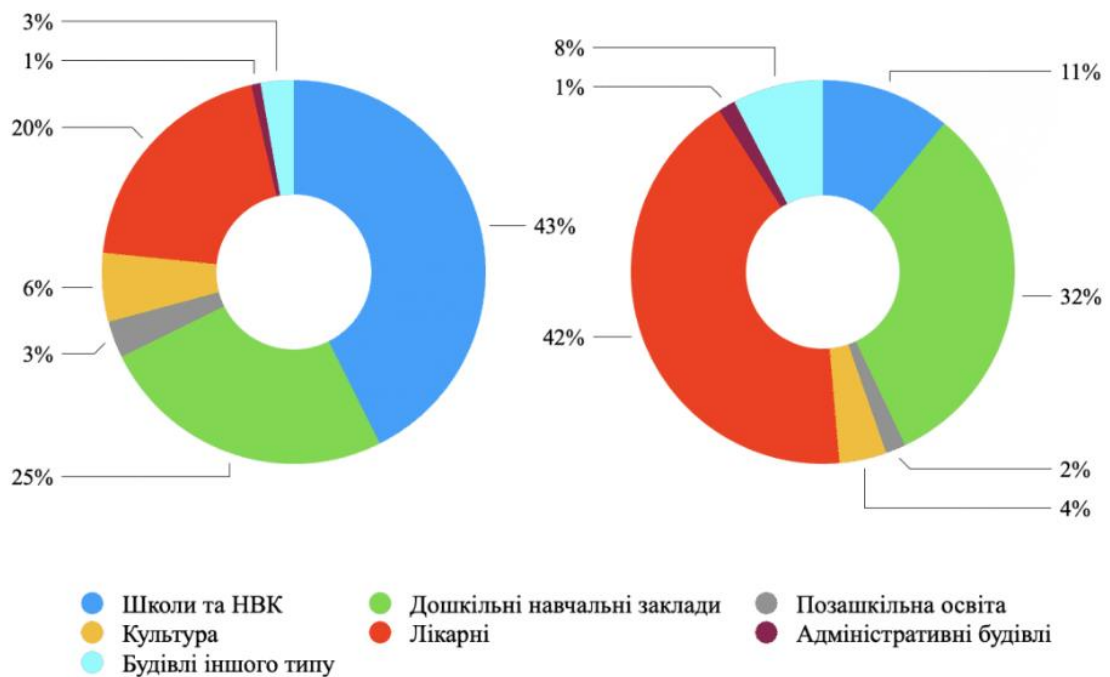


Рисунок 1.1 – Усереднений показник розподілу споживаної теплової енергії (зліва) та електроенергії (справа) за 5-річний період (2018-2023) за категоріями будівель загального призначення.

Можна виділити ряд заходів для споживача, які дозволяють збільшити енергоефективність підприємства, причому вони не вимагають великих капіталовкладень.

✓ Аудит діяльності для збільшення енергоефективності

Одним з найшвидших і найпростіших у використанні джерел підвищення енергоефективності на підприємстві може бути оптимізація роботи, покращення функціонування активів і процесів. Енергоаудит дає можливість створює важливу базову основу для покращення

енергоефективності та виявлення можливостей для вдосконалення процесу роботи. Аудит може проводитися спеціальними енергетичними компаніями, які здійснюють такі послуги, а також силами працівників підприємства. Він забезпечує основу для визначення потенційних заходів, які будуть сприяти підвищенню ефективності, розробки плану дій впровадження заходів та спостереження за процесом виконання.

✓ **Грамотне співвідношення між промисловими ресурсами та процесами**

Детальний аналіз усіх промислових ресурсів та відповідних процесів часто показує, що обладнання зазвичай більше за розміром та потужністю, ніж потрібно для даної роботи. Як правило це відбувається по причині того, що при проектуванні підприємства може допускатися помилка, або через те, що умови експлуатації з часом можуть змінилися, зазвичай у сторону зменшення та модернізації устаткування. У цілому, завеликі розміри багатьох компонентів підприємства можуть призвести до великого споживання енергії та малоефективного завантаження пристрою, а також займання більшої площі, яка може використовуватися ефективніше. Більш точне узгодження та підбирання потужностей обладнання з можливим навантаженням призводить до кращої ефективності використання енергії та інших ресурсів.

✓ **Забезпечення підключення промислового інтернету (інтернет речей (IoT)) до фізичних активів**

Багато промислових підприємств не мають чіткого уявлення про те, де саме і в якій кількості використовується енергія в процесі роботи їхнього обладнання. У випадку підключення фізичних активів за допомогою інтернет речей (IoT), компанії мають змогу краще зрозуміти, які енергоресурси та яку їх кількість вони використовують, що дає змогу вести більш розумні та економні операції. Нещодавнє дослідження, яке було проведене компанією ABB, наочно показало, що лише третина промислових

організацій по цілому світу впровадили технології Інтернету на своїх підприємствах у великих масштабах.

✓ **Встановлення більш ефективних двигунів**

Одним з головних елементів електричної силової установки є привід двигуна зі можливістю зміни швидкості й сама установка (насос, вентилятор або компресор). За оцінками, приблизно половина всієї електроенергії у світі використовується задля виробництва механічної енергії за допомогою електродвигунів. У промисловості споживання електроенергії, яка перетворюється в механічну, зростає до 60-70% усієї електроенергії. Міжнародна електротехнічна комісія встановила декілька міжнародних стандартів ефективності (IE) для електродвигунів, вона починається від IE1 («стандартного») і закінчується IE4 («супер-преміум»). Більш ефективні двигуни, зазвичай, дорожчі, але забезпечують значний приріст ефективності. Враховуючи велику поширеність двигунів у промисловості та їх використання майже для усіх процесів, застосування ефективніших машини дозволить значного зменшити споживання електроенергії та викиди.

✓ **Використання електроприводів з можливістю регулювати швидкістю обертання**

Сьогодні майже усі промислові електродвигуни працюють зі постійною швидкістю (постійне електроспоживання), а механічний рух, який вони передають, регулюється клапанами (для рідких речовин), заслінками (для газів) і механічними гальмами (для твердого матеріалу). Однак, такий спосіб керування рухом є недостатнім. Приводи з електронною змінною швидкістю – це технології, які застосовуються для зміни швидкості двигунів та крутного моменту залежно від необхідної потужності в даний час та умов роботи та. Це дозволяє зменшити споживання електроенергії двигунами, оскільки їм не потрібно весь час працювати на максимальну потужність.

✓ **Застосування електричних транспортних засобів**

Такі транспортні засоби обладнані акумуляторами та електричним приводом прийнятної вартості, особливо, враховуючи високі ціна на паливо. Такими транспортними засобами можуть бути (вантажівки та фургони для здійснення доставки, навантажувачі, гірничодобувні машини тощо).

✓ **Використання ефективних та справних теплообмінників**

Теплообмін має важливе значення при оцінці енергоефективності промислового процесу, а теплообмінники, які використовуються для охолодження та нагріву, застосовуються майже у всіх галузях промисловості. Теплообмінники є статичним обладнанням і тому не піддаються активному технічному обслуговуванню та оптимізації. Вони як правило працюють до відмови», причому екологічні та економічні наслідки втраченого коефіцієнта теплопередачі є негативними. Постійне підтримання теплообмінника на оптимальному чи достатньому рівні продуктивності протягом досить тривалого часу є важливим для забезпечення енергоефективних процесів, в яких вони використовуються. До 3% світових викидів вуглекислого газу припадає на теплообмінники, які не обслуговуються або погано обслуговуються. Причому для оптимізації енергоефективності також є важливим правильний вибір технології теплообмінника (пластинчасті, кожухотрубні та інші) саме для конкретного використання. Варто зауважити що від 25% до 50% енергії витрачається через відпрацьоване тепло (гарячі вихлопні гази, охолоджена вода). Повторне використання в наступних процесах цього тепла може бути важливим заходом для зменшення викидів шкідливих речовин та підвищення загальної ефективності такого обладнання.

✓ **Заміна газових або електричних котлів на теплові насоси**

Теплові насоси (теплові помпи) пропонуються як один з ключових факторів глобальної декарбонізації на заміну паливним котлам. За прогнозами МЕА технологія теплової помпи дозволить людям більш ніж 50% будинків до 2050 року перевести на використання електроенергії для

теплового насосу задля опалення. У промисловому підприємстві ця технологія має аналогічні переваги у випадку її використання для опалення приміщень, а також вона може використовуватися для подавання технологічного тепла до 180°C при ідеальних умовах. Теплові насоси, які використовуються в промисловості, дозволяють повторне використання надлишкового тепла, яке утворилося через процеси для інших цілей, без використання паливних котлів.

✓ **Впровадження розумних систем управління для будівель**

За даними ООН на саму будівлю припадає близько половини загального споживання енергії та третини глобальних викидів CO₂. Для промисловості це зв'язано з тим, що будівлі та інфраструктура, яка з ними пов'язана, рідко коли проектується з врахуванням енергоефективності. Зазвичай на оборот, склади, заводи та інші промислові споруди, також сюди відносять системи вентиляції, опалення та кондиціонування повітря (ОВіК), проектуються з ключовою метою економії капітальних витрат. Тому є маса можливостей для підвищення енергоефективності через впровадження відносно простих та швидкоокупних заходів. На промислових об'єктах можна заощаджувати енергію за рахунок встановлення цифрових (розумних) систем для керування освітленням, вентиляцією, кондиціонуванням та опаленням. Ці системи створенні з метою оптимізації використання ресурсів, наприклад, через відключення освітлення в приміщення, якщо там немає людей, зменшення інтенсивності опалення, якщо температура в кімнаті перевищує задану, та багато інших функцій, які причому збільшують комфортність перебування людей в приміщеннях. Тим більше, враховуючи, що системи ОВіК в комерційних будівлях споживають майже 50% усієї енергії, причому половина цієї енергії втрачається в процесі роботи, або використовується даремно.

✓ **Перенесення даних підприємства в електронне сховище**

Попит на різні цифрові послуги стрімко зростає. Багато можливостей підвищення ефективності використання енергоресурсів вимагає сховище

даних та центр обчислення цих даних, але звичайно це також вимагає додаткових витрат електроенергії на так звані серверні та центри обробки даних. Всесвітній попит на зберігання та обробку даних стрімко зростає, тому технологічній галузі також приділяється значна увага при оцінці енергоефективності будівлі. Вражаючих результатів у галузі енергоефективності було досягнуто завдяки впровадженню таких інноваційних підходів, як віртуалізація серверів та використання хмарних обчислень. Ці технології дозволили суттєво оптимізувати роботу інфраструктури, підвищивши її продуктивність та зменшивши енергоспоживання.

1.3 Висновки до розділу 1

1. Визначено основні вимоги для енергоефективності закладів лікування та амбулаторії безпосередньо. Всі вимоги взяті згідно із: ДБН В.2.2-10:2022, ДБН 1.2-11:2022 та ДБН 2.5-28:2022.
2. Визначенні можливі шляхи підвищення енергоефективності будівель різного призначення. Встановлено ряд заходів для підвищення енергоефективності будівель.

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Особливості визначення рівня ефективного використання енергоресурсів будівлі

Рівень, який характеризує ефективність використання енергоресурсів будівель, описується класом енергоефективності. Для визначення цього класу в Україні застосовують дві основних методики: наказ Міненерго № 169 “Про затвердження Методика визначення енергоефективності будівлі” та ДБН В.2.6:2016 “Теплова ізоляція будівлі”. Остання методика встановлює мінімальні вимоги для теплотехнічних показників конструкції огорожуючих конструкцій та теплотехнічні характеристики будівлі в цілому або відокремленої частини. Через економічні чинники або через технічне завдання на будівлю, енергетичні та теплотехнічні показники можуть бути більші за нормативне значення.

Положення, які описуються в цих нормах, встановлюють загальні (рекомендаційні) вимоги. При проектуванні, із дотриманням цих положень, враховують:

- місцеві кліматичні умови;
- функціональне призначення, тип та конструкторське рішення будівлі;
- теплотехнічні та питомі енергетичні потреби будівлі;
- нормативні санітарно-гігієнічні умови приміщення;
- довговічність огорожувальних конструкцій при експлуатації будівлі.

При використанні системного підходу до проектування, з дотриманням вимог енергоефективності будівель, вимоги, які стосуються: показника мінімальної допустимої температури всередині приміщення, температурний перепад між внутрішньою та зовнішньою температурою, режим вологості повітря, паропроникності теплоізоляції та показників теплопроникності в обов’язковому порядку перевіряються. Показник ефективності (енергетичної) об’єкта будівництва та будівлі, яка буде використовуватися, визначають розрахунковим методом.

Причому дані, які використовуються для подальшого розрахунку показнику енергетичної ефективності, отримаємо на підставі проектної документації на приміщення або будівлю, яка підлягає обов'язковій енергетичній сертифікації. У випадку, якщо даної документації немає, то всі необхідні вихідні дані будуть визначатися на підставі проведених технічних обстежень будівель, які підлягають енергетичній сертифікації.

В процесі виконання технічного обстеження огорожувальних конструкцій, ми можемо встановити:

- конструктивне рішення для всіх видів огорожувальної конструкції будівлі;
- конструкцію покриття, перекриття, стін та світлопрозорих конструкцій;
- уточненні геометричні параметри будівлі та встановити фактичне значення об'єму кондиціонування (опалення) та об'єму та кратності повітрообміну в будівлі.

На підставі отриманих результатів можна встановити фактичні значення показників, вказаних нижче:

- площа огорожувальних конструкцій будівлі у загальному, а також площа відносно кожної із сторін світу;
- площа кондиціонування (опалення);
- об'єм та кратність повітрообміну;
- коефіцієнт засклення фасадів будівлі;
- показник компактності досліджуваної будівлі.

У процесі виконання обстеження інженерних систем будинку для визначення системи опалення встановлюють:

- тип системи опалення (повітряна, електрична чи гідравлічна);
- налагодження гідравлічної системи (однотрубна (з постійним, або змінним гідравлічним режимом), двотрубна);
- вид регулювання температури повітря всередині приміщення;
- температурний напір;
- тепловтрати через зовнішні огороження;
- тип системи опалення (стінова, стельова, підлогова чи змішана);

- тип електричного опалення.

Для системи охолодження визначаємо:

- тип компресора;
- тип вентилятора;
- вид та кількість холодоагенту;
- присутність системи для попереднього охолодження;
- клас системи управління.

Система гарячого водопостачання:

- вид системи гарячого водопостачання;
- кількість секцій радіатора;
- загальну довжину трубопроводу;
- лінійний коефіцієнт теплопередачі для трубопроводу;
- середню температуру (добова, тижнева, місячна та річна) гарячої води;
- річний, місячний або тижневий період користування;
- загальну кількість циклів (робочих та простою) на день.

Також окремому обстеженню підлягає система вентиляції будівлі із визначенням її типу; визначення питомої потужності для кожного вентилятора, присутність системи осушення або зволоження повітря, необхідності нічного охолодження, наявності пристроїв для рекуперації тепла.

Для системи освітлення будівлі визначають питому потужність встановлених приладів для штучного освітлення будівлі.

2.2 Особливі умови визначення економічної доцільності при впровадженні заходів, спрямованих на підвищення енергетичної ефективності в закладах охорони здоров'я

В базу рекомендацій при розрахунку ефектів проведених заходів з енергетичного збереження закладаються такі принципи:

- максимальне спрощення усіх розрахунків із метою одержання інтегральних оцінок можливих ефектів;

- використання лише реального досвіду (експериментально-розрахунково метод) впровадження розроблених проектів та заходів із підвищення енергозбереження в будівлях різних призначеннях та в різних регіонах країни;
- консервативний підхід для оцінки невизначеності та спотворення вихідних даних.

Відповідно, алгоритм методики розрахунку та оцінки енергетичних ефектів виконання заходів та засобів з енергозбереження складатиметься з таких основних етапів (рисунок 2.1):

- аналіз об'єкту дослідження та умов вибору необхідних засобів і заходів зі збільшення енергозбереження;
- ідентифікація типу вибраних заходів та їх набору (використання відновлювальних ресурсів, поновлення інженерних систем, виконання організаційний заходів);
- оцінка заданих умов, дослідження та облік чинників, які можуть впливати на результати, до них належать статичні та незалежні змінні;
- розрахунок оцінки орієнтовної економії енергоресурсів після впровадження запропонованих заходів;
- в разі необхідності проводять коригування (заміну) набору заходів, розрахунок техніко-економічних параметрів вжитих заходів та наступне занесення їх в спеціальну енергетичну декларацію будівлі чи приміщення.

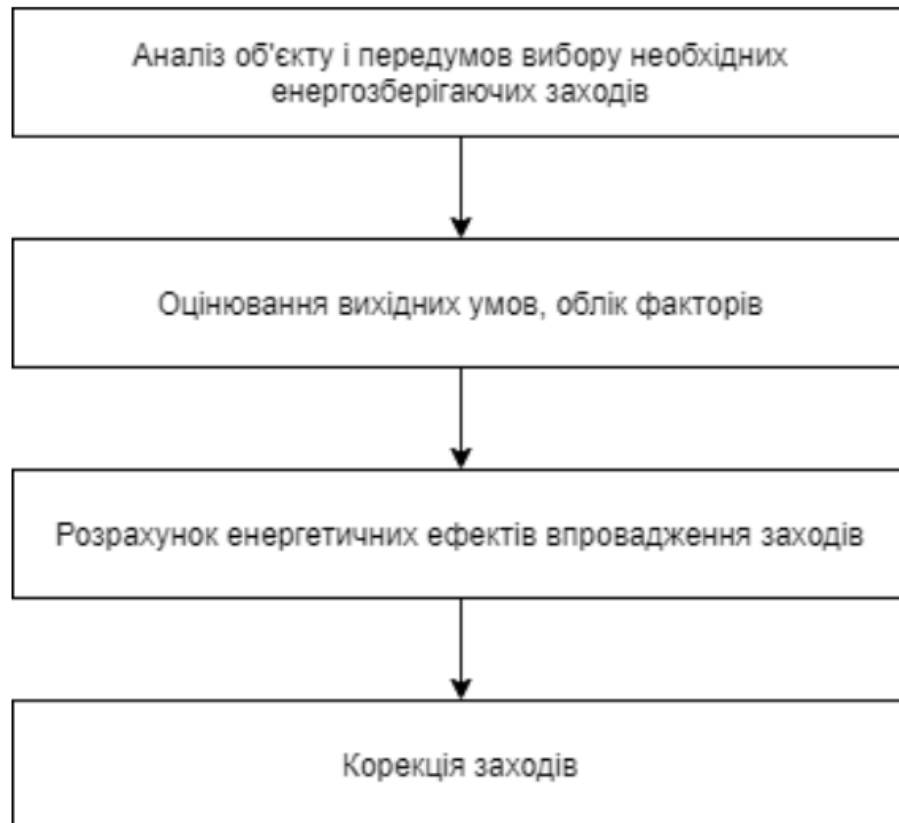


Рисунок 2.1 – Алгоритм методики по оцінюванні реалізації заходів

1 Етап – попередній аналіз умов для вибору певних заходів із збільшення енергетичної ефективності. Під час цього етапу здійснюють аналіз початкового стану об'єкту із точки зору підбору попередніх заходів по енергозбереженню, а також збільшення енергоефективності. Потрібно відзначити, що для переважної більшості бюджетних (дешевих) об'єктів доцільно почати аналіз з можливості “пасивного” енергозбереження. Основна складність точного розрахунку можливої економії енергетичних ресурсів складається в потребі знати та мати нормальні вихідні дані та точні покази споживання енергетичних ресурсів. Тому це можна віднести до методичних складностей різного типу і вони не усуваються ніякими універсальними методами. Саме тому для кращого розуміння особливостей спотворення вихідних даних про споживання енергоресурсів на підприємстві чи будівлі до проведення можливих заходів (залежність від стану об'єкта, клімату, типу будівлі та його інженерних споруд і інших) варто брати до уваги дані з різних джерел інформації:

- показники з приладів обліку (тепла, води, природного газу та електроенергії за декілька останніх років);
- доступні бази даних з інших подібних об'єктів;
- результати енергоаудиту та енергопаспорт бюджетних об'єктів.

Через те, що питоме споживання енергії на здійснення опалення площі будівлі досить складно одразу визначити як ключовий фактор перевитрат, то спочатку потрібно виконати порівняння термічного опору огорожувальних конструкцій з вказаним в нормативних документах, або побудувати спрощену версію теплового балансу приміщень.

Окрім нормативних документів з нормативами, які встановлені єдиними державними стандартами, також можуть використовувати затверджені регіональні або муніципальні нормативи споживання, а також можливе використання нормативів залежно від класу енергоефективності будівель. Тому, якщо будівля має замалий тепловий захист, то його необхідно посилити за рахунок проведення робіт з утеплення фасаду, модернізації або заміни вікон, а також відповідною заміною або модернізацією інших огорожувальних конструкцій. Якщо ж, після цього або з самого початку, будівля має теплову інерцію та теплозахист відповідно до нормативних документів, то в наступну чергу звертають увагу на стан систем з подачі тепла: ввід теплової енергії, стан розподільних та магістральних стояків, стан та забрудненість опалювальних приладів та систем, та відповідно систему регулювання теплопостачання. Зазвичай достатньо буває налагодити існуючі в будівлі обладнання, тобто замінити найбільш зношені деталі цього обладнання на нові, для того щоб знизити втрати енергоресурсів, та для збільшення енергоефективності будівлі.

Після затвердження комплексу заходів, які необхідно провести в будівлі, їх відповідно необхідно ідентифікувати. Відповідно по типу отриманих ефектів вони поділяються на: заміна або модернізація обладнання елементу обладнання або в загальному всю інженерну систему будівлі, ці заходи призводять до зменшення непродуктивних втрат енергоресурсів, що відповідно призводить до більшої економії; також можливо використовувати різні вторинні або побічні

енергоресурси, а також відходи від виробництва, відповідно це також призводить до зменшення використання зовнішніх енергоресурсів та зменшує кількість відходів на виробництві, що, в свою чергу, призводить до покращення стану екології; також існують так звані нетехнічні способи зниження потреб, зазвичай до них відносять управління попитом або пропаганда на підприємстві енергозбереження, а також ресурсозбереження.

Етап 2 - виконання оцінки вихідних умов та облік факторів. На даному етапі буде проводитися оцінка усіх вихідних умов їх ідентифікація та відповідно облік факторів, що на них впливають: незалежні змінні та статичні чинники. Загальний аналіз енергоспоживання проводиться за останні три роки, з точки зору відокремлення якогось базового тренду, можливих відхилень від середніх значень а також оцінка та пріоритет факторів, що на них впливають, ці дані занесені в таблицю 2.1.

Для подальшого формування та побудови базового тренду будемо використовувати показники приладів обліку енергетичних ресурсів (тепло, вода, електрична енергія, природній газ). Відповідно, якщо в будівлі наявні досить великі відхилення електро- водо- чи теплоспоживання, їх необхідно ілюструвати якимись впливаючими факторами.

Варто зазначити, що на підсумкове річне споживання усіх енергоресурсів будівлею впливає не лише потужність енергоустановок, які встановлені, а й тривалість їхньої роботи.

Зазвичай через це відхилення, а відповідно і економію енергоресурсів, можна отримати за рахунок скорочення тривалості роботи енергоустановок протягом року, а також встановлення шляхів зменшення потужності даних параметрів.

Таблиця 2.1 – Аналіз електроспоживання будівлі

Етап роботи	Зміст цього етапу
Побудова графіків споживання енергоресурсів впродовж останніх трьох років	Формування та складання трендів по споживанні тепла, води та електроенергії, на підставі первинних даних
Можливі відхилення в теплоспоживанні	Статичні фактори: додавання або заміна опалювальних елементів, проведення ремонту та реконструкції. Динамічні чинники: перемінність градусодіб в опалювальному періоді.
Можливі відхилення в електроспоживанні	Статичні фактори: монтаж, демонтаж або заміна електрообладнання. Динамічні чинники: різна кількість відвідувачів та зміна продуктивності об'єкта.
Можливі відхилення в водоспоживанні	Статичні фактори: монтаж, демонтаж або заміна обладнання водопостачання. Динамічні чинники: різна кількість відвідувачів та зміна продуктивності об'єкта.

Етап 3 - розрахунок ефективності впровадження заходів. Розрахунок ефективності після застосування заходів з енергозбереження та підвищення енергоефективності може здійснюватися декількома методами:

- перший метод базується на використанні даних про одержані ефекти з економії при виконанні схожих проектів та здійснення заходів на інших подібних об'єктах;

- другий метод базується на складанні балансових методик, а також питомих показників або інших фізичних закономірностей, які стосуються енергоресурсів;
- третій метод - це базування на відповідних вимірювальних методиках.

Хоча сфери застосування цих способів однакові, зазвичай вони використовуються при різних потребах. Перший спосіб (використання даних про отримані ефекти) застосовується для широкої публіки, тобто навіть якщо людина сама проводить енергоаудит своєї будівлі або підприємства, вона зазвичай використовує саме цей метод. Другий спосіб здебільшого використовується фахівцями для розрахунку проектів, коли енергоаудит виконує спеціаліст. Третій спосіб застосовують лише енергосервісні компанії, оскільки їм необхідна саме точність при розрахунку економії енергії, а спосіб з вимірювальними методами дозволяє досягти найбільшої точності при розрахунках.

На жаль неможливо здійснити точний вибір параметрів, які дозволяють збільшити енергоефективність на перспективних проектах через те, що завжди і всюди є ризики щодо зменшення розрахункових показників через: неякісний монтаж, неоптимальні режими експлуатації та відсутність додаткових заходів, які необхідно було здійснити. Тому завжди в ролі умовного “маркера” розрахованої ефективності рекомендують брати середні показники реалізованих проектів та заходів в умовах реальної (дійсної) експлуатації.

Також під час виконання даних дій рекомендуються вибирати узагальнене середнє значення з доступних діапазонів підвищення енергоефективності. У випадку, якщо немає гарантії у виконанні додаткових заходів, потрібно використовувати ще більш узагальнене значення нижньої поділки діапазону отриманої економії енергетичних ресурсів.

Етап 4 - корекція вжитих заходів. Під час цього етапу необхідно проводити коригування або уточнення техніко-економічних параметрів вибраних заходів, проведених на попередніх етапах, з врахуванням фактичних відомостей.

Аналіз фактичних відомостей дозволяє нам підготувати більш детальніші висновки про дійсну ефективність функціонування, як будівлі в цілому, так відповідно її окремих елементів: огорожувальних конструкцій, світлопрозорих

конструкцій і тому подібне), змонтованого обладнання систем теплоспоживання, електроспоживання і водоспоживання, приладів призначених для комерційного, а також технічного обліку енергетичних ресурсів. Ця інформація збільшує можливість виявлення причин нераціонального та надлишкового енерговикористання, а також дозволяє визначити місце і джерело, яке створює перевитрату енергоресурсів

Після цього за результатами проведеного аналізу визначають перелік енергозберігаючих заходів, які знаходяться в пріоритеті, що дозволяє нам отримати максимально можливий економічно-енергетичний ефект при мінімально-можливих термінах окупності, а також уточнюється їх розрахунковий техніко-економічний показник

Для правильного розрахунку економічного ефекту згідно з методиками заходів з підвищення енергозбереження в будівлі необхідно дотримуватись наступної послідовності заходів:

- визначення економії в натуральному еквіваленті;
- визначення економії в грошовому еквіваленті (в умовних одиницях або валюті);
- визначення інших можливих ефектів в процесі провадження заходів.

Також варто зробити зауваження, що економічні ефекти набагато важче піддаються оцінці, ніж фінансові, а окрім економічних ефектів є цілий ряд інших, які також необхідно враховувати. Керівники та власники, тим більше, якщо це бюджетна установа або об'єкт нерухомості, не можуть для прийняття рішення застосовувати лише показники повернення інвестиції або показник економічної доцільності.

В низці випадків, такі як виконання вимог СНіПу та інших нормативних документів, вжиті заходи не приносять доцільного енергозберігаючого ефекту, а можуть навпаки, спричиняти лише витрату грошових коштів.

Однак варто зауважити, що техніко-економічні показники необхідно враховувати в умовах необхідності проведення економії і без того низьких власних фінансових ресурсів, а також, якщо метою є економія коштів, які

виділяються з бюджету на фінансування установ, до яких належать заклади охорони здоров'я, заклади освіти та інші подібні заклади.

2.3 Визначення доцільності впровадження енергозберігаючих заходів за різними групами

З врахуванням вищевикладеного для коректного визначення пріоритетності виконання того чи іншого енергозберігаючого заходу чи проекту пропонується їх розділити на дві групи основних

Перша група - необхідність виконання обумовлена вимогами та стандартами відповідних законодавчих документів або виявляються доцільними для подальшого проведення наступних заходів з енергозбереження.

Друга група - необхідні застосування цих заходів обґрунтовано в першу чергу відповідними техніко-економічним розрахунками із можливістю визначення очікуваних показників їх економічної ефективності.

До першої групи можна віднести такі заходи як: проведення енергоаудиту, встановлення приладів для обліку електричної енергії, а також приладів, які дозволяють автоматичне регулювання енергії, збільшення термоопору огорожуючих конструкцій, до необхідної величини, яка вказується нормативними документами, також сюди можна віднести підвищені кваліфікації осіб, що приймають або виконують рішення, які в свою чергу спрямовані на покращення енергоефективності будівлі. Проте завжди потрібно дотримуватись певної черговості та пріоритетності впровадження заходів в рамках тої чи іншої груп, а також потрібно забезпечити максимальний ефект заходів, які впроваджуються, за рахунок виконання супутніх (додаткових) заходів.

Заходи та засоби першої групи для енергозбереження мають необхідність в плануванні шляхом підбору та вибору найбільш оптимального та рекомендованого варіанту, який базується аналізі та огляді окремих показників (варіантів), або також з використанням техніко-економічної оцінки за низкою показників та параметрів, наприклад:

- технічні характеристики (термін служби і якість регулювання та параметри надійності приладів та пристроїв);
- зручність при експлуатації даних приладів чи пристроїв;
- можливість подальшої модернізації (неоднократно);
- комплектність;
- фірма, яка виготовляє дане обладнання;
- ціна, сюди також відносять: демонтаж старого обладнання, монтаж нового, вартість проекту для даних робіт;
- рівень кваліфікації персоналу;
- вартість обслуговування даного обладнання.

Через те, що заходи, які відносяться до першої групи, можуть вимагати сумарні відтоки коштів, то техніко-економічні розрахунки цих заходів можна звести до вибору одного з найменш затратного варіанту для реалізації заходів по загальній сумі сукупних витрат. Для порівняльного аналізу енергозберігаючих заходів, які відносяться до другої групи, Використовується не лише цей показник, а й ряд інших, які будуть наведені нижче.

Саме через це алгоритм для ранжування та відбору проектів для енергозбереження, які будуть реалізуватись в установі бюджетного використання, або в будівлі можна сформулювати за такими пунктами:

Встановлення можливого переліку заходів та засобів, з необхідністю їх виконання, яка в свою чергу не буде залежати від фінансового показника зворотної інвестиції (заходи з першої групи)

Встановлення для цих заходів видаткових показників, які виконуються з метою порівняння потрібного обсягу інвестування із фінансовими можливостями особи чи бюджетними коштами. Для цих заходів завдання по техніко-економічному обґрунтуванню можна звести до визначення сукупних дисконтних витрат впродовж періоду життєвого циклу вжитого заходу, і тому пріоритет дістається проекту з найменшими допустимими значенням цього показника.

Наступним завданням є складання і затвердження списку заходів, які, в свою чергу, спрямовані на безпосередню економію енергоресурсів, а також,

відповідно до них, досягнення найбільш можливого позитивного фінансового та економічного результату (прибутку, чим більше, тим краще) (це заходи з другої групи).

Можливість розрахунків для показників фінансового та економічного аналізу грошових коштів, які застосовуються при виконанні заходів з другої групи. Варіанти цих заходів та принципи їх використання наведені в подальшому.

Попередня оцінка прогнозованого фінансового ефекту планових заходів важлива для розрахунку: оцінки можливості (фінансової) стати реалізованим заходом рішень про джерело фінансування для порівняння наслідків (економічних) однотипних заходів із вибором найбільш позитивного та ефективного вирішення проблеми з різних сторін (мінімізація витрат, норми прибутковості, розподіл витрати за період, повернення інвестиції) по підготовці техніко-економічних обґрунтувань до них також відносять фінансування з коштів місцевого бюджету та фінансування від коштів, які видали інвестори.

В структуру оцінки фінансової та економічної ефективності вжитих заходів по зберіганню енергетичних ресурсів закладено декілька базових принципів:

Проведення аналізу, обґрунтування та розрахунку по виконаному заході або по технічному рішенню має проводитись за весь час проекту: від початку вкладення коштів до утилізації даного обладнання.

Аналіз має проводитись з розбивкою усього періоду на декілька етапів, в межах цих етапів і проводять необхідні обчислення, в т.ч. до них відносять отримані доходи, досягнута економія та поточні витрати. По стандарту етапи приймають однаковими за тривалістю. Для зручності цей період складає один рік, але при потребі етапи можна розбивати не однаково, наприклад перший етап складатиме 0,5 року а другий - 2, все залежить від умов завдання. Якщо є необхідність порівняти декілька заходів, то початковий момент впровадження для цих заходів вибирають однаковий.

Проведення моделювання можливих потоків для реальних грошей потрібно проводити на кожному етапі проекту, тому що кожне реалізоване технічне рішення на кожному з етапів може створювати грошові потоки, які будуть

входити в склад доходів, а також витрату коштів. Для того щоб коректно провести розрахунок грошових потоків в загальному, необхідно мати всі величини грошового потоку (витрати, доходи та сальдо) для кожного з кроків життєвого циклу.

Щоб порівняти кожний з варіантів впровадження заходів вони приводяться в однакових початкових та подальших умовах.

При подальшому проведенні аналізу ефективності, особливо, якщо він має тривалі періоди, по декілька років, а також якщо змінюється вартість грошей в часі, то цей фактор потрібно враховувати, оскільки одна і та ж сума грошей в різні роки буде мати різну купівельну спроможність. Отже, для врахування грошей по єдиних умовах із врахуванням фактору часу потрібно використовувати дисконтування.

Разом із кількісними характеристиками ефектів, які з'явилися після впровадження заходів, необхідно також враховувати якісні зміни (підвищення комфорту, поліпшення мікроклімату).

2.4 Особливості, які виникають, при визначені економічних та фінансових показників оцінки доцільності впровадження заходів з підвищення енергоефективності

Розрахунок економічної оцінки можна проводити в декілька етапів. З уточненням умов і характеристик проекту, відповідно збільшується глибина та деталізація проведених обчислень.

Термін окупності - це період часу, який необхідний для того, щоб стартові видатки на реалізацію даного проекту стали менші, чим сумарний результат економії від здійснення даного проекту, отже, він вказує, який час кошти, інвестовані в цей проект, будуть недоступні (заморожені) у цьому проекті. Цей термін окупності можна враховувати як і з застосуванням коефіцієнту дисконтування, так і без нього. Завжди дисконтований термін окупності є довшим, ніж звичайний, але він буде краще відображати реальний (дійсний) стан, особливо

якщо є умови ринкової економіки та зміна вартості грошей, тобто проект розтягнутий по часі.

Одним із способів для розрахунку строку окупності (дисконтованого строку) є послідовне підсумування сальдових дисконтних грошей для кожного з періодів (року), воно має виконуватися доти, поки ймовірна сума не буде дорівнювати сумі початкових інвестицій для цього проекту. Значення певного періоду, впродовж якого вартість дисконтованого ефекту буде перевищувати величину інвестицій, і буде становити термін окупності проекту. Цей показник доцільний своєю простотою розрахунків, але він не показує загального результату проекту за межами терміну окупності, а також не дозволяє відрізнити проекти з однаковим грошовим ефектом, але різним розподілом його по роках.

Неправильно буде порівнювати ці проекти тільки на основі первинних інвестицій, тому що можливий випадок, що сумарні витрати на проект до його повного закриття з меншими капіталовкладеннями є набагато вищими, а, відповідно, проект є менш вигідним. Незалежно від терміну окупності, обчислені витрати за терміном служби дозволяють нам розрахувати грошові потоки не в межах терміну окупності, а й потім. Цей показник використовується для порівняння варіантів, які рівноцінні за результатами розрахунків, а також для порівняння заходів з різною тривалістю, даючи нам уявлення про всю величину можливих витрат на проект протягом всього життя цього проекту.

Для подальших розрахунків нам потрібно враховувати витрати за весь цикл проекту (модернізоване або встановлене обладнання, відремонтована ділянка або система), в тому числі необхідно враховувати: пуско-наладку, установку, початкові інвестиції та експлуатацію, до якої входить: витрати на робочу силу та енергоресурси; а також витрати на капремонт, утилізацію чи техобслуговування. Також можна залежно від даної ситуації та завдання враховувати також і податки, амортизацію, відсоток за користування кредитом. Отже, найкращим буде варіант, при якому буде мінімальне значення цього показника.

Net Present Value (*NPV*) - найбільш поширений та найбільш універсальний показник оцінки інвестпроектів. В той час як витрати за терміном служби

враховують лише витрати протягом часу експлуатації, цей показник враховує також економію - ефект від реалізації заходів. Якщо задати норму дисконту доходів та витрат у наступних періодах NPV дає змогу нам побачити, який грошовий потік може принести проект за певний період. Тобто, він є сумою усієї чистої економії протягом всього періоду, причому враховує зміну вартості грошей

$$NPV = -Inv + \sum_{i=1}^n \frac{(E_i - C_i)}{(1+r)^i} \quad (1.1)$$

де Inv – загальні інвестиції у даний проект;

r – норма дисконтування;

n – кількість років у заданому періоді;

E_i – економія протягом заданого періоду;

C_i – поточні витрати протягом заданого періоду;

i – поточний рік;

Якщо $NPV > 0$, то потік грошей з проекту за певний період при даній ставці дисконтування покриває своїми надходженнями інвестиційні кошти та поточні витрати на проект, тобто забезпечує мінімальний дохід, який задавався ставкою дисконтування, а також дохід, який дорівнює одержаному значенню NPV .

При $NPV = 0$ цей проект має змогу покрити інвестиції та поточні витрати, а також забезпечити мінімальний дохід, який був заданий ставкою дисконтування. І хоча при такому значенні дохід власника проекту не буде змінюватись, але вартість його компанії може збільшитись на суму вкладених інвестицій.

Якщо $NPV < 0$, то цей проект в даному періоді не може забезпечити ніякого доходу і можливо навіть не покриває інвестиції та витрати на цей проект. Отже, підсумовуючи, можемо сказати, що чим більше NPV , тим краще для інвестора, тому при виборі проекту з декількох варіантів потрібно вибирати той проект, чий NPV за певний період буде вищим.

У випадку, якщо проекти мають схожі показники NPV , тоді використовується так званий індекс рентабельності ($NPVQ$), що є розрахунком доходу на одиницю інвестицій, і записується як відношення дисконтованих доходів до вкладених інвестицій

$$NPVQ = \frac{NPV}{Inv} \quad (1.2)$$

де NPV – визначається за формулою (2.1);

Inv – загальні інвестиції у даний проект.

Проект можна вважати вдалим, якщо цей індекс рентабельності більший за одиницю, у випадку якщо $NPVQ$ менше за одиницю, проект потрібно відкинути і не брати на реалізацію. Тому можна враховувати, що чим більший індекс рентабельності тим вдаліший та прибутковіший проект.

2.5 Висновки до розділу 2

1. Встановлені особливості, які виникають при визначенні рівня енергоефективності будівлі. Вибрано та описано дві методики, по яких буде проводитись розрахунок, визначено вхідні та вихідні дані розрахунків за різними методиками. Зазначено дані, які необхідно визначити для кожної з інженерних систем будинку перед початком розрахунку.

2. Визначені умови для визначення економічної доцільності при впровадженні заходів, які спрямовані на підвищення енергоефективності в закладах охорони здоров'я. Описаний алгоритм оцінюванні реалізації даних засобів та заходів.

3. Проаналізовано групи енергозберігаючих заходів, встановлено їх переваги та недоліки.

4. Проаналізовано економічні показники NPV та $NPVQ$ при впровадженні заходів підвищення енергоефективності.

3. РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Опис об'єкта

Як об'єкт для проведення енергоаудиту та вживання заходів з енергозбереження використано приміщенням амбулаторії загальної практики, яка розташована в селі Білобожниця, Чортківського району, Тернопільської області.

Сама будівля була побудована приблизно в 70-ті роки XX століття, загальний вигляд будівлі вказано на рис.3.1.



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд об'єкту енергоаудиту

Через те, що село Білобожниця після проведення децентралізації стала центром Білобожницької об'єднаної територіальної громади, то відповідно амбулаторія стала головним медичним закладом в громаді. В його підпорядкуванні знаходяться 17 фельдшерських, фельдшерсько-акушерських пунктів та амбулаторії в декількох селах.

Відносно недавно на засіданні сільської ради було винесено питання та ухвалено рішення про поновлення зовнішнього вигляду амбулаторії та проведення косметичного та євроремонту відповідно до чинних нормативно-правових документів. Тому є нагальна потреба в проекті по розробці та

впровадженню заходів для енергозбереження та виконання вимог державно-будівельних норм.

Будівель на території амбулаторії є дві. Перша з них відповідно сама амбулаторія з кабінетами, де приймають сімейні лікарі, забираються аналізи, лабораторії, маніпуляційні та інші кабінети. Друга будівля призначена для бригади швидкої допомоги, відповідно там знаходиться гараж для зберігання автомобіля, кабінет, де постійно знаходиться бригада, та невеликий кабінет для надання першої медичної допомоги, так званий приймально-оглядовий бокс, яку використовують якщо основна будівля не працює (в темний період доби та вихідні). Загальна площа всіх приміщень складає приблизно 300 м², більшу частину цієї площі зрозуміло складають приміщення, в яких можна проводити огляд та лікувальні маніпуляції для пацієнтів. Більш детальна інформація про вид приміщення, його призначення та площу для основної будівлі вказано в таблиці 3.1, для будівлі швидкої допомоги – таблиця 3.2. Схема приміщень та розташування будівель на території розміщена в додатку 1.

Таблиця 3.1 – Експлікація приміщення основної будівлі

Призначення	Площа, м ²
Кабінет денного стаціонару	30,4
Лабораторія	30,4
Кабінет прийому аналізів	6
Маніпуляційна	21,5
Кабінет прийому сімейного лікаря (2шт)	16 (один), 32 (загальна)
Архів (серверна)	9
Туалет з душовою	10,6
Кабінет стоматолога	30,4
Котельна	11
Коридор	55
Технічне (складське) приміщення	16,4

Таблиця 3.2 – Експлікація приміщення будівлі швидкої допомоги

Призначення	Площа
Гараж для зберігання автомобіля швидкої допомоги	16
Кімната відпочинку виїзної бригади	13,675
Приймально-оглядовий бокс	17,2

3.2 Опис інженерних мереж

Система кондиціонування та вентиляції

Системи загальної примусової припливно-витяжної вентиляції в будівлі немає.

Вентиляція здійснюється природним шляхом за допомогою вікон, які знаходяться в кожному приміщенні. Винятком є приміщення туалету, де встановлена примусова витяжна вентиляція, яка вмикається разом з включенням освітлення в приміщенні та працює деякий час після вимкнення, а також в кабінеті денного стаціонару, в якому знаходиться рекуператор, що дозволяє одночасно здійснювати приплив свіжого повітря та відкачування відпрацьованого повітря в приміщенні. Кондиціонування здійснюється за рахунок блоків кондиціонерів, які знаходять лише в приміщенні кабінетів прийому сімейних лікарів

Система опалення

Опалення основної будівлі здійснюється з використанням котла який працює на природному газі, з системою труб та радіаторів, які утворюють єдину циркуляційне систему. Гаряче водопостачання також здійснюється за рахунок котла, оскільки він є двоконтурним. В теплий період року, коли немає необхідності в опаленні приміщень, гаряче водопостачання здійснюється за рахунок водонагрівача (бойлера), який підключений до системи гарячого водопостачання. Опалення будівлі перебування бригади швидкої допомоги здійснюється за рахунок електроприладів та теплої підлоги, які знаходяться в приміщеннях приймально-оглядового боксу та кімнати відпочинку виїзних

бригад. Для гарячого водопостачання в цій будівлі використовують проточний водонагрівач, який працює на електричній енергії.

Система водопостачання

Водопостачання приміщення здійснюється від свердловини, яка розміщена на території амбулаторії, тому облік холодної води не ведеться. Загальний стан цієї системи можна розцінювати як хороший, оскільки пошкодження трубопроводів та їх течії не виявлено. У разі виявлення якихось дефектів вони відразу усуваються шляхом ремонту, якщо це можливо, або заміною деталі чи вузла.

Система газопостачання

Газопостачання в будівлі здійснюється лише для котла в приміщенні котельної. Для природного газу встановлений мембранний лічильник, який знаходиться на зовнішній стороні стіни. Газова магістраль, якою живиться котел, проходить лише через приміщення котельні.

Система освітлення будівлі

Освітлення приміщень забезпечується за рахунок світильників, які є в кожному приміщенні. Оскільки всі вони старого зразку, подекуди використовуються навіть лампи розжарення, їх необхідно буде замінити на світлодіодні аналоги з врахуванням усіх вимог державно-будівельних норм щодо освітлення в закладах охорони здоров'я. Освітлення зовнішніх ділянок здійснюється за рахунок прожекторів, які знаходяться на будівлі амбулаторії, для освітлення території навколо неї та на спеціальних стовпах для освітлення під'їзду до будівлі машини швидкої допомоги.

Додаткові системи будівлі

До додаткових систем, які знаходяться в приміщеннях амбулаторії, можна віднести систему кварцювання. Кварцювання здійснюється за рахунок переносної бактерицидної лампи. В планах замінити цю лампу на стаціонарні лампи меншої потужності, які будуть знаходитись в кожному кабінеті та проводити автоматичне кварцювання. Заходи, які необхідні для цього, будуть описані у відповідному розділі.

Система електропостачання

Обидві будівлі, які знаходяться на території, живляться через трансформаторну станцію з трифазним масляним трансформатором загальної потужності 640 кВА та напругою 10/0,4 кВ. Живлення здійснюється повітряною лінією з проводом марки А32 загальною довжиною 280 м. Живлення системи освітлення будівлі відбувається зі спеціального щитку для освітлення, де є окремо система внутрішнього освітлення та системи зовнішнього освітлення. Також встановлений трифазний лічильник електричної енергії з функцією день-ніч та автоматичною відправкою даних про спожиту електроенергію в місцевий центр обслуговування клієнтів РЕМу.

3.3 Динаміка споживання паливно-енергетичних ресурсів впродовж останніх трьох років

Електроенергія в будівлі використовується для всіх видів роботи, побутових приладів, освітлення приміщень, опалення в додатковій будівлі, а також живлення електронасосу, який розміщений в системі водопостачання та циркуляційних насосів системи тепlopостачання. Споживання усієї електричної енергії та природного газу протягом останніх трьох років подано у таблиці 3.3 та 3.4, відповідно, і також вказані на рисунку 3.2 та 3.3, відповідно. Також проведено порівняльну характеристику витрат на електроенергію та природний газ, яка виражена у грошовому еквіваленті згідно діючих тарифів (таблиця 3.5).

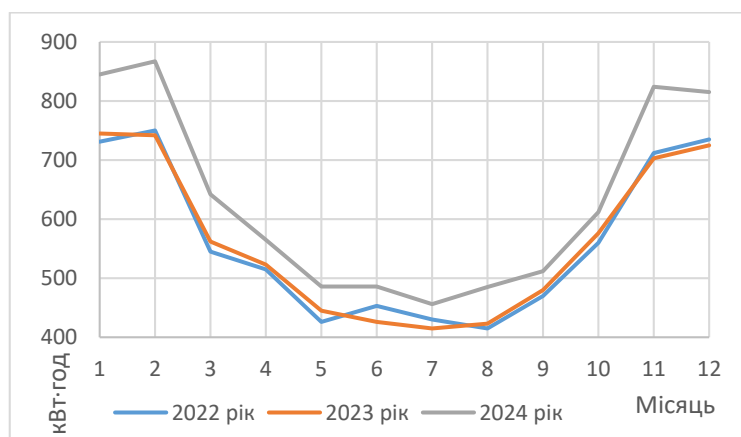


Рисунок 3.2 – Графік споживання електроенергії впродовж 2022-2024 років

Таблиця 3.3 – Споживання електричної енергії

№ п/п	Місяць	Споживання електроенергії, кВт·год.		
		2022 рік	2023 рік	2024 рік
1	Січень	731	745	845
2	Лютий	750	742	867
3	Березень	545	562	642
4	Квітень	515	523	565
5	Травень	426	445	486
6	Червень	453	426	486
7	Липень	430	415	456
8	Серпень	415	423	485
9	Вересень	470	480	512
10	Жовтень	560	576	612
11	Листопад	712	703	824
12	Грудень	735	725	815
Всього		6742	6765	7595

Таблиця 3.4 – Споживання природнього газу для котла

№ п/п	Місяць	Споживання газу, м³		
		2022 рік	2023 рік	2024 рік
1	Січень	485	478	466
2	Лютий	462	463	452
3	Березень	443	423	406
4	Квітень	392	376	342
5	Травень	60	20	5
6	Червень	5	5	5
7	Липень	5	5	5
8	Серпень	5	5	5
9	Вересень	50	15	5
10	Жовтень	267	231	186
11	Листопад	406	375	386
12	Грудень	476	406	435
Всього		3056	2802	2698

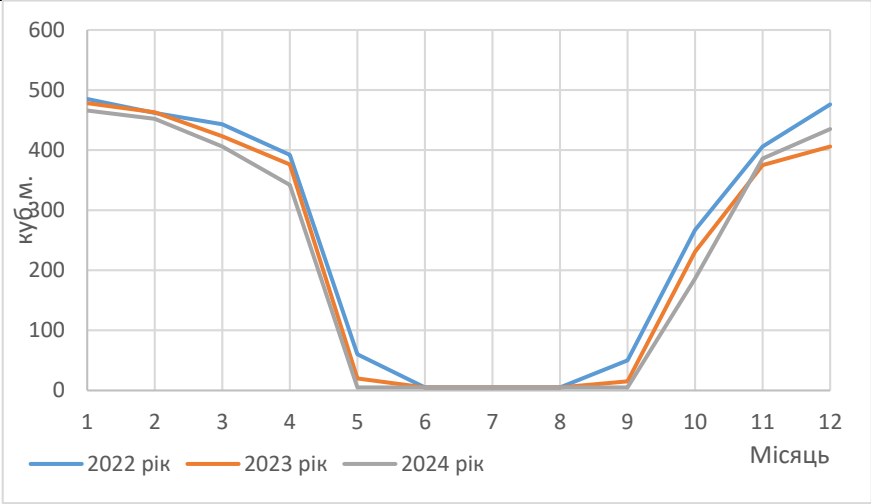


Рисунок 3.3 – Графік споживання природнього газу впродовж 2022-2024 років

Таблиця 3.5 – Порівняльна характеристика використання електроенергії та природнього газу

	Рік					
	2022		2023		2024	
	грн.	%	грн.	%	грн.	%
Електроенергія	29 125	54,58%	29 244	56,60%	32 810	60,31%
Природній газ	24 448	45,42%	22 416	43,40%	21 584	39,69%
Всього	53 573	100	51 660	100	54 394	100

Згідно наведених вище таблиць та графіків можна зробити висновок, що помісячне споживання енергоресурсів майже однакове, лише відбулося зростання споживання електроенергії після побудови додаткової будівлі, в якій електроенергія використовується для опалення. Постачання природного газу незначно зменшується, оскільки останнім часом в холодну пору року немає великих мінусових температур, і котлу потрібно менше енергоресурсу для підтримки оптимальної температури. Також відбувається зменшення його споживання у літній період часу, оскільки тоді застосовується електричний водонагрівач для гарячої води в системах водопостачання.

3.4 Розробка заходів збільшення енергоефективності будівлі

З великої кількості існуючих заходів по підвищенню енергоефективності будівлі, в зв'язку з заданими вхідними даними по нашому об'єкту, вибираємо кілька найбільш підходящих. До них відносяться:

- ✓ Заміна та модернізація існуючого освітлення з врахуванням всіх необхідних вимог згідно державних стандартів;
- ✓ Утеплення стін будинку, проведення розрахунку теплового ефекту після проведених заходів, та можливе утеплення також стелі чи даху;
- ✓ Встановлення елементів розумного керування для освітлення;
- ✓ Проектування системи автоматичного кварцювання приміщень з можливістю ручного керування;
- ✓ Встановлення теплового насоса як додаткового способу нагрівання води для зменшення використання існуючого газового котла, та встановлення акумуляційної ємності до цього насоса;
- ✓ Розглянута можливість встановлення сонячних панелей на дах будівлі з підключенням усієї необхідної системи (акумуляторні батареї, інвертор, пристрій керування).

3.4.1 Заміна та модернізація системи освітлення

Світлові точки системи освітлення амбулаторії є застарілими на енергозатратними (рис. 3.4), тому модернізацію системи є першочерговим завданням. Це дозволить зменшити використання електроенергії та привести значення освітлення до необхідних показників.

Згідно із тенденцією широкого впровадження енергоощадних джерел світла, будемо використовувати світлодіодні світлові прилади, які мають ряд переваг в порівнянні з іншими джерелами світла: більший термін служби, відсутність часу запалення лампи, найкраще значення світлової віддачі, можливість зміни рівня освітлення без використання високовартісних пристроїв регулювання.



Рисунок 3.4 – Світлові прилади, які встановлені в амбулаторії на даний час

Варто звернути увагу, що для різних приміщень застосовуються різні норми освітленості та різні класи пило- вологозахисту. Для приміщень загального використання норми освітленості, згідно ДБН [7] будуть складати 75 лк, для приміщення, в якому відбувається огляд пацієнтів або виконання робіт, що вимагають точної роботи, це значення буде складати 500 лк. Якщо приміщення застосовується для постійного перебування пацієнтів, то необхідно забезпечити загальну освітленість не нижче 100 лк та потрібно встановити додаткове місцеве

освітлення біля ліжка пацієнта з можливістю регулювання світлового потоку світильника.

Будемо використовувати світлові прилади, виготовленні ТОВ «ОСП Корпорація Ватра». Після проведення аналізу та порівняння продукції цього виробника [8] вибираємо такі типи світлових приладів: ДСП65В, ДББ28У Селена-LED-М, ДВО20У Юпітер-LED-панель та ДВО27У Юпітер-LED-2. Зовнішній вигляд цих світильників та їх характеристика наведена в додатках. Кількість світильників в кожному окремому приміщенні визначається за допомогою формули (3.1), яка розраховує освітленість в приміщенні, але оскільки ми маємо необхідне значення освітленості, то можемо і знайти необхідну кількість світильників:

$$E = \frac{N \cdot \Phi_{СП} \cdot U}{S \cdot z \cdot K_z} \quad (3.1)$$

де S – площа приміщення;

K_z – коефіцієнт запасу, який розраховується залежно від призначення приміщення;

E – освітленість в приміщенні;

z – коефіцієнт мінімальної можливої освітленості, зазвичай дорівнює 1;

N – кількість світильників, які потрібно використовувати;

U – коефіцієнт, який враховує використання світлового потоку;

$\Phi_{СП}$ – світловий потік, який створює один світильник.

Для прикладу проведемо розрахунок необхідної кількості світлових приладів для приміщення лабораторії. Згідно із довідниковими даними [9] світловий потік світильника складає 5400 лм, $U=0,687$, площа приміщення 30 м², коефіцієнт запасу рівний 1,79, необхідна освітленість 500 лк. Отже, підставляючи ці значення у формулу, отримуємо:

$$500 = \frac{N \cdot 5400 \cdot 0,687}{30 \cdot 1,79}$$

Звідси: $N=8,36$, а оскільки кількість не може бути дробова, потрібно заокруглити значення у більшу сторону, тому приймаємо $N=9$. Потужність, яку споживають світильники в даному приміщенні, буде складати 0,405 кВт.

Подібним чином розраховуємо кількість світильників та загальну потужність і для інших приміщень, складаємо таблицю (Додаток В).

Після проведення всіх розрахунків отримаємо сумарну потужність всіх світлових приладів 2,2 кВт. Звичайно ж, вони не будуть одночасно працювати, та й період роботи для кожного приміщення різний.

Загальна потужність після повного оновлення системи освітлення, не змінила свою споживану потужність. Але, в разі необхідності, є можливість увімкнення лише частини світлових приладів в приміщенні, що буде сприяти економії електроенергії.

Економічний ефект впровадження даного заходу буде описаний у відповідному розділі.

3.4.2 Автоматичне кварцування та елементи розумного керування освітленням

Захід по впровадженню автоматичного кварцування можна віднести, до групи заходів, які не сприяють збільшенню економії, а виконуються для виконання вимог по санітарній обробці приміщень закладів охорони здоров'я.

Кварцування приміщення являє собою санітарно-протиепідемічний захід, який дозволяє знизити кількість шкідливих бактерій та мікроорганізмів в приміщенні та запобігає розповсюдженню інфекційним хворобам. Воно виконується за допомогою спеціальних ультрафіолетових (бактерицидних) опромінювачів. Вони поділяються на:

- відкриті, які можна розміщувати на стелі, або стіні;
- екрановані, які монтуються лише на стіні, але мають в своїй будові відбивач;
- закриті (рециркуляційні).

Оскільки всі приміщення нашої будівлі відносяться до групи А, то опромінювач можна вмикати навіть тоді, коли всередині перебувають люди.

На даний час кварцування проводиться за допомогою рециркуляційного бактерицидного опромінювача переносного типу (рисунок 3.5), який кожного дня

після вологого прибирання заносять в приміщення та вмикають на деякий час. Згідно із вказівками виробників даних пристроїв, кожне вмикання негативно на них впливає, скорочує термін їхньої служби, тому потрібно якомога зменшити кількість випадкових та непотрібних умикань приладів.



Рисунок 3.5 – Бактерицидний випромінювач переносного типу



Рисунок 3.6 – Бактерицидний випромінювач закритого типу

Для цього розробимо систему автоматичного керування кварцуванням, яка буде складатись з бактерицидного випромінювача екранованого типу (рисунок 3.6), тобто з відбивачем знизу пристрою, сигнальної лампи, яка буде вказувати на початок кварцування, та пристрою керування, який буде знаходитись в архіві (серверній) та згідно із введеною програмою виконувати кварцування в певний період. Також є можливість встановлення та підключення до системи витяжного вентилятора, який сприятиме видалення озону після проведення антибактеріальної обробки.

Принцип роботи бактерицидної установки наступний: за 5-10 хвилин до початку кварцування сигнальна лампа починає мигати, що буде вказувати на

підготовку до кварцування; опісля включається опромінювач, який виконує кварцування, під час роботи опромінювача сигнальна лампа безперестанку горить; після завершення процедури сигнальна лампа кілька разів мигає і гасне; при потребі буде вмикатись витяжна вентиляція. Цей алгоритм дозволить проведення кварцування у всіх необхідних приміщеннях одночасно, а також зменшить завантаженість та кількість вмикань існуючого пристрою.

Потужність бактерицидного випромінювача старого зразка становить 100 Вт, а потужність нового разом із сигнальною лампою всього 30 Вт. Тому цей захід дозволив нам збільшити економію електричної енергії, а разом із тим досягти необхідної вимоги стосовно антибактеріальної обробки приміщень.

Системи керування освітленістю у медичних установах можуть бути реалізовані за наступними схемами: централізоване керування, децентралізоване керування та інтелектуальне керування.

Централізоване керування підходить для управління освітленням, яке буде здійснено з єдиного пункту та ідеально себе показує у великих медичних закладах із великою кількістю приміщень.

Для децентралізованого керування кожне приміщення має оснащуватись локальним контролером, який керує освітленістю лише в цьому приміщенні, він дозволяє забезпечити високу гнучкість та можливість налаштування системи залежно від потреб кожної приміщення.

Найбільш доцільний тип керування - інтелектуальне, який включає в себе датчики руху, датчики освітленості, датчики присутності, що дозволяє автоматично адаптувати освітлення до умов середовища та забезпечує значний енергозберігаючий ефект, зоровий комфорт і безпеку для користувача.

Важливим фактором для коректної роботи системи по освітленню є розташування датчиків, оскільки при некоректному сприйнятті даних про освітленість система буде неправильно працювати.

Тому датчики руху встановлюються біля входів до приміщень (палати, кабінети лікарів, операційні), розміщувати їх потрібно на стінах, або стелі, на висоті близько 2,5-3 м.

Датчики освітленості встановлюються в приміщеннях із світловими отворами, де є природне освітлення. До таких приміщень амбулаторії відносяться коридори, палати та кабінети лікарів. Необхідно усувати вплив штучного освітлення на датчики для їх коректної роботи.

Датчики присутності зазвичай використовується в зонах з високою змінністю присутності людей, до таких зон можна віднести санвузол або коридор, встановлюються вони аналогічно до датчиків руху, тобто на стінах, або стелі на висоті 2,5-3 м.

Ключовим фактором для коректної роботи системи автоматизованого керування є протоколи зв'язку, які будуть використовуватись для передавання даних між датчиками та контролером. Варто зазначити декілька головних протоколів зв'язку, до яких відносять: DALI, KNX, ZigBee та WI-FI.

У кожного з даних протоколів є свої переваги та недоліки, більш детально розглянемо протокол KNX, який пропонуємо використовувати для приміщень амбулаторії. Він є універсальним протоколом автоматизації будівель, що дозволяє забезпечити взаємодію системи освітлення з іншими системами, такими як вентиляція, опалення та системи безпеки. Має змогу підтримувати передачу даних через виту пару, Ethernet, радіозв'язок і wi-fi.

Згідно з нашими вхідними даними доцільно буде використовувати схему адаптивного керування, яке дозволяє автоматично регулювати параметри освітлення в залежності від часу доби, присутності людей та рівня природного освітлення. Основні переваги даної схеми керування:

- енергоефективність, оскільки автоматичне налаштування освітлення дозволяє в значній мірі зменшити споживання електроенергії;
- комфорт, тому що рівень освітленості в приміщенні адаптується до потреб користувача, що корисно діє на загальний показник роботи;
- можливість інтеграції системи освітлення з іншими системами в будівлі.

Обладнання, яке необхідне для системи керування складається з:

- контролерів освітленості, які виконують обробку даних від датчиків і керують освітлювальними приладами;
- самих датчиків руху, освітленості та присутності;
- освітлювальних приладів, якими буде коригуватися освітленість в приміщенні. Звичайно ж будуть використовуватися саме світлодіодні лампи, загальна кількість ламп в приміщенні розрахована в попередньому розділі;
- модулів зв'язку, які підтримують інтеграцію контролерів і датчиків через протоколи зв'язку;
- панелі управління, на якій здійснюється ручний контроль освітлення, або спеціальних мобільних додатків для віддаленого доступу до керування.

Для створення адаптивного керування з протоколом зв'язку KNX нам необхідно наступне обладнання: KNX контролер фірми IDEC FC6A (рисунок 3.7), датчики руху, освітленості та присутності фірми Ajax (рисунок 3.8), освітлювальні прилади, які вказані в попередньому розділі, та локальні панелі управління SR-2205N (рисунок 3.9).

Контролер буде використовуватись загальний для всіх приміщень, оскільки в нас їх небагато. Датчики руху будуть розташовані в коридорі, на його початку та кінці, а також в санвузлі. Датчики освітленості встановлюємо в кабінеті сімейного лікаря та в палаті. Для зручності механічного керування світловими приладами, панелі управління(локальні) знаходяться в кожному приміщенні біля входу. Загальна панель керування знаходиться в приміщенні серверної, так само там розміщений контролер та сервер для зберігання та опрацювання даних.

Запропонована система дозволяє нам забезпечити ефективне, адаптивне та енергоефективне освітлення яке відповідатиме всім вимогам згідно нормативно-правових документів. Система керування у графічному вигляді подана на рисунку 3.10.



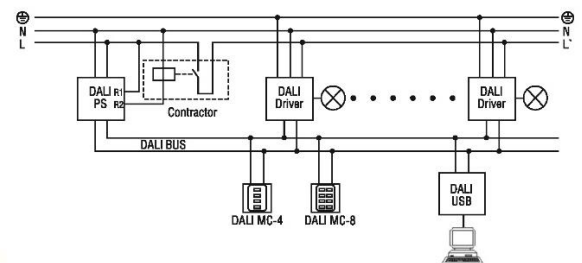
Рисуюнок 3.7 – Контролер IDEC FC6A



Рисуюнок 3.8 – Датчик руху фірми Ajax



Рисуюнок 3.9 – Локальна панель керування SR-2205N



Рисуюнок 3.10 – Принципова схема керування освітленням

3.4.3 Визначення теплового навантаження та проведення утеплення будівлі

Термічний опір будівлі розраховують з врахуванням фактичних геометричних розмірів, які можна визначити за допомогою вимірювань. Усі теплофізичні коефіцієнти, які будуть використовуватись в подальших розрахунках, взято з довідникової літератури [20].

Формула для розрахунку загального термічного опору:

$$R_c = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (3.2)$$

де δ_1 – товщина 1 шару;

δ_2 – товщина 2 шару;

δ_n – товщина n -го шару;

λ_1 – теплопровідність 1 шару;

λ_2 – теплопровідність 2 шару;

λ_n – теплопровідність n -го шару;

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої сторони будівлі, при наших

умовах враховуємо $\alpha_1 = 8,7 \frac{Вт}{м^2 \cdot K^\circ}$;

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі і з зовнішньої сторони будівлі, при наших

умовах враховуємо $\alpha_2 = 23 \frac{Вт}{м^2 \cdot K^\circ}$

Під час розрахунків необхідно окремо обчислити теплоопір стін, стелі, підлоги, даху та світлопрозорих конструкцій (вікон та дверей).

Стіни основної будівлі складаються з червоної цегли загальної товщиною 0,37 м, зовні вкритої шаром штукатурки та штукатурного декору, їх загальна товщина 0,04 м, з середини вони складаються з шару цементно-піщаної штукатурки 0,06 м.

Стіни додаткової будівлі складаються з шлакоблоків товщиною 0,2 м, з зовнішньої сторони утеплені шаром мінеральної вати товщиною 0,1 м, по

утеплювачі нанесений шар клею, сітки та виконана декоративна штукатурка з того самого матеріалу, загальна товщина складатиме 0,04 м.

Вікна в обох будівлях виконані з металопластику з подвійним склопакетом (формула склопакета 4М1-12- 4М1-12- 4і). Загальна площа вікон будівлі складає 38,5 м². Їх термічний опір складає 0,54 (м²·К)/Вт.

Дах будівлі складається з залізобетонних плит перекриття товщиною 0,15 м, а для зменшення тепловтрат зверху встелена рулонна скловата середньою товщиною 0,05 м.

Для кожного із вказаного вище матеріали знаходимо коефіцієнт теплопровідності та записуємо ці значення в таблицю 3.6.

Проводимо необхідні розрахунки теплоопору, результати заносимо в таблицю 3.7. Так само заносимо дані про мінімальні значення згідно ДБН, та виконуємо їх порівняння.

Опір теплопередачі стіни основної будівлі:

$$R_{co} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,37}{0,81} + \frac{0,1}{0,81} + \frac{1}{23} = 0,73$$

Опір теплопередачі стін додаткової будівлі:

$$R_{co} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{0,67} + \frac{0,1}{0,07} + \frac{0,04}{0,64} + \frac{1}{23} = 1,91$$

Таблиця 3.6 – Значення теплопровідності матеріалу та його товщина

№ п/п	Матеріал	Теплопровідність матеріалу, Вт/(м·К)	Товщина, м
1	Червона цегла	0,81	0,37
2	Цементно-піщана штукатурка	0,81	0,1
3	Шлакоблоки	0,67	0,2
4	Мінеральна вата (листова)	0,07	0,1
5	Залізобетонна плита	2,04	0,15
6	Фасадний клей із сіткою	0,64	0,04
7	Мінеральна вата (рулонна)	0,06	0,05

Опір теплопередачі даху обох будівель:

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,15}{2,04} + \frac{0,05}{0,06} + \frac{1}{23} = 1,07$$

Таблиця 3.7 – порівняння характеристик термічного опору

Огороджувальна конструкція	Опір теплопередачі, (м ² ·К)/Вт	
	Фактичний	Мінімальний (згідно ДБН) [20]
Стіни основної будівлі	0,73	4,00
Стіни додаткової будівлі	1,91	4,00
Дах обох будівель	1,07	6,00
М/п вікна будівель	0,54	0,9

Як можемо побачити із таблиці, необхідно проводити утеплення усіх конструкцій.

Для початку виберемо матеріал, який буде використовуватися при утепленні. Порівнювати будемо плити з пінополістиролу та плити з мінеральної вати. Порівняння проводимо по ключових властивостях таких як: звукоізоляція, теплопровідність, паропроникність, простота монтажу, стійкість до дії шкідників, термін служби утеплювача та ціна.

При порівнянні теплопровідності не можна встановити явного переможця, оскільки теплопровідність для пінопласту і мінераловатних плит становить приблизно 0,03-0,04 і складає похибку в районі кількох тисячних залежно від конкретного виду та товщини матеріалу. Стосовно звукоізоляції, то фасадна базальтова вата дуже добре поглинає всі шуми, а пінопласт може лише частково погасити зовнішні звуки, тому тут необхідно виділити саме мінеральну вату. При порівнянні вогнестійкості безпосередня перевага є у мінеральної вати, оскільки вона вогнестійка та не підтримує свого горіння, а пінопласт в свою чергу дуже легкозаймистий. При порівнянні паропроникності також потрібно віддати перевагу саме мінеральній ваті, оскільки вона має хорошу паропроникність, тому з часом в ній не буде з'являтися надлишкова вологість. Вата по стійкості до

шкідників також виграє, оскільки вона є непридатним середовищем для розмноження і життя будь-яких шкідників, а пінопласт якраз є сприятливим середовищем для мишей та щурів, які легко його прогризають та роблять в ньому гнізда. Стосовно монтажу важко надати перевагу якомусь із розглядуваних матеріалів, оскільки монтаж пінополістирольних блоків і блоків з мінеральною ватою не дуже відрізняється по особливостях встановлення. Термін служби для пінопластового покриття становить лише 10-15 років, в цей час як ці самі терміни для мінеральної вати становлять в районі 50 років. Якщо ж враховувати ціну на дані матеріали для утеплення, тут безпосередньо перевага в пінопласту, оскільки він може бути навіть в два рази дешевше ніж мінеральна вата.

Тому підсумовуючи усі вище наведені твердження, можна сказати, що перевага в пінополістирольних блоках лише в ціні, та відносно в простоті монтажу (незначна різниця), а мінеральна вата в свою чергу виграє у шумоізоляції, паропроникності, захищеності від шкідників та вогнестійкості. Тому для утеплення будівлі будемо використовувати саме мінеральну вату у вигляді плит для стін та у вигляді рулонного матеріалу для утеплення даху, оскільки в такому вигляді її буде легше змонтувати на горизонтальних площинах. Крім того, рулонна вата дещо дешевша, ніж вата у вигляді плит.

Почнемо утеплення із стін основної будівлі. Виберемо утеплювач товщиною 0,2 м, також потрібно врахувати шар клейового розчину, на який монтується вата, та який потрібно нанести після монтажу (також слід встановити фасадну сітку), а також фасадну декоративну штукатурку. Найбільш бюджетним варіантом буде нанесення декоративної штукатурки з того самого монтажного клею. Тому загальна товщина фасадного клею буде складати 0,06 м. Загальна структура стіни після утеплення наведена в таблиці 3.8

Опір теплопередачі стіни основної будівлі після утеплення:

$$R_{co} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,37}{0,81} + \frac{0,1}{0,81} + \frac{0,15}{0,07} + \frac{0,06}{0,64} + \frac{1}{23} = 3,7$$

Для стін додаткової будівлі докладемо ще 0,15 м утеплювача до вже існуючої, тому загальна товщина шару утеплювача буде складати 0,25 м:

$$R_{co} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{0,67} + \frac{0,25}{0,07} + \frac{0,04}{0,64} + \frac{1}{23} = 4,09$$

Таблиця 3.8 – Значення теплопровідність матеріалу стіни основної будівлі, після утеплення, та його товщина

№ п/п	Матеріал	Теплопровідність матеріалу, Вт/(м·К)	Товщина, м
1	Червона цегла	0,81	0,37
2	Цементно-піщана штукатурка	0,81	0,1
3	Мінеральна вата (листова)	0,07	0,15
4	Фасадний клей із сіткою	0,64	0,06

При утепленні стелі також встелемо додатковий шар мінеральної вати оптимальної товщини 0,3 м:

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,15}{2,04} + \frac{0,3}{0,06} + \frac{1}{23} = 5,23$$

Заміну склопакетів у вікнах проводити не будемо, оскільки це не вигідно з економічної точки зору, тим більше опір не набагато менший, ніж мінімально допустимий.

Для кращого розуміння економії енергоресурсів після проведення утеплення необхідно провести розрахунок тепловтрат через огорожувальні конструкції. Для цього скористаємося формулою (3.3).

$$Q = \sum k_i \cdot F_i (t_e - t_z) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot \eta \quad (3.3)$$

де k_i – коефіцієнт, враховуючий теплопередачу, $k_i = \frac{1}{R_i}$, Вт/(м²·К);

F_i – площа огорожуючих конструкцій, м²;

t_e – температура всередині приміщення, прийmemo $t_e = 18$ °С;

t_z – температура зовні приміщення, прийmemo $t_z = -22$ °С;

$\Sigma\beta$ - додаткові тепловтрати, при наших розрахунках приймаємо ці втрати рівні 0;

η – коефіцієнт положення зовнішньої поверхні, приймається рівний 1.

Розрахунок тепловтрат до утеплення та після розраховані та вказані в таблиці 3.9.

Приклад розрахунку покажемо для стін основної будівлі до проведення утеплення.

$$k_{\text{соду}} = \frac{1}{R_{\text{со}}} = \frac{1}{0.73} = 1.37$$

Для довгої стіни:

$$Q_{\text{соду}} = 1.37 \cdot (63 \cdot 2) \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 6905$$

Для короткої стіни:

$$Q_{\text{соду}} = 1.37 \cdot (26 \cdot 2) \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 2850$$

Відповідно проводимо розрахунки і для інших огорожувальних конструкцій.

Таблиця 3.9 – Тепловтрати через огорожувальні конструкції

Огороджувальна конструкція	Дані для розрахунку				Тепловтрати, Вт
	k , Вт/(м²·К)	F , м²	t_6 , °С	t_3 , °С	
До утеплення					
Стіни ОБ, довгі	1,37	126	18	-22	6905
Стіни ОБ, короткі	1,37	52	18	-22	2850
Стіни ДБ	0,53	90	18	-22	1908
Дах	0,93	300	18	-22	11160
Всього до утеплення					22823
Після утеплення					
Стіни ОБ, довгі	0,27	126	18	-22	1360
Стіни ОБ, короткі	0,27	52	18	-22	561
Стіни ДБ	0,24	90	18	-22	864
Дах	0,19	300	18	-22	2280
Всього після утеплення					5065

Згідно із розрахованими даними після проведення утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій тепловтрати через них зменшилися в 4,5 рази, що призведе до значної економії енергоресурсів.

Для вираховування річної економії енергії при проведенні утеплення розраховуємо за формулою (3.4).

$$\Delta Q_{\text{рік}} = (Q_{\text{до}} - Q_{\text{піс}}) \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}} \cdot n_0 \cdot 24 \cdot 10^{-3} \quad (3.4)$$

де $t_{\text{с.о.}} = -2$ °С для Тернопільської області [20];

n_0 – кількість опалювальних діб, для нашої області складає 184 доби;

$Q_{\text{до}}$ – тепловтрати до проведення утеплення;

$Q_{\text{піс}}$ – тепловтрати після проведення утеплення.

Дані з цього розрахунку вносимо в таблицю 3.10.

Економія теплової енергії з довгих стін основної будівлі:

$$\Delta Q_{\text{рік}} = (6905 - 1360) \cdot \frac{18 - (-0,2)}{18 - (-22)} \cdot 184 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 11145$$

Таблиця 3.10 – Розрахункова економія теплової енергії

Огороджувальна конструкція	Тепловтрати до утеплення, Вт	Тепловтрати після утеплення, Вт	Річна економія енергії, (кВт·год)/рік
Стіни ОБ, довгі	6905	1360	11145
Стіни ОБ, короткі	2850	561	4600
Стіни ДБ	1908	864	2098
Дах	11160	2280	17850
Разом	22823 (100%)	5064 (22,2%)	35693

3.4.4. Доцільність встановлення теплового насосу

Тепловий насос являє собою пристрій, який дає змогу використовувати термодинамічні процеси для переміщення енергії тепла від низькопотенційного джерела, такого як ґрунт, зовнішнє повітря або вода, до споживача, який має високу температуру. Для використання теплового насосу необхідна наявність зовнішньої енергії: механічної, електричної, хімічної або іншої. Насоси поділяються на два види залежно від принципу їх роботи: перший вид - це адсорбційні, другий - пароінжекторні. Також відбувається поділ залежно від природного джерела, з якого надходить тепло, це можуть бути: земля, підземні води, навколишнє повітря, а також тепловиділення в процесі роботи котла, теплостанції чи теплоцентралі.

Вибір теплового насосу відбувається в залежності від декількох факторів: площі опалення, електричної потужності пристрою, необхідної теплової потужності, коефіцієнту потужності, який вказує відношення виробленої енергії до витраченої електричної, зазвичай цей показник знаходиться в межах 4-5 одиниць. В нашому випадку, загальна площа опалення буде складати близько 200 м². Але для коректної роботи теплового насосу потрібно встановити спеціальну акумулюючу ємність, в яку буде надходити гаряча вода від насоса, що дає змогу використовувати гарячу воду влюбий час. Це пов'язано з тим, що тепловий насос не рекомендується для прямого використання в системах опалення, оскільки він не завжди має змогу видавати саме необхідну нам температуру, і важко здійснювати регулювання температури теплоносія.

У нашій будівлі встановлений газовий електричний котел номінальної потужністю близько 22 кВт і окремо встановлений бойлер потужністю 2 кВт для гарячого водопостачання в теплий період року. Отже, потрібно підібрати тепловий насос приблизно такої самої загальної потужності. Після перегляду усіх доступних варіантів зупинимо свій вибір саме на геотермальному тепловому насосі типу ґрунт-вода фірми Raymer Ray-25WW номінальною тепловою потужністю 25 кВт, який дозволяє здійснювати опалення площею до 250 м² [21].

Даний насос споживає близько 5 кВт електричної енергії в годину, проте коефіцієнт потужності його є досить високим і складає 4,4. Він показаний на рисунку 3.11.



Рисунок 3.11 – Геотермальний тепловий насос RAY-25WW ґрунт-вода, а) зовнішній вигляд, б) внутрішня будова

Також виберемо акумулюючу ємність, для економії коштів ємність беремо без внутрішнього теплообмінника але із збільшеним шаром утеплювача. Номінальний об'єм теплоакумулятора складатиме 1000 м³, це цілком задовольняє наші вимоги і відповідає загальному об'єму системи опалення. Теплоакумулятор виберемо фірми Alter (рисунок 3.12).

Циркуляційний насос залишимо той самий, який був до проведення заходів, оскільки його характеристики цілком задовольняють необхідні вимоги.

Економія при впровадженні цього заходу буде складатись в нульовому використанні природного газу при річному споживанні приблизно 3000 м³ і повний перехід на використання електроенергії. Враховуючи, що тепловому насосу не буде постійно працювати, оскільки в ньому буде встановлена автоматика, підключена до всіх датчиків в будівлі, яка враховує об'єм та температуру теплоносія в акумуляційні ємності і здійснюватиме керування насосами. Тому згідно з його характеристиками та вихідними даними нашої

системи, можна припустити, що його використання буде складати приблизно 10-12 годин на день в холодну пору року та приблизно 2-4 години в теплу пору. Тому враховуючи його потужність, споживання електроенергії буде складати приблизно 50 кВт год взимку та 10-15 кВт год влітку. Економічний ефект розрахуємо у відповідному розділі.



Рисунок 3.12 – Теплоаккумулятор ALNEP, об'ємом 1000 л.

3.4.5. Застосування сонячних панелей на даху будівлі

В наш час все більше можна зустріти сонячних електростанцій, які встановлені на даху будинку. Перевага цього методу полягає в економії земельної площі та відсутність затінення панелей будівлями і зеленими насадженнями. Доцільність встановлення панелей на дах залежить від направленості самого даху і його конструкційних особливостей. У нашій будівлі застосований звичайний двоскатний дах, тому монтаж панелей не буде складним, а оскільки дах ще й має гарну направленість стосовно сонячного випромінювання, то їх встановлення буде досить ефективним.

Впровадження такого заходу дозволить нам значною мірою зменшити можливі викиди парникових газів, зменшити залежність від постачальників електричної енергії та власне вартість комунальних послуг. Установка сонячної

електростанції на даху вимагає досить серйозних грошових вкладень, проте принесення дивідендів може бути досить значним, оскільки перспективи інвестицій в СЕС є досить надійними та довговічними, у той час як термін служби встановлених сонячних панелей складає близько 20-25 років і вимагає мінімальних витрат на їх обслуговування.

Сонячні панелі бувають двох видів: монокристалічні та полікристалічні. Переваги звичайно ж в монокристалічних, оскільки вони більш ефективніші, проте вони мають більшу собівартість на відміну від полікристалічних, які є дешевшими, але менше ефективними.

У нашому випадку буде вибирати саме монокристалічні панелі.

Загальна площа даху будівель складає близько 300 м² і по можливості будемо використовувати його по максимуму. На сонячну станцію потужністю 10 кВт потрібно площа близько 70 кв.м, тому в нашому випадку можна встановити сонячної станції потужністю близько 20 кВт, що буде займати 140-150 м² даху і буде складатись з 80 модулів. Також для коректної роботи всієї системи необхідно буде встановити інвертор для сонячних панелей, який поєднує в собі функції керування системою.

Сонячні панелі візьмемо фірми Canadio Solar (рисунок 3.13). Інвертор використаємо фірми Deye Sun на номінальну потужність 20 кВт (рисунок 3.14).

Отже, загальна потужність нашої сонячної станції складатиме близько 20 кВт, цей показник залежить від погодних умов, а оскільки в будівлі немає потреби в настільки великому споживанні, залишки виробленої електроенергії будемо віддавати в мережу для її підсилення. Продаж електроенергії державі здійснюється згідно з зеленим тарифом. Економічний ефект впровадження та розрахунок доцільності впровадження виконаємо в наступному розділі.



Рисунок 3.13 – Сонячні панелі
Canadian Solar



Рисунок 3.14 – Інвертор Deye SUN-
20K

3.5 Економічний розрахунок впроваджених заходів

Економічний ефект впровадження заходів по збільшенню енергоефективності будемо проводити для кожного із заходів окремо

Модернізація системи освітлення. Економічний ефект впровадження даного заходу не є суттєвим, оскільки він спрямований здебільшого на відповідність нормативно-правових документів та норм. Загальна потужність світлових приладів після впровадження заходу складатиме близько 2 кВт, якщо відбувається одночасне включення всіх світлових приладів. До впровадження заходу потужність всіх ламп, здебільшого розжарення, складе також близько 2 кВт. Тому загальне споживання на освітлення не зміниться, але це буде при умові роботи усіх світлових приладів на номінальну потужність. Тому передбачена можливість вмикання не всіх світлових пристроїв, а лише половину з них. Економічний ефект для цього заходу розраховувати не потрібно, оскільки він буде

приблизно дорівнювати нулю. Але цей захід ми виконували для забезпечення виконання нормативних вимог щодо освітлення закладів охорони здоров'я.

Аналогічний ефект буде спостерігатися і для систем автоматичного кварцування та елементів розумного керування, оскільки він був проведений згідно забезпечення відповідності норм, які встановлені, для амбулаторій. Потужність бактерицидного випромінювача до впровадження закладів складає 100 Вт, а після впровадження ми використовуємо чотири випромінювача по 30 Вт. Тому розрахунок економічного ефекту також вважається недоцільним, оскільки споживана потужність до впровадження заходу є меншою, ніж після його впровадження. З позитивних чинників вважається одночасне проведення кварцування у всіх необхідних приміщеннях, зменшення навантаження на один випромінювач, економія на заміну окремого малопотужного пристрою при виході його з ладу.

Стосовно заходів по впровадженню утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій, тут потрібно робити розрахунки, оскільки тепловтрати після проведення заходів стосовно утеплення будуть в 4,5 рази менше, ніж до впровадження даних заходів. А річна економія енергії на опалення будівель складе близько 35 693 кВт·год/рік, тому проведемо розрахунок річної економії в грошовому еквіваленті.

Враховуючи тариф на газопостачання, $C=7,99$ грн., економія коштів по впровадженню утеплення будівлі складатиме:

$$E_i = \Delta Q_i \cdot C \quad (3.5)$$

Тому отримані значення економії енергоресурсів запишемо в таблиці 3.11.

Враховуючи затрати на виконання утеплення, які складають 1110 грн за м² на утеплення стін та 850 грн за м² даху, загальні витрати на впровадження заходу буде складати 300 000 грн за утеплення стін, та 255 000 грн. за утеплення даху будівель, отже сумарна сума впровадження заходу буде складати 555 000 грн. Термін окупності складатиме приблизно 2 роки. Отже впровадження даного заходу є доцільним.

Таблиця 3.11 – Економічний ефект економії енергоресурсів

Огороджуюча конструкція	Різниця економія енергоресурсів, (кВт·год)/рік	Економія грошових коштів, грн.
Стіни ОБ, довгі	11145	89050
Стіни ОБ, короткі	4600	36754
Стіни ДБ	2098	16763
Дах	17850	142621
Всього	35693	285188

Після впровадження заходів по встановленню теплового насосу замість існуючого газового котла проведемо розрахунок річної економії енергоресурсів, оскільки спочатку було використання природного газу для систем опалення будівлі, а опісля використання електричної енергії для цього самого опалення, та розрахуємо щорічну економію коштів та термін можливої окупності даного заходу.

Витрати на опалення будівлі до встановлення теплового насосу складатиме приблизно 24 000 грн на рік. Сума впровадження даного заходу складатиме 200 000 грн. Термін окупності даного заходу становитиме 8,34 року. Цей захід також є доцільним.

Аналогічно розрахуємо і встановлення сонячних панелей на даху будівлі, оскільки крім того, що цей захід дозволяє нам економити споживання електричної енергії на потреби будівлі, він також дозволяє нам продавати залишки виробленої електроенергії в мережу згідно із встановленим зеленим тарифом, що робить даний захід ефективним. Загальні витрати, які необхідні для впровадження даного заходу, складатимуть 327 600 грн. Економія коштів складатиме 30 240 грн за рахунок економії споживання електроенергії, та 86 100 грн за продаж залишків електроенергії по зеленому тарифу. Отже, сумарний прибуток складатиме 116 340 грн. Термін окупності цього заходу складатиме 2,75 років. Захід є доцільним.

Отже всі запропоновані заходи є доцільними для використання.

3.6 Висновки до розділу 3

1. Приведено опис будівлі, в якій проводиться енергоаудит, з вказанням експлікації усіх приміщень основної будівлі та будівлі швидкої допомоги.
2. Проведений опис інженерних мереж будівель з вказанням їх особливостей та призначення.
3. Проаналізована динаміка споживання паливно-енергетичних ресурсів будівлі впродовж останніх трьох років.
4. Розроблено заходи по збільшенню енергоефективності будівлі:
 - розроблено заходи з модернізації системи освітлення для забезпечення нормативних вимог;
 - розроблено заходи з автоматичного проведення кварцування в будівлях приміщеннях та впровадження елементів розумного керування освітлення даних будівель;
 - визначено теплові навантаження та теплові втрати кожної з огорожуючих конструкцій будівлі та розраховано необхідну товщину та матеріал утеплення;
 - розглянуто доцільність встановлення теплового насосу в будівлі на заміну діючому газовому котлу, вибраний тип та марка теплового насосу згідно вхідних даних;
 - розрахована необхідна кількість сонячних панелей, яку можна встановити на дахи будівель.
5. Проведено розрахунки економічного ефекту впровадження запропонованих заходів із підвищення енергоефективності будівлі амбулаторії.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Причини ураження електричним струмом в приміщеннях закладів охорони здоров'я

Заклади охорони здоров'я, зокрема амбулаторії, характеризуються підвищеним рівнем ризику ураження електричним струмом через специфіку використовуваного обладнання, наявність вологих зон та пацієнтів із ослабленим здоров'ям. Виявлення причин таких інцидентів є важливим для забезпечення електробезпеки персоналу та пацієнтів.

Основні причини ураження електричним струмом:

- Несправне електрообладнання. У закладах охорони здоров'я використовується широкий спектр медичних приладів, які працюють від електромережі. Несправності, такі як пошкодження ізоляції, вихід з ладу деталей або неправильне заземлення, можуть стати причиною ураження електричним струмом.

- Відсутність або несправність системи заземлення. Система заземлення є ключовим елементом електробезпеки. Її відсутність або несправність може призвести до накопичення небезпечної напруги на корпусах приладів, що створює ризик ураження персоналу чи пацієнтів.

- Контакт з електропроводкою. Пошкоджені або неізольовані електропроводи, які перебувають у зоні доступу, можуть стати причиною випадкового контакту. Це особливо небезпечно в приміщеннях з високою вологістю, наприклад, у процедурних кабінетах чи санітарних вузлах.

- Помилки персоналу. Неправильна експлуатація обладнання, нехтування інструкціями з безпеки або проведення технічного обслуговування без відключення живлення можуть стати причинами ураження струмом.

- Вплив несприятливих умов середовища. У приміщеннях амбулаторій часто спостерігається підвищена вологість або наявність води, що

значно підвищує провідність електричного струму. Такі умови збільшують ризик ураження при контакті з електропристроями.

– Використання несертифікованого обладнання. Установлення або використання обладнання, яке не відповідає стандартам безпеки, може призвести до виникнення небезпечних ситуацій.

Ураження електричним струмом може мати серйозні наслідки, включаючи:

- опіки;
- порушення серцевого ритму (фібриляція);
- зупинку дихання;
- летальні випадки. Для пацієнтів з ослабленим станом здоров'я ризик ускладнень значно вищий.

Заходи попередження:

– Регулярна перевірка обладнання. Проводити планові перевірки технічного стану медичних приладів. Замінювати або ремонтувати обладнання з найменшими ознаками несправності. Впроваджувати системи моніторингу стану електричних приладів;

– Контроль заземлення. Перевіряти систему заземлення кожні 6-12 місяців спеціалізованими службами. Встановлювати пристрої захисного відключення (ПЗВ), які автоматично розривають ланцюг при виникненні небезпечної напруги. Здійснювати регулярний моніторинг опору заземлюючих контурів;

– Навчання персоналу. Організовувати обов'язкові інструктажі з електробезпеки для всіх працівників. Розробляти і впроваджувати програми навчання для медичного персоналу з акцентом на правильну експлуатацію обладнання. Практикувати симуляційні вправи для дій у випадку аварійної ситуації;

– Обмеження доступу до електрообладнання. Використовувати спеціальні захисні кожухи та ізоляцію для електропроводки. Встановлювати розетки та вимикачі з захисними кришками в зонах доступу пацієнтів.

Розміщувати попереджувальні знаки у місцях можливого контакту з електрообладнанням;

- Встановлення обладнання відповідно до стандартів. Використовувати лише сертифіковане обладнання, яке відповідає вимогам національних та міжнародних стандартів. Залучати кваліфікованих спеціалістів до встановлення та налаштування обладнання. Забезпечувати відповідність електричних мереж поточному навантаженню від медичних приладів;

- Удосконалення вентиляції та ізоляції приміщень. Забезпечувати ефективну вентиляцію для зменшення вологості в приміщеннях. Використовувати матеріали з високими ізоляційними властивостями для підлоги, стін і стелі;

- Екстрені заходи безпеки. Оснащувати приміщення медичних закладів аварійними кнопками відключення живлення. Розміщувати інструкції та обладнання для надання першої допомоги при ураженні струмом у доступних місцях.

Ураження електричним струмом у приміщеннях амбулаторій є серйозною загрозою, яка потребує комплексного підходу до її запобігання. Виявлення основних причин, забезпечення регулярного обслуговування обладнання та навчання персоналу є ключовими кроками для забезпечення безпечного середовища як для пацієнтів, так і для працівників закладів охорони здоров'я.

4.2 Антибактеріальна обробка приміщень

У закладах охорони здоров'я щодня перебувають люди з різними захворюваннями, частина з яких може передаватися повітряно-крапельним шляхом. Для запобігання поширенню інфекцій серед здорових людей важливо регулярно проводити антибактеріальну обробку приміщень у лікарнях, поліклініках та амбулаторіях.

Антибактеріальна обробка спрямована на знищення патогенних мікроорганізмів, які можуть перебувати на поверхнях, у повітрі чи воді. Основні методи:

Механічна обробка з використанням дезінфікуючих засобів. Цей метод включає регулярне миття поверхонь (підлоги, меблів, обладнання) спеціальними дезінфікуючими розчинами. Особлива увага приділяється обробці часто використовуваних поверхонь, таких як дверні ручки, столи, медичні інструменти. Розчини вибирають залежно від типу оброблюваних поверхонь і спектру дії засобу (проти вірусів, бактерій чи грибків).

Використання антибактеріальних ламп. Бактерицидні лампи застосовуються для знезараження повітря і поверхонь у приміщеннях. Вони випромінюють ультрафіолетове світло, яке руйнує ДНК мікроорганізмів, ефективно знищуючи бактерії, віруси та грибки. Лампи можуть працювати у двох режимах:

Пряме опромінення (відкриті лампи): підходить для обробки порожніх приміщень, оскільки випромінювання є шкідливим для людей;

Рециркуляторний режим (закриті лампи): очищення відбувається у закритому корпусі за допомогою вентилятора, і під час роботи люди можуть залишатися в приміщенні.

Тривалість роботи лампи визначається інструкцією та розміром приміщення. Наприклад, для кімнати площею 20 м² обробка може тривати від 15 до 30 хвилин.

Дезінфекція води. У лікувальних закладах також важливо забезпечувати якість питної та технічної води. Для цього використовуються спеціальні бактерицидні установки, які нейтралізують патогенні організми.

Додаткові заходи, до яких відносять: підтримка оптимального рівня вологості та провітрювання приміщень після завершення обробки та використання одноразових матеріалів (серветок, рукавичок) для зменшення ризику повторного забруднення.

Ефективна дезінфекція знижує ризик поширення інфекцій, особливо в умовах епідемій. Це не лише захищає пацієнтів та персонал, а й мінімізує економічні витрати на лікування інфекційних захворювань.

Бактерицидні лампи, є безпечнішими для людини за правильного вибору і використання. Завдяки спеціальним покриттям (наприклад, із оксиду титану), їхні колби блокують шкідливі озонові промені, що забезпечує ефективну і безпечну роботу. Такі лампи можуть бути використані для дезінфекції повітря, води, поверхонь, медичних інструментів та інших об'єктів. Їх широко застосовують у медичних закладах, дитячих установах, харчовій промисловості та навіть у домашніх умовах.

Антибактеріальні лампи поділяються на відкритого і закритого типу.

Лампи відкритого типу (рисунок 4.1) здійснюють пряме опромінення, через що людям не рекомендується перебувати в приміщенні під час обробки.

Закриті лампи (рециркулятори) (рисунок 4.2) забезпечують безпечну дезінфекцію навіть у присутності людей, хоча їхнім недоліком є неможливість одночасної обробки великих приміщень.



Рисунок 4.1 – Бактерицидна лампа відкритого типу



Рисунок 4.2 – Бактерицидна лампа закритого типу

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Визначено основні вимоги для енергоефективності закладів лікування та амбулаторії безпосередньо. Всі вимоги взяті згідно із: ДБН В.2.2-10:2022, ДБН 1.2-11:2022 та ДБН 2.5-28:2022.

2. Встановлені особливості, які виникають при визначенні рівня енергоефективності будівлі. Вибрано та описано методики для проведення розрахунку енергоефективності будівель, визначено вхідні та вихідні дані розрахунків за різними методиками. Зазначено дані, які необхідно визначити для кожної з інженерних систем будинку перед початком розрахунку.

3. Визначені умови для визначення економічної доцільності при впровадженні заходів, які спрямовані на підвищення енергоефективності в закладах охорони здоров'я. Описаний алгоритм оцінюванні реалізації даних засобів та заходів.

4. Проаналізовано групи енергозберігаючих заходів, встановлено їх переваги та недоліки.

5. Проведений опис інженерних мереж будівель з вказанням їх особливостей та призначення.

6. Проаналізована динаміка споживання паливно-енергетичних ресурсів будівлі впродовж останніх трьох років.

7. Розроблено заходи по збільшенню енергоефективності будівлі:

- розроблено заходи з модернізації системи освітлення для забезпечення нормативних вимог;
- розроблено заходи з автоматичного проведення кварцування в будівлях приміщеннях та впровадження елементів розумного керування освітлення даних будівель;
- визначено теплові навантаження та теплові втрати кожної з огорожуючих конструкцій будівлі та розраховано необхідну товщину та матеріал утеплення;

- розглянуто доцільність встановлення теплового насосу в будівлі на заміну діючому газовому котлу, вибраний тип та марка теплового насосу згідно вхідних даних;

- розрахована необхідна кількість сонячних панелей, яку можна встановити на дахи будівель.

8. Проведено розрахунки економічного ефекту впровадження запропонованих заходів із підвищення енергоефективності будівлі амбулаторії.

9. Розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 801 від 29.07.2016. Положення про амбулаторію. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1168-16#Text>.
2. ДБН В2.2-10:2022. Заклади охорони здоров'я.– К.: Мінрегіон України, 2022.– 67 с.
3. ДБН В1.2-11:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність.– К.: Мінрегіон України, 2021.– 112 с.
4. ДБН В2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель.– К.: Мінрегіон України, 2022.– 86 с.
5. Наказ Міністерства юстиції України №260 від 27.10.2020. Про затвердження Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20#Text>.
6. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.– К.: Мінрегіон України, 2013.– 135 с.
7. ДБН В.2.5 – 28 – 2018. Природне і штучне освітлення.– К.: Мінрегіон України, 2018.– 137 с.
8. Каталог продукції для офісного освітлення ТОВ “ОСП Корпорація ВАТРА”. URL: <https://vatra.ua/ukr/office-lighting>.
9. Теравський П. А. Проектування освітлення Білобожницької амбулаторії загальної практики : кваліфікаційна робота бакалавра за спеціальністю "141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / П. А. Теравський. – Тернопіль: ТНТУ, 2023. – 54 с.
10. “Енергоефективність медзакладу: як підвищити.” URL: <https://medplatforma.com.ua/article/1672-energoefektivnst-medzakladu-yak-pdvishchiti>.
11. “10 кроків на шляху до енергоефективності в промисловості” URL: <https://ukraine-oss.com/10-kroktiv-na-shlyahu-do-energoefektyvnosti-v-promyslovosti/>.

12. “Абетка енергоефективності для лікарень”
URL:https://www.viamedica-stiftung.de/fileadmin/user_upload/Materialien/enegiesparfibel_ukrainisch_web.pdf.
13. Курс лекцій з дисципліни “Енергетичний менеджмент” для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Уклад.: К.М. Козак – Тернопіль: ТНТУ 2020 – 146 с.
14. Правила улаштування електроустановок. – К.: Мінрегіонвугілля України, 2017. – 617 с.
15. ДВО20У, ДПО20У, ДСО20У Юпітер-LED-панель. URL: [http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/office/VATRA-2021-UKR_DVO20U-DPO20U-DSO20U_\(Jupiter-LED-panel\).pdf](http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/office/VATRA-2021-UKR_DVO20U-DPO20U-DSO20U_(Jupiter-LED-panel).pdf)
16. ДСП65В URL: http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DSP65V.pdf
17. ДББ28У СЕЛЕНА-LED-M. URL: [http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-2018-UKR_DBB28U\(SELENA-LED-M\).pdf](http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-2018-UKR_DBB28U(SELENA-LED-M).pdf)
18. ДВО27У Юпітер-LED-2. URL: [http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/office/VATRA-2018-UKR_DVO27U_\(Jupiter-LED-2\).pdf](http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/office/VATRA-2018-UKR_DVO27U_(Jupiter-LED-2).pdf)
19. “Бактерицидні лампи у ЗОЗ: види, особливості застосування”. URL:<https://medplatforma.com.ua/article/411-bakteritsidn-lampi-ta-h-zastosuvannya-u-medichnih-zakladah>.
20. ДСТУ EN ISO 52017-1:2023 Енергоефективність будівель. Навантаження за явною та прихованою теплою і внутрішні температури. Частина 1. Загальні методики розрахунку (EN ISO 52017-1:2017, IDT; ISO 52017-1:2017, IDT) – К.: Мінрегіон України, 2023.– 68 с.
21. Геотермальний тепловий насос Raymen RAY-25WW ґрунт-вода 380V URL:<https://sils.in.ua/product/ray-25ww/?srsltid=AfmBOorFmWB1KYgfnA5NXJADdEOfp0sYzOb7GiysNkRdlMJhV9zD42OEXil>.

22. Теплоаккумулятор без теплообмінника з утеплювачем ALTEP
URL:https://tverdotop.com/teploakkumuljatory/teploakkumulyator_altep_bez_teploobmennika.

23. Монокристалічна сонячна панель Canadian Solar
URL:https://uvas.kiev.ua/ru/products/monokristalichna-sonyachna-panel-canadian-solar-555w-hiku6-cs6w-555ms?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=shoping&utm_content=725634577914&utm_term=&gad_source=1&gclid=CjwKCAiA34S7BhAtEiwACZzv4ZqFshl9UwA8SiinMfj7IUfH0g9ZxhjzTJVNkuE1haenkHFcCcueERoCwZYQAvD_BwE.

24. Мережевий інвертор 20 кВт трифазний, 380V/50hz, з обмеженням перетоків Deye SUN-20K-G04 URL:https://deye-ukraine.com/merezhevyi-invertor-20-kvt-tryfaznyi-380v-50hz-z-obmezhenniam-peretokiv-deye-sun-20k-g04/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA34S7BhAtEiwACZzv4eNX_98_CQDXUHTzXfWzG31_Ww2QFssgTA92htcRyjaWusnbc1IRRxoCKugQAvD_BwE.

25. Інтелектуальна система управління внутрішнім світлодіодним освітленням.
URL:<https://www.sea.com.ua/ua/svetodiodnaya-produktsiya/news/intelektualna-sistema-upravlinna-vnutrisnim-svitlodiodnim-osvitlennam/>.

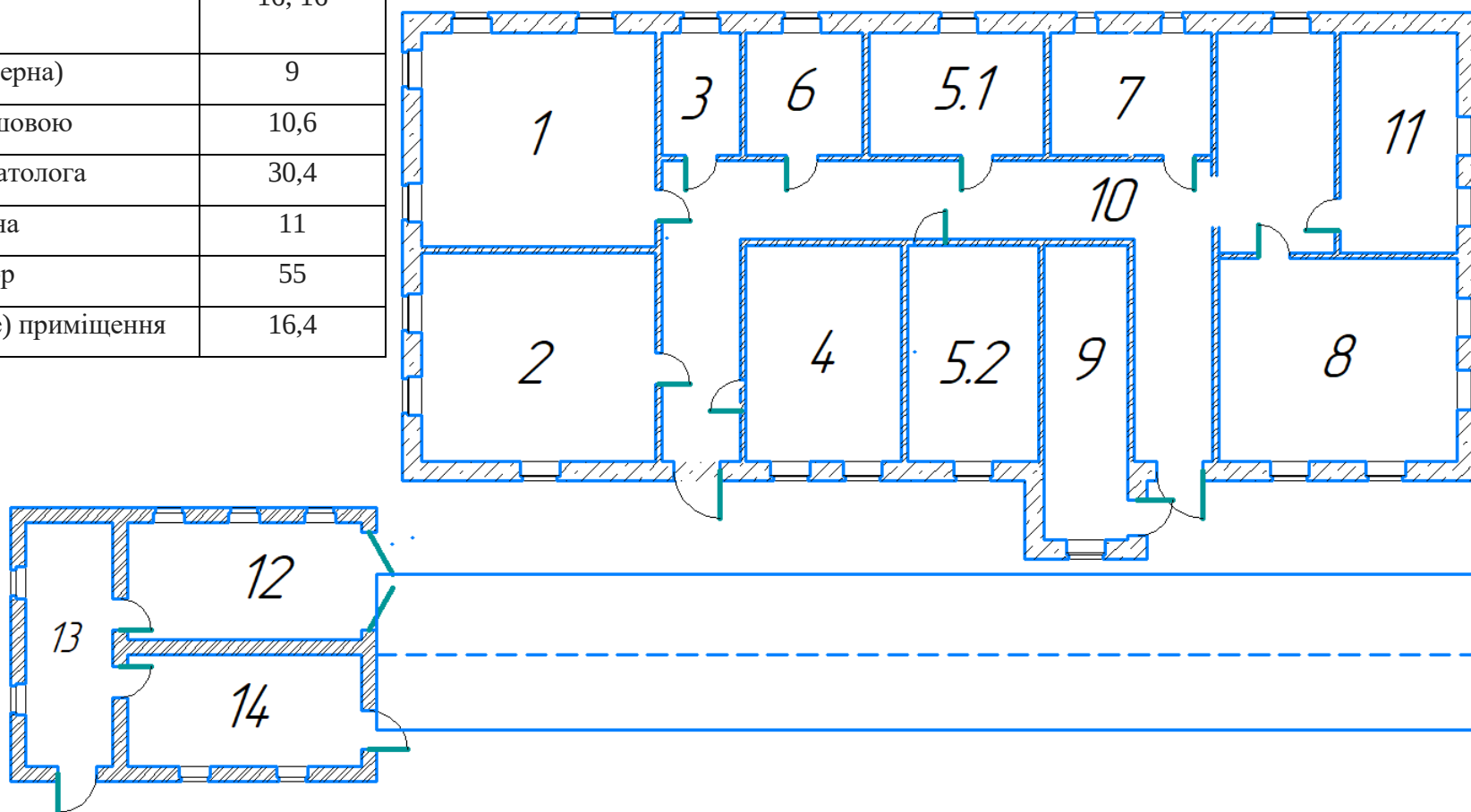
26. Запобігання ураженню електричним струмом в закладах охорони здоров'я. URL:<https://studfile.net/preview/5470308/page:81/>

27. Козак К. Системи інтелектуального вуличного освітлення для розумних міст / Козак Катерина, Тарасенко Микола, Петро Травський // Міжнародна науково-практична конференція «Інноваційні технології в світлотехніці та електроенергетиці» / Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, Харків, 16–17 травня 2024 р. Харків: ХНУМГ ім.О.М.Бекетова, 2024. С.76-77.

Додаток А – Розміщення приміщень в будівлях, будівель на території амбулаторії, та їх експлікація.

№ п/п	Призначення	Площа, м ²
Основна будівля		
1	Кабінет денного стаціонару	30,4
2	Лабораторія	30,4
3	Кабінет прийому аналізів	6
4	Маніпуляційна	21,5
5.1; 5.2	Кабінет прийому сімейного лікаря (2шт)	16; 16
6	Архів (серверна)	9
7	Туалет з душовою	10,6
8	Кабінет стоматолога	30,4
9	Котельна	11
10	Коридор	55
11	Технічне (складське) приміщення	16,4

№ п/п	Призначення	Площа, м ²
Будівля швидкої допомоги		
12	Гараж для зберігання автомобіля швидкої допомоги	16
13	Кімната відпочинку виїзної бригади	13,675
14	Приймально-оглядовий бокс	17,2



Додаток Б – Вигляд та характеристики світлових приладів, які використовуються для модернізації системи освітлення.

Вигляд світлових приладів



ДВО20У Юпітер-LED-панель



ДСП65В



ДББ28У Селена-LED-M



ДВО27У Юпітер-LED-2

Характеристики світлових приладів

Технічні характеристики	Тип світлового приладу			
	ДВО20У Юпітер- LED- панель	ДСП65В	ДББ28У Селена- LED-M	ДВО27У Юпітер- LED-2
Потужність, Вт	36, 45	25 – 100	8 – 20	16, 33
Світловий потік, лм	4320, 5400	3375 – 13500	960 – 2400	2080, 4290
Світлова віддача, лм/Вт	120	135	120	130
Тип кривої сили світла	Д	60°(К), 90°(Г), 120°(Л)	Д	Д
Колірна температура, К	4000, 6000	4000	4000	3000, 4000
Коеф. активної потужності	0,95	0,95	0,95	0,95
Ступінь пило-вологозахисту	IP20	IP65	IP65	IP20

Додаток В - Результати світлотехнічного розрахунку системи освітлення амбулаторних приміщень.

№ на плані	Призначення	Площа, м ²	Світлові прилади	Потужність одного світлового приладу, кВт	Кількість	Загальна потужність ОУ, кВт
1	Денний стаціонар	30,4	ДВО20У-36-021 Юпітер-LED-панель	0,036	2	0,072
2	Лабораторія	30,4	ДВО20У-45-012 Юпітер-LED-панель	0,045	9	0,405
3	Кабінет прийому аналізів	6	ДВО20У-36-021 Юпітер-LED-панель	0,036	1	0,036
4	Маніпуляційна	21,5	ДВО20У-36-021 Юпітер-LED-панель	0,036	6	0,216
5.1; 5.2	Кабінет сімейного лікаря	16; 16	ДВО20У-45-012 Юпітер-LED-панель	0,045	2	0,09
6	Архів (серверна)	9	ДСП65В-25-103 У2	0,025	1	0,025
7	Туалет з душовою	10,6	ДББ28У-10-025 У3 Селена-LED-М	0,010	4	0,04
8	Кабінет стоматолога	30,4	ДВО20У-36-021 Юпітер-LED-панель	0,036	9	0,324
9	Котельна	11	ДСП65В-25-103 У2	0,025	2	0,05
10	Коридор	55	ДВО27У-16-001 Юпітер-LED-2	0,016	8	0,128
11	Технічне (складське) приміщення	16,4	ДВО20У-36-021 Юпітер-LED-панель	0,036	1	0,036
12	Гараж для зберігання автомобіля швидкої допомоги	16	ДСП65В-25-103 У2	0,025	3	0,075
13	Кабінет виїзних бригад	13,675	ДВО20У-36-021 Юпітер-LED-панель	0,036	2	0,072
14	Приймально-оглядовий бокс	17,2	ДВО20У-36-021 Юпітер-LED-панель	0,036	6	0,216
Загальна потужність світлових приладів:						2,032