

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Фізико-технічний інститут  
Факультет будівництва, архітектури та дизайну  
(повне найменування інституту, факультету)

Будівельного виробництва та управління проектами  
(повне найменування кафедри)

**Пояснювальна записка**

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на тему Аналіз та оцінка енергоефективних заходів при енергетичній  
сертифікації будівель на прикладі навчального корпусу НУ «Запорізька  
політехніка»

Виконав: студент(ка) б курсу, групи БАД-118м

Спеціальності 192 Будівництво та цивільна  
інженерія  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація) Промислове  
та цивільне будівництво

Волкова О.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Кулік М.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Кадоркін Д.В.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**  
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Фізико-технічний, Будівництва, архітектури та дизайну  
 Кафедра Будівельного виробництва та управління проектами  
 Ступінь вищої освіти другий (магістерський)  
 Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія  
 (код і найменування)  
 Освітня програма (спеціалізація) Промислового та цивільного будівництва  
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри БВУП  
 \_\_\_\_\_ пр. ф., д.т.н. Догенко В.І.  
 «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)**

Болкова Олександра Михайлівна  
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Формування моделей оцінки енергоефективності на прикладі існуючої будівлі 3-го корпусу Національного університету «Запорізька політехніка» в місті Запоріжжя

керівник проекту (роботи) Кулік Михайло Валерійович, к.т.н., доцент,  
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «11» жовтня 2019 року № 313

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 12 грудня 2019 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) завдання на проектування, кліматичні та геологічні умови, місце забудови, функціональне призначення будівлі, територіальне місцезнаходження будівлі, нормативні вимоги до будівництва згідно існуючого законодавства.

4. Зміст розрахунково-обчислювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Сучасний стан проблеми та постановка цілей дослідження, теплові втрати через огорожу зальні конструкції. Аналіз та розрахунки.

Характеристика об'єкту дослідження,  
Організаційно-технологічний,  
охорона праці в будівництві  
науково-дослідний розділ магістерського дослідження

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
Сучасний стан проблеми та постановка цілей дослідження. - 4 арк. А1 (плани, фасади, фото існуючого стану об'єкту),  
науково-дослідний розділ магістерського дослідження- 8 арк. А1 (дві технологічні карти, будгеплан, два сітєвих графіка, 3 арк. дослідної частини)

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Сучасний стан проблеми та постановка цілей дослідження	Кулік М.В., к.т.н., доцент		
Теплові втрати через огорожувальні конструкції. Аналіз та розрахунки	Кулік М.В., к.т.н., доцент		
Характеристика об'єкту дослідження.	Кулік М.В., к.т.н., доцент		
Економіка будівництва	Доненко І.В., к.т.н., доцент		
Охорона праці будівництва	Якімцов Ю.В., к.т.н., доцент		
Науково-дослідний розділ магістерського дослідження	Кулік М.В., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання «03 жовтня 2019 року».

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Розділ сучасний стан проблеми та постановка цілей дослідження	18.10.2019	
2	Розділ теплові втрати через огорожувальні конструкції. Аналіз та розрахунки	01.11.2019	
3	Розділ характеристика об'єкту дослідження.	15.11.2019	
4	Розділ організаційно-технологічний	15.11.2019	
5	Розділ з охорони праці	22.11.2019	
6	Науково-дослідний розділ магістерського дослідження	06.12.2019	
	Попередній захист	13.12.2019	

Студент(ка)

(підпис)

Волкова О.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Кулік М.В.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

**Структура та обсяг роботи.** Робота являє собою наукове дослідження, а також включає в себе вирішення інженерних задач на прикладі третього корпусу НУ «Запорізька політехніка» в м. Запоріжжя. Робота складається із вступу, шести розділів (Шостий розділ наукові дослідження, інші – вирішення інженерних задач), висновків, списку використаних джерел та додатків.

**Методи дослідження** - Аналіз і узагальнення вітчизняних та зарубіжних наукових праць, законодавчих актів та нормативних документів, методологічних підходів до визначення факторів які впливають на енергетичні витрати будівель для виявлення особливостей та систематизації даних формування енергетичних витрат. Побудова архітектурної моделі на базі існуючої будівлі та створення на її основі моделі розрахунків з енергоспоживання будівлі. Аналіз отриманих даних.

**Об'єкт дослідження** - енергетичні витрати при експлуатації будівлі.

**Предмет дослідження** - підходи і методи підвищення ефективності та кількісної оцінки факторів із зменшення енергоінтенсивності будівлі.

**Актуальність теми** - Відсутність ґрунтового підходу та інструментів, які можуть дозволити провести аналіз та виміряти ефективність варіантів організації зменшення енергоспоживання будівлею з врахуванням сучасних економічних умов.

**Ключові слова:** енергоефективність, термомодернізація, теплові втрати.

## ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. ....	11
СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПОСТАНОВКА ЦІЛЕЙ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	11
1.1 Енергозбереження в Україні.....	11
1.2 Аналіз існуючого досвіду тепло модернізації (або теплових витрат) на прикладі існуючих будинків.....	17
1.3 Законодавчо-нормативна база стосовно енергоефективності .....	27
1.4 Прилади, методи визначення характеристик будівель під час енергозбереження.....	45
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ .....	52
РОЗДІЛ 2. ....	53
ТЕПЛОВІ ТРАТИ ЧЕРЕЗ ОГороДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ. АНАЛІЗ ТА РОЗРАХУНКИ .....	53
2.1 Теплові втрати через огороджувальні конструкції. Аналіз та розрахунки	53
2.2. Методи оцінки теплозахисних властивостей огороджувальних конструкцій .....	61
2.3. Аналіз та оцінка програмних продуктів з енергоефективності .....	66
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ .....	87
РОЗДІЛ 3. ....	88
ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ОБСТЕЖЕННЯ.....	88
3.1 Відомості про 3-й корпус Національного університету «Запорізька політехніка».....	88
3.2 Нормативні кліматичні показники та умови мікроклімату .....	92
3.3 Аналіз споживання паливно-енергетичних ресурсів .....	93
3.4. Витрати на паливо-енергетичні ресурси.....	95
3.5. Розрахунок теплопередачі .....	95
3.6. Характеристики теплопередачі трансмісії.....	98

	6
3.7 Теплонадходження від людей, освітлення та обладнання .....	98
3.8 Визначення класу енергоефективності будівлі .....	99
3.9 Заходи з підвищення енергоефективності .....	101
3.10 Оцінка рентабельності .....	108
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ .....	109
РОЗДІЛ 4. ....	111
ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ .....	111
4.1 Технологічна карта на обладнання навісного вентиляційного фасаду .....	111
4.2 Технологія й організація виконання робіт .....	112
4.3 Монтаж системи вентиляційних фасадів .....	114
4.4 Транспортування й складування виробів і матеріалів .....	117
4.5 Основні заходи щодо техніки безпеки .....	119
РОЗДІЛ 5. ....	124
ОХОРОНА ПРАЦІ .....	124
5.1 Аналіз потенційних небезпек .....	124
5.2 Заходи з техніки безпеки .....	125
5.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці .....	128
5.4 Заходи з пожежної безпеки .....	133
5.5 Заходи на забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях .....	133
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ .....	137
ВИСНОВОК .....	137
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	140

## ВСТУП

### Актуальність проблеми

Питання енергетики може стати одним із основних «вузьких місць» для економічного та соціального розвитку протягом наступних десятиріч. Це відображається у зростанні цін на енергоносії. Подальше нерациональне використання енергоносіїв стає ще більш очевидним на фоні зростання шкоди, що завдається навколишньому середовищу. Тому, населення та компанії, а також все суспільство повинні бути зацікавлені в ощадливому споживанні енергоносіїв та ефективному використанні природних ресурсів.

Підвищення енергоефективності, тобто зменшення обсягу енергоносіїв, що використовується для виробництва певної кількості товарів і послуг, стало головним предметом енергетичної та економічної політики багатьох держав. Проте, показник енергоемності значно коливається між різними країнами. Але, чи досягли політики прогресу у підвищенні енергоефективності економіки? Емпіричні факти свідчать, що українські споживачі і компанії нерационально витрачають енергоносії. Зокрема енергоемність української економіки є у 3,8 рази більшою, ніж у країнах Європейського Союзу.

З початком 1970-х років, багато країн впроваджували політику і програми з підвищення енергоефективності. Сьогодні на промисловий сектор припадає майже 40% річного світового споживання первинних енергоресурсів і приблизно така ж частка світових викидів вуглекислого газу. Прийнято міжнародний стандарт ISO 50001, який регулює в тому числі енергоефективність.

Для прикладу, ізоляція будинку дозволяє використовувати менше енергії на опалення та охолодження для досягнення і підтримки затишної температури у будівлі. Встановлення світлодіодного освітлення, флуоресцентного освітлення або великих вікон, зменшує кількість енергії, потрібної для досягнення такого ж рівня освітленості, порівняно зі звичними лампами

розжарення. Покращення енергоефективності, як правило, досягається шляхом прийняття більш ефективної технології або виробничого процесу чи шляхом застосування загальноприйнятих способів для зменшення втрат енергії. Існує багато мотивів для підвищення енергоефективності. Зменшення споживання енергії знижує витрати на енергію і може призвести до заощадження коштів для споживачів, якщо енергозбереження врівноважує будь-які додаткові витрати на впровадження енергоефективних технологій. Зменшення споживання енергії також, розглядається як вирішення питання скорочення викидів парникових газів. Згідно з даними Міжнародної енергетичної агенції, підвищення енергоефективності будівель, промислових процесів та транспорту, може скоротити енергетичні потреби світу до 2050 року, на третину і допомогти контролювати глобальні викиди парникових газів. Іншим важливим рішенням, є уведення субсидій на енергоносії, які забезпечують високі енерговитрати та неефективне використання енергії в більш ніж половині країн світу.

Енергоефективність та поновлювані джерела енергії, як стверджується, є двома богами сучасної енергетичної політики і високими пріоритетами в розподілі статого енергетичного сектору. У багатьох країнах енергоефективність також, має вигоду для національної безпеки, оскільки її може бути використано для зниження рівня імпорту енергії з іноземних країн, а ще – уповільнити темпи споживання енергії, за яких внутрішні енергетичні ресурси виснажуються.

#### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дослідження виконано у зв'язку до планів заходів з реалізації Енергетичної стратегії України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність”, згідно розпорядження КМУ від 18 серпня 2017 р. № 603-р..



## **Мета і задачі дослідження**

Полягає у теоретичному обґрунтуванні та розробці практичних рекомендацій щодо удосконалення енергетичної оцінки будівлі та кількісної оцінки факторів енергетичних витрат, що впливають на експлуатацію будівлі та методичних засад із зменшення енергопотреб будівлі для підвищення загальної оперативності, аналітичності, орієнтації та прийняття ефективних рішень.

Метою дослідження є класифікація загальних енергетичних витрат, визначення факторів, що впливають на їх формування та ідентифікація та кількісна оцінка факторів, що впливають на об'єкти енергетичних витрат.

**Об'єкт дослідження** - об'єкти енергетичних витрат при експлуатації будівлі.

**Предмет дослідження** - підходи і методи підвищення ефективності та кількісної оцінки факторів із зменшення енергопотреб будівлі.

**Актуальність теми** - Відсутність ґрунтовного підходу та інструментів, які можуть дозволити провести аналіз та виміряти ефективність варіантів організації зменшення енергоспоживання будівлі, з врахуванням сучасних економічних умов.

### **Методи дослідження:**

Аналіз і узагальнення наукових праць, законодавчих актів та нормативних документів, методологічних підходів до визначення факторів впливаючих на об'єкти енергетичних витрат для виявлення особливостей та систематизації факторів формування енергетичних витрат.

### **Наукова новизна одержаних результатів:**

Визначено фактори, які треба нівелювати у взаємозв'язку з нормативною базою з сертифікації енергетичного класу, енергетичною ефективністю, що до конкретного об'єкту, який розглядається у даній роботі. Формалізація результатів та факторів представлена, як у текстовій частині, так і у графічній

частині роботи, як суцільна модель будівлі. Дана модель дозволила сформулювати рекомендації щодо послідовності, в тому числі дій технологічного характеру (монтаж теплоізоляційного шару), для досягнення базових нормативних показників, зокрема теплового опору огорожуючих конструкцій та ін..

**Апробація результатів дослідження.** Основні положення та результати магістерської роботи доповідались на конференції в Національному університеті «Запорізька політехніка» у 2019.

Кафедра БВУП  
Національний університет  
«Запорізька політехніка»

## РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПОСТАНОВКА ЦІЛЕЙ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1 Енергозбереження в Україні

Енергозбереження - пріоритетний напрямок державної політики України. З огляду на важливість проблеми заощадження енергії в глобальному масштабі, практично у всіх країнах проводяться різні заходи, покликані зменшити кількість споживаної енергії як у промисловій так і в соціальній сферах. У багатьох країнах світу, прийняті національні програми по енергозбереженню. Така програма розроблена й у нашій країні.

Ця програма базується на розробці та впровадженні галузевих і регіональних програм енергозбереження. Варто, слід відзначити "Програму поетапного оснащення наявного житлового фонду засобами обліку та регулювання споживання води і теплової енергії на 1996-2000 роки" (затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 27 листопада 1995 р. № 947), "Комплексну програму енергозбереження м. Києва", програму заходів енергозбереження Львівської обласної держадміністрації, програму "Тепло" з впровадження міні-котелень (систем автономного теплопостачання) у м. Луцьку тощо.

Враховуючи, що функціонування та розвиток національної економіки на період розробки програми проходить в умовах великої невизначеності у галузях матеріального виробництва та у соціальній сфері стосовно форм власності, нормативно-правової бази, організації виробництва та трудової діяльності, зовнішньоекономічних зв'язків, податкового законодавства, для прогнозування розвитку економіки, енергетики та енергоефективності була використана методика сценарійного прогнозування.

Питання енергозбереження та енергоефективності з кожним роком стають все більш актуальними. При цьому напрямок викликає інтерес не тільки у держави та власників бізнесу, а також у представників простих домогосподарств. Цьому служать ряд причин, серед яких можна виділити:

- дефіцит і постійне зменшення природних ресурсів;
- питання енергетичної безпеки України;
- висока енергоємність української економіки;
- поступове збільшення споживання,
- щорічне зростання цін на імпортовані Україною енергоресурси (газ, нафта).

Представники великих виробничо - промислових компаній України вже сьогодні приділяють велику увагу показникам енергоспоживання, енергозбереження та підвищення енергоефективності виробництва. Значний крок вперед зробили провідні компанії України, що представляють металургійний сектор, видобувну та машинобудівну галузі. З метою виявлення потенціалу енергозбереження в різних регіонах України був розроблений і розрахований спеціальний індекс (*Ukrainian Energy Index (UEI)*), що дає можливість порівнювати ефективність використання енергоресурсів в регіонах України з урахуванням структури національної економіки.

Вже два роки поспіль (2011, 2012 рр.) цей показник відображає можливість енергозбереження та рівень економії енергоресурсів за актуальної структури економіки України у випадку застосування підходів і технологій ЄС. За результатами дослідження у 2012 році, потенціал енергозбереження української економіки становить 13,8 млрд. євро, або приблизно 39 млрд. куб. м природного газу.

Найбільш енергоємними галузями народного господарства є:

- металургійна, машинобудівна, хімічна і нафтохімічна промисловості (де потенціал енергозбереження, за оцінками експертів даного ринку, становить 62-64%),

- житлово-комунальна сфера (35-38%);
- сектор послуг (5%);
- сільське господарство (3-5%).

Також існує потенціал енергозбереження в транспортному секторі і в харчовій промисловості.

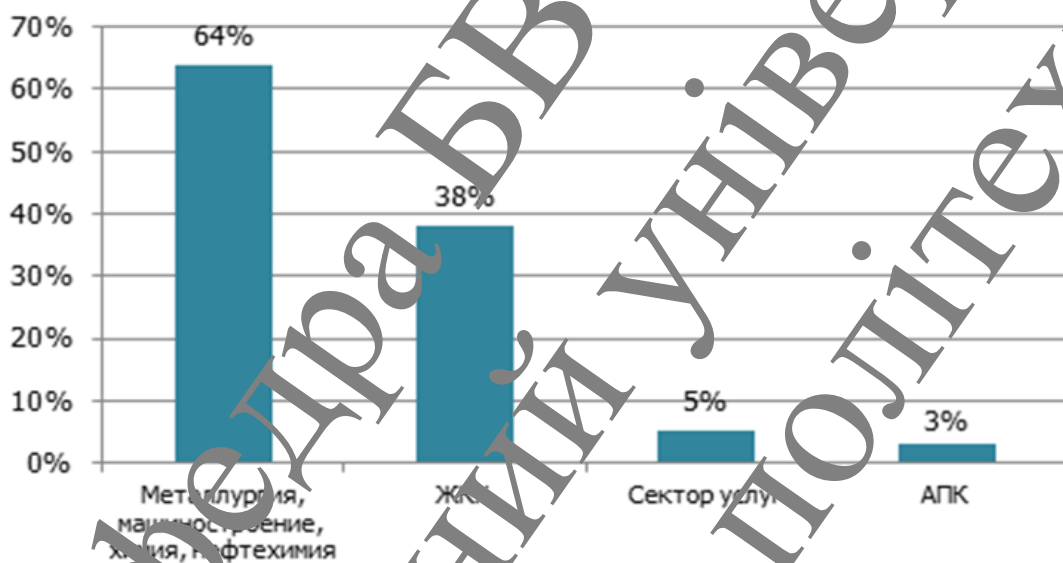


Рисунок 1.1 - Оцінюваний потенціал енергозбереження за галузями економіки України, %

Щодо потенціалу енергозбереження в промислових галузях – тут все більш-менш зрозуміло, адже багато що залежить від ціни імпортованих енергоресурсів і ступеня зношеності основних виробничих фондів. Більш цікавим – і актуальним - питанням є оцінка потенціалу енергозбереження в житлово-комунальному секторі, і витрата енергоресурсів простими домогосподарствами. Не секрет, що потенціал енергоефективності в житлових будівлях становить близько 40% від усього споживання енергії в Україні. На думку експертів Європейсько-українського енергетичного агентства, за допомогою теплоізоляції та капітального ремонту в будинках можна

зменшити щорічне споживання і втрати енергії на 10-25 %. При цьому в цілому по Україні потенціал зменшення енергоспоживання становить 75%.

Експерти енергетичної галузі відзначають, що в кінці 2012 року більше 40% всього газу, а це близько 30 млрд. куб. м, споживалося в комунально-побутовому секторі, в основному для опалення, на що тільки підприємства ЖКГ витрачали приблизно 11-14 млрд. куб. м газу щороку.

Як уже раніше зазначалося, сектор ЖКГ здатний забезпечити до 38% енергозбереження від усієї величини потенціалу. При цьому за рівнем грошових витрат на енергетичні ресурси сектор ЖКГ посідає друге місце в Україні, а обсяги споживаної енергії в цьому секторі становлять третину всіх обсягів держави. Тільки в житлових будинках витрачається половина загального обсягу споживаної теплової енергії. Очевидно, що здійснюючи навіть низьковитратні енергозберігаючі заходи, такі як заміна вікон на енергозберігаючі, заміна системи освітлення приміщення, можна досягти значного ефекту, який відобразиться в загальній динаміці витрат на оплату енергоресурсів. Особливо відчутним буде ефект у бюджетній сфері та на об'єктах соціальної інфраструктури.

При цьому досвід європейських держав показує, що вже сьогодні можна реалізовувати потенціал енергозбереження використовуючи такі шляхи як:

- впровадження систем обліку енергоресурсів на об'єктах, особливо електроенергії;
- застосування фінансових пільг для певних соціальних верств населення;
- здійснення контролю за дотриманням державних норм при будівництві нових будівель (так звані «Державні будівельні норми»).

Крім того, варто звернути особливу увагу і на виробництво енергії з альтернативних джерел. Сьогодні ці джерела становлять лише 4% від всієї споживаної в нашій країні енергії. Потужності сонячних електростанцій

досягли 494 МВт, а сумарна потужність вітряних електростанцій до кінця 2013 року досягнула 500 МВт. Виробництво альтернативних видів енергії також може здійснюватися в секторі аграрно-промислового комплексу (АПК), використовуючи в якості сировини біомасу та інші органічні речовини.

Протягом наступного десятиліття в діяльності держорганів з енергозбереження та енергоефективності не відбулося істотних змін. Так, початок роботи державного Фонду енергоефективності було заплановано тільки на квітень 2017 року. До цього український парламент повинен був прийняти законопроекти про самі ці Фонди, "Про житлово-комунальні послуги", "Про комерційний облік житлово-комунальних послуг" та "Про енергоефективність будівель". Для довідки: подібний державний Фонд з енергозбереження повинен був бути створений відповідно до закону "Про енергозбереження" (1994 р., ст.13). Однак чомусь за двадцять років він так і не запрацював, а деякі з гережованих законопроектів обговорювалися і повинні були прийматися ще в середині нульових років. Чи означає це, що нове - це добре забуте старе?

Останні двадцять років енергозбереження та енергоефективність залишається для української економіки важко досяжною метою. У 2000 - 2015 рр. основними споживачами первинних енергоресурсів в Україні були: промисловість (35-40%) і житлово-комунальний комплекс (в середньому 33%). Найбільші енерговитрати галузі - металургія та хімічна промисловість. У 2014 р вони споживали близько половини цього імпорту газу, а на металургію припадало більше половини всіх енергоресурсів.

В останні роки відбувається вимушена переорієнтація українського металургійного експорту на країни ЄС, а енерговитрати на металургійних підприємствах нашої країни перевищують німецькі та італійські аналоги на 50-70%. Тому продукція має високу вартість, яку закордонні покупці не зацікавлені сплачувати. Низька конкурентоспроможність вітчизняного

металургійного комплексу зменшує його інвестиційну привабливість, а це значить, що власники будуть максимально використовувати існуючі потужності, які мають обмежений потенціал підвищення енергоефективності.

Подібна ситуація склалася і в хімічній промисловості, яка використовує близько 10% первинних енергоресурсів сектора. З 1300 підприємств галузі тільки 12 відповідали світовим стандартам енергоспоживання (2006 г.). У 2014 р енергоефективність українського хімпрому становила 51% від середньоевропейських показників. На тлі машинобудування (22%) та будівництва (21%) показник не найгірший. Однак для хімічної промисловості, продукція якої багато в чому орієнтована на зовнішні ринки (8% від загального обсягу експорту України) енерговикористання значно знижує конкурентоспроможності. Як і в металургії перспективу на європейських ринках мають напівфабрикати, а не високотехнологічна продукція. Тому підвищення енергоефективності зношених потужностей українського хімпрому має свої межі. Аналогічні тенденції притаманні майже всім галузям промисловості України.

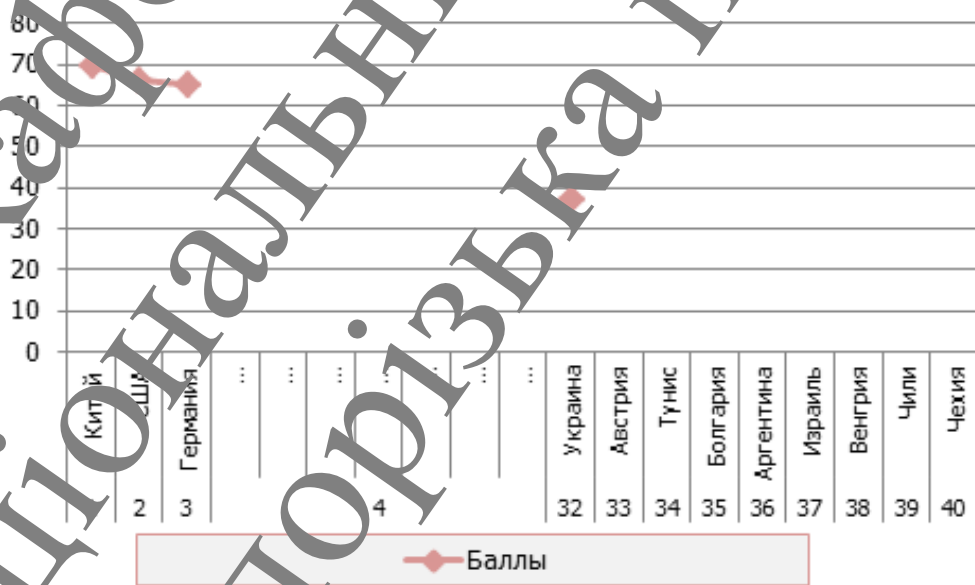


Рисунок 1.2. Позиції країн - учасниць Міжнародного рейтингу привабливості країн для розвитку відновлюваної енергетики



За заявами українського уряду, до 2020 року планується вивести виробництво альтернативної енергії до рівня 15% від усього обсягу виробництва енергоносіїв.

У цілому сумарне споживання енергетичних ресурсів в Україні в останні роки становило близько 990 млн. т у. т. При використанні енергозберігаючих технологій та обладнання на такому рівні, як у країнах ЄС, споживання енергоресурсів могло б зменшитися до обсягу 650 млн. т у. т. Це потенціал енергозбереження України становить приблизно 35%.

Відзначимо також, що існує великий інтерес і на фондовому ринку до сектору енергоефективності. Так, за даними звіту компанії E&Y «*CleanTech Industry Performance 2013*», за останній фінансовий рік число компаній у цьому секторі збільшилося на 14% порівняно з попереднім періодом, і досягло 50. Загальна ринкова капіталізація підприємств, зайнятих у цьому секторі, збільшилася на 25% і в грошовому еквіваленті склала \$ 34,6 млрд.

Щодо галузі поновлюваних джерел енергії, то тут кількість компаній збільшилася на 14%, тепер у галузі діють 32 підприємства. Їх сумарна ринкова капіталізація збільшилася на 9% і дорівнює \$25,5 млрд. Загальний дохід збільшився на 22%, досягнувши позначки в \$ 11 млрд.

Аналітичні дослідження, практика ведення бізнесу та політична ситуація в країні – усе красномовно показує, що енергозбереження та виробництва альтернативних видів енергії далі буде розвиватися і набирати обертів, як на глобальному, так і на національному рівнях.

## **1.2 Аналіз існуючого досвіду теплодернізації (або теплових витрат) на прикладі існуючих будинків**

Україна має одну з найбільш енергоємних економік Європи. Майже половину енергії країни споживає житлово-комунальний сектор, який давно застарів і потребує оновлення.

За інформацією ПРООН в Україні, через незабезпеченість енергоефективності будівель тепловтрати іноді становлять 47%.

За даними Європейсько-українського енергетичного агентства, за допомогою теплодернізації і капітального ремонту в будинках можна зменшити щорічне споживання і втрати енергії на 10-25%. В цілому по Україні потенціал зменшення енергоспоживання становить 75%. Для цього потрібно активізувати не тільки законодавчу базу, а й показати успішні історії тих міст і сіл, яким вже вдалося осучаснити свої системи енергозабезпечення.

Як приклад - старовинне місто Жовква Львівської області. Міська влада модернізувала локальну котельню на кошти Європейського Союзу та за два роки з моменту початку реалізації проекту, місто зекономило майже 7 млн грн.

Жовква повністю відмовилася від газу. Замість нього в новій котельні використовують тирсу і відходи деревообробки.

Завдяки реалізації кількох енергоощадних проєктів у 13-тисячному містечку Жовква, що за 30 км від Львова, вдалося суттєво зменшити споживання газу. За підсумками сезону, взимку 45% тепла у місті отримали з альтернативних джерел, спалиючи подрібнену деревину. Після завершення запланованих заходів з енергоефективності цей показник збільшиться до 60%.

У Жовкві активно працюють з громадою, щоб виховати культуру економного споживання ресурсів та навіть готові відшкодувати до 70% вартості енергоефективних заходів за умови, що мешканці створять ОСББ та ініціюють процес.

Містечку вдалося залучити на енергоефективні проєкти понад мільйон євро фінансової підтримки від ЄС. Зараз це майже два річних бюджети Жовкви.

За останні кілька років у місті розпочали реалізацію трьох великих проєктів за кошти ЄС. В рамках цих програм провели енергоаудити понад 30 будівель, замінили частину старої тепломережі, переобладнали котельні на

тверде паливо, виконали термомодернізацію двох дитячих садочків, обладнали енергоефективний клас у школі тощо.

У приміщенні Жовківської міської ради висить карта, де позначені всі енергоефективні заходи, що були впроваджені за останні кілька років. Для того, щоб робота була послідовною, ще в 2013 році ввели посаду енергоменеджера. Жовква була одним із перших міст в Україні, які підписали "Угоду мерів". Ця ініціатива заохочує місцеве самоврядування зменшувати використання енергоресурсів та знижувати викиди вуглекислого газу. "В рамках "Угоди мерів" у Жовкві розробили стратегічний план розвитку міста в енергетичній сфері - План дій зі сталого енергетичного розвитку до 2020 року.

Починаючи з 2012 року, місцева влада мала можливість залучати експертів у сфері енергоефективності з Німеччини. В результаті вирішили залишити та модернізувати централізовану систему теплопостачання, але рухатися до зменшення використання газу", - каже технічний консультант проектів з енергоефективності у Жовкві Олег Масняк.

Ініціатором напрацювання стратегії був міський голова Петро Вихопень. За словами мера, головною причиною розвитку напрямку енергоефективності була вузька проблема - застаріла система централізованого опалення, зношені газові котли.

У 2011 Жовква стала учасником асоціації "Енергоефективні міста України".

В рамках програми німецькі експерти обрали 5 житлових будинків та проаналізували можливість їх комплексної термомодернізації. Висновки були негативними - в Україні на той час не було готове законодавство, не було чіткого власника будинку, землі та прибудинкової території. Однак така співпраця спонукала місцеву владу до подальшого пошуку енергоефективних рішень.

З того часу в місті почалася системна робота над підвищенням енергоефективності.

"У Жовкві була досить така унікальна історія - мер звільнив одного із заступників для того, щоб взяти енергоменеджера. Людину на посаду обирали за конкурсом пропозицій, що в місті потрібні зміни. У нас є багато міст, які займаються питаннями енергоефективності та залученням інвестицій. Успішними є ті міста, що роблять це безперервно", - зазначає виконавчий директор Асоціації "Енергоефективні міста України" Святослав Павлюк.

### Котельні на деревині

Для того, щоб оптимізувати систему теплопостачання у Жовкві перевели в резерв одну з газових котельень та ще одну закрити. Стратегія полягала в тому, щоб усі котельні об'єднати в одну мережу. Але виникла проблема, адже тепломережа мала проходити через центральну частину міста, яка є пам'яткою архітектури.

У одній з котельень уже був котел, який працював на відходах деревини. В рамках проекту додатково встановили два та планують встановити ще один, вдвічі потужніший котел. Техніку вже придбали. Це дозволить перевести в резерв третю газову котельню, залишивши у Жовкві лише дві великих.

Опалювальна система під'єднана до інтернету і директор може дистанційно стежити за всіма процесами та налаштовувати параметри. У котельні все автоматизовано. На комірстві встановлена SCADA-система, що контролює всі параметри. Оператор втручається лише у випадку несправностей.

Паливо подається в автоматичному режимі. У спеціальний бункер засипають навантажувачем подрібнену деревину, яка конвеєром рухається до котлів.

Поряд із твердопаливною котельнею є резервна газова. Вона автоматично вмикається лише у періоди сильних холодів. Однак потужності

цієї котельні вистачить, щоб забезпечити теплом усіх споживачів у разі виникнення аварії на основній котельні.

Якщо раніше частка опалення деревиною у цій котельні становила близько 15%, то, за підсумками першого опалювального, сезону вона склала 93%. Минулої зими лише на цій котельні зекономили майже 500 тис. кубометрів газу.

Особливістю Жовкви є те, що навколо міста є чимало деревообробних підприємств, а у Львівській області вирощують енергетичні культури, з яких роблять палети. На котельнях також є подрібнювальні установки, що перетворюють на паливо гілки дерев, які звозять сюди впродовж сезону.

В рамках проекту "Розумне енергоспоживання для добробуту громад Львівщини" у Жовкві провели енергоаудити всіх 25 бюджетних установ, 5 - комунальних житлових будинків та енергомереж. Також визначили план заходів, які потрібно зробити для того, щоб економити енергоресурси. Щороку у Жовкві проводять дві енергії для популяризації енергоефективних заходів серед мешканців та підвищення екологічної свідомості. Організують виставки енергоефективних технологій, куди запрошують виробників для того, щоб мешканці мали змогу ознайомитися. Один з таких заходів відбудеться 30 вересня в рамках святкування Дня міста. На модернізації системи опалення і будівель та просвітницькій роботі з мешканцями у Жовкві не зупинилися. Мер міста ставить сміливі цілі - досягти повної незалежності від енергоресурсів.

Інший приклад - Донецька область. Тут проводять енергетичну модернізацію соціальної інфраструктури за підтримки Програми розвитку Організації Об'єднаних Націй (ПРООН). Завдяки встановленню нових бойлерів, що працюють на аграрній біомасі, лікарні, школи та садки в смт. Черкаське Слов'янського району Донецької області зможуть значно заощадити бюджетні кошти та енергоресурси. Всього в рамках цього проекту вже

встановлено 12 котлів на аграрній біомасі в Житомирській, Київській, Черкаській та Донецькій областях.

Станом на кінець 2017 року, поновлювані джерела становили лише 6,7% у валовому кінцевому споживанні енергоресурсів України. 2018 рік повинен показати найкращі результати завдяки значному приросту встановлених «зелених» потужностей - втричі більше, ніж в 2017-му. Однак це все ще незначна частка в порівнянні з країнами-членами Європейського Союзу з аналогічними кліматичними умовами.

Так, в 2017 році частка поновлюваних джерел енергії в ЄС - з вітру, сонця і біомаси - склала 20,9%, і має зрости до 32% в 2030 м.

У той же час, відповідно до Національного плану дій з відновлюваної енергетики до 2020 року ми повинні забезпечити 11% енергетичних потреб держави, використовуючи енергію з відновлюваних джерел. Крім цього, в 2035 році частка «зеленої» енергії в загальному первинному постачанні повинна скласти 25%.

Переваги поновлюваних джерел енергії, особливо енергії сонця, все більше привертають увагу українців. За даними Державного агентства з питань енергоефективності та енергозбереження України, сонячні електростанції (СЕС) зараз забезпечують енергією 7450 домогосподарств, і більше половини з них було встановлено протягом 2018 року. Для порівняння: в кінці 2014-го тільки 20 сімей на всю Україну користувалися власними сонячними електростанціями. Свій екологічний джерело електроенергії - не єдиний стимул. Українці можуть скористатися правом продавати електроенергію, вироблену СЕС потужністю до 30 кВт, по привабливому «зеленим» тарифом.

У першому читанні в 2018 році схвалений законопроект, який передбачає збільшення максимальної потужності «домашньої» СЕС до 50 кВт.

## 1.2.1 Аналіз теплоспоживання та енергообстеження будівель

### Моніторинг та аналіз енергоспоживання

В ході моніторингу енергоспоживання фонду будівель доцільно збирати детальну інформацію про [7]:

- ресурсо- та енергоспоживання будівель за різні інтервали (година, доба, місяць, рік) за видами ресурсів та потоків;
- геометричні розміри будівлі, площі, об'єми її окремих складових (кухня/спальні/коридори/актова зала/допоміжні приміщення/санвузли та ін.);
- характеристики, розміри та стан огорожувальних конструкцій будівель з урахуванням орієнтації по сторонах світу;
- умови теплопостачання (витрати, тиск, температури енергоносіїв, кількість енергії);
- дані щодо погодних умов (температура навколишнього повітря, сонячна радіація, хмарність) за різні інтервали (година, доба, місяць, рік) та умов мікроклімату приміщень (в тому числі їх добові навантаження);
- інвентаризації обладнання (електрична потужність та тривалість роботи) і визначення величини тепловитрат від їх використання;
- стан джерел теплопостачання, теплових пунктів, інженерних комунікацій, в тому числі довжини та діаметри трубопроводів, стан ізоляції, кількість огорожувальних пристроїв, регуляторів та ін., з визначенням кількості труб, обладнання та арматури у аварійному стані або потребує заміни;
- стан систем вентиляції та основного обладнання, характеристики повітропроводів, аналіз роботи фільтрів і витяжних каналів;
- стан мереж електропостачання, трансформаторів на балансі закладу, розподільчих щитків, автоматів, систем освітлення зовнішніх/внутрішніх та ін.;
- стан систем водопостачання та каналізації, тип, стан і кількість сантехнічного обладнання і вузлів;

- інші системи та обладнання будівлі.

Це дозволить створити базу даних характеристик будівель та визначити резерви й потенційні заходи з підвищення енергоефективності.

Для ведення подібної бази даних, а також для диспетеризації, оперативного контролю, аналізу і візуалізації інформації відповідно до вимог стандарту ISO 50001 [8] енергоменеджерам доцільно використовувати спеціалізовані програмні продукти, серед найбільш часто використовуваних в Україні є: автоматизована система моніторингу (АСЕМ), EnergyPlan, SCADA (Fela), Фіату, СОКАТЕР.

Енергоменеджмент включає в себе планування, організацію, управління, регулювання, кадрове забезпечення, розподіл обов'язків та відповідальність, здійснення контролю; таким чином, для цієї діяльності необхідно забезпечити фінансові, кадрові, матеріальні та ін. ресурси [7,9]. При цьому повинні вирішуватись наступні задачі: оцінка фактичного стану справ в області енергозбереження; визначення можливих шляхів для зростання енергоефективності; формування перспективних планів енергозбереження; управління реалізацією проєктів з енергозбереження; систематичний контроль/моніторинг.

Під час аналізу фонду будівель можуть використовуватися наступні індикатори енергоефективності [7,9]:

- абсолютні значення витрат енергії та ресурсів (Гкал, кВт-год, м<sup>3</sup>, т.у.п.);

- питомі показники енергоспоживання на одиницю опалювальної площі/об'єму та ін. одиниці виміру (місце/дитину/працівника/умовне блюдо та ін.) за окремими видами ресурсів за звітній період;

- питомі показники енергоспоживання на потреби опалення/механічної вентиляції на один градус-день;

- енергоспоживання в т.у.п. (відображує структуру балансу);



- коефіцієнти, приведені показники (кВт·год/день, кВт·год/м<sup>2</sup>·тиждень);
- відносні показники (наприклад, заощадження X спожитих одиниць енергії відносно базових рівнів енергоспоживання за певний період, відсоток покращення порівняно з базовим рівнем енергоспоживання за період);
- абсолютні значення витрат енергії та ресурсів (Гкал, кВт·год, м<sup>3</sup>, т.у.п.);
- питомі показники енергоспоживання на одиницю палювальної площі/об'єму та ін. одиниці виміру (місце/дитину/працівника/умовне блюдо та ін.) за окремими видами ресурсів за звітний період;
- питомі показники енергоспоживання на потреби опалення/механічної вентиляції на один градусо-день;
- енергоспоживання в т.у.п. (відображує структуру балансу),
- коефіцієнти, приведені показники (кВт·год/день, кВт·год/м<sup>2</sup>·тиждень);
- відносні показники (наприклад, заощадження X спожитих одиниць енергії відносно базових рівнів енергоспоживання за певний період, відсоток покращення порівняно з базовим рівнем енергоспоживання за період).

Аналіз даних з метою виявлення найбільших споживачів/статей витрат та виявлення резервів енергозбереження доцільно проводити [7,9]:



Рисунок 1.3 – Найбільш споживчі статті витрат

Результати аналізу даних можна представляти в табличній формі, у формі графіків, діаграм, схем та ін.

Моніторинг енергоспоживання повинен обов'язково супроводжуватися і контролем дотримання комфортних умов в приміщеннях для забезпечення якості надання послуг (для адміністративних і громадських будівель) або проживання мешканців (для житлових будівель).

Комфортні умови приміщень в будівлях згідно їх призначення визначаються [10,11]: внутрішньою температурою, вологістю; повітрообміном; швидкістю руху повітря; радіаційною температурою в приміщенні, температурою поверхонь в місцях теплорівдних включень (наприклад, в кутах стін); рівнем освітленості на робочій поверхні.

Під час аналізу теплоспоживання на потреби опалення важливо враховувати вплив погодних умов та коректне визначення базового рівня енергоспоживання до початку впровадження енергозберігаючих заходів.

#### Проведення енергетичних обстежень будівель: загальні підходи

Для забезпечення безперервного поліпшення енергоефективності у відповідності до стандарту ISO 50001 [8] потрібно систематично проводити енергоаудит об'єктів житлово-комунального господарства. Ця діяльність орієнтована на дослідження об'єкта щодо його енерговикористання, виявлення фактів нераціонального використання енергії, визначення заходів, які сприяють енергозбереженню та оцінці технічних і економічних можливостей їх реалізації [12,13]. Виконання енергообстежень проводиться фахівцями, що мають відповідну кваліфікацію з використанням спеціалізованого обладнання.

Більш детально вимоги та рекомендації наведено у ДСТУ [14,15,16].

За результатами енергообстежень кожного об'єкту доцільно розробити:

- звіт з енергетичного аудиту, що включатиме тепловізієне обстеження, баланси енергоспоживання, економічне обґрунтування рекомендованих заходів з енергозбереження, а також їх вплив на довкілля;

- енергетичний паспорт за формою, що регламентована ДБН [17];
- енергетичний сертифікат будівлі за встановленою формою згідно чинного законодавства [18].

Основні напрямками обстеження будівель [7,14]:

- обстеження огорожувальних конструкцій будівлі
- обстеження системи опалення
- обстеження системи електропостачання та освітлення
- обстеження системи вологопостачання;
- обстеження системи вентиляції та кондиціонування;
- обстеження джерел енергії;
- обстеження зовнішніх інженерних комунікацій (що є на балансі);
- обстеження систем автоматичного керування та регулювання;
- аналіз даних з енерго-ресурсовикористання;
- аналіз даних приладного обліку, режимної технологічної документації, паспортів енергоємного обладнання (наприклад, насоси басейну);
- виявлення проблем (умови мікроклімату, стан систем конструкцій....);
- проведення необхідних вимірювань та розрахунків;
- проведення тепловізійного обстеження конструкцій і трубопроводів.

Рисунок 1.4 – Основні напрямки обстеження будівель

### 1.3 Законодавчо-нормативна база стосовно енергоефективності

Пріоритети державної політики на поточний і подальші роки в стратегічному плані полягають в переході на інноваційний шлях розвитку, в раціональному здійсненні заходів з впровадження новітніх ресурсозберігаючих технологій і обладнання. Умовами успішної реалізації резервів енергозбереження в галузі ЖКГ є нормативно-правове, інформаційне та фінансове забезпечення, мотивація до енергозбереження як виробників, так і споживачів паливно-енергетичних ресурсів, розвиток ринкових відносин і конкурентного середовища в галузі ЖКГ, формування ефективної системи управління реформуванням і розвитком житлово-комунального господарства.

Важливе значення мають методологічні засади реформування ЖКГ, стратегія та методичні підходи до реалізації концепції розвитку ЖКГ.

Метою Державної цільової економічної програми енергоефективності на 2010-2015 роки є створення умов для наближення енергомісткості валового внутрішнього продукту України до рівня розвинутих країн і стандартів ЄС, підвищення ефективності використання ПЕР і посилення конкурентоспроможності національної економіки. Проблему передбачається розв'язати шляхом: впровадження новітніх технологій виробництва та споживання енергетичних ресурсів, поглиблення технологій, а також технологій, що передбачають використання теплових насосів, електричного теплоаккумуляційного обігріву та гарячого водопостачання; використання теплової енергії сонця та геотермальної енергії; видобування та використання газу (метану) вугільних родовищ як альтернативного виду палива; виробництва та використання біопалива; розвитку вітроенергетики; модернізації газотранспортної системи, систем теплопостачання, теплових електростанцій та теплоелектроцентралей; здійснення заходів щодо зменшення обсягу споживання енергоресурсів установками, які утримуються за рахунок коштів державного бюджету; зниження рівня забруднення навколишнього природного середовища; створення сприятливих умов для залучення вітчизняних та іноземних інвестицій у сферу енергоефективності та енергозбереження з метою оптимізації структури енергетичного балансу держави і ін.

Метою законодавства України щодо енергозбереження є регулювання відносин між господарськими суб'єктами, а також між державою і юридичними та фізичними особами у сфері енергозбереження, пов'язаної з видобуванням, переробкою, транспортуванням, зберіганням, виробленням та використанням тепло-енергетичних ресурсів, забезпечення заінтересованості підприємств, організацій та громадян в енергозбереженні,

впровадженні енергозберігаючих технологій, розробці і виробництві менш енергоємних машин та технологічного обладнання, закріплення відповідальності юридичних і фізичних осіб у сфері енергозбереження

Основними принципами державної політики у сфері енергозбереження є:

а) створення державою економічних і правових умов заінтересованості в енергозбереженні юридичних та фізичних осіб;

б) здійснення державного регулювання діяльності у сфері енергозбереження на основі застосування економічних, нормативно-технічних заходів управління;

в) пріоритетність вимог енергозбереження при здійсненні господарської, управлінської або іншої діяльності, пов'язаної з видобуванням, переробкою, транспортуванням, зберіганням, виробленням та використанням паливно-енергетичних ресурсів;

г) наукове обґрунтування стандартизації у сфері енергозбереження та нормування використання паливно-енергетичних ресурсів, необхідність дотримання енергетичних стандартів та нормативів при використанні палива та енергії;

д) створення енергозберігаючої структури матеріального виробництва на основі комплексного вирішення питань економії та енергозбереження з урахуванням екологічних вимог, широкого впровадження новітніх енергозберігаючих технологій;

е) обов'язковість державної експертизи з енергозбереження;

є) популяризація економічних, екологічних та соціальних переваг енергозбереження, підвищення громадського освітнього рівня у цій сфері;

ж) поєднання методів економічного стимулювання та фінансової відповідальності з метою раціонального використання та економного витрачання паливно-енергетичних ресурсів;

з) встановлення плати за прямі втрати і нераціональне використання паливно-енергетичних ресурсів;

и) вирішення проблем енергозбереження у поєднанні з реалізацією енергетичної програми України, а також на основі широкого міждержавного співробітництва;

і) стимулювання раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів шляхом комбінованого виробництва електричної та теплової енергії (когенерації); поступовий перехід до масового застосування приладів обліку та регулювання споживання паливно-енергетичних ресурсів; обов'язковість визначення постачальниками і споживачами, об'єкту відпущених паливно-енергетичних ресурсів за показаннями приладів обліку споживання паливно-енергетичних ресурсів у разі їх наявності; запровадження системи енергетичного маркування електрообладнання побутового призначення.

Об'єктами правового регулювання законодавства про енергозбереження є відносини у сфері функціонування енергетичного господарства України, проектування, створення та впровадження наукових та конструкторських розробок, пов'язаних з підвищенням ефективності використання палива та енергії, інформаційного забезпечення народного господарства та населення з проблем енергозбереження, а також у сфері управління та контролю за використанням паливно-енергетичних ресурсів. Суб'єкти правового регулювання відносин у сфері енергозбереження Суб'єктами правового регулювання відносин у сфері енергозбереження є юридичні та фізичні особи, в результаті діяльності яких здійснюються: проведення енергозберігаючої політики та заходів щодо енергозбереження в усіх галузях народного господарства — промисловості, транспорті, будівництві, сільському господарстві тощо, соціальній сфері та побуті, а також у сфері міждержавного та міжнародного співробітництва; видобування, переробка, транспортування, виробництво, зберігання та використання всіх видів палива, теплової та

електричної енергії, інших ресурсів природного чи штучного походження в частині використання паливно-енергетичних ресурсів; проведення енергетичного аудиту; виробництво та поставка енергетичного та енергоспоживаючого обладнання, машин, механізмів, конструкційних, будівельних матеріалів та іншої продукції, приладів обліку, контролю і регулювання витрачання енергоресурсів; науково-дослідні, проектно-конструкторські, експертні, спеціалізовані, монтажні, наладжувальні, ремонтні та інші види робіт і послуг, пов'язані з підвищенням ефективності використання та економії паливно-енергетичних ресурсів; роботи, пов'язані з розвитком і використанням нетрадиційних поновлюваних джерел енергії, вторинних енергетичних ресурсів, процесів заміщення дефіцитних видів палива; визначення пріоритетних напрямів екологічно чистої енергетики і створення нових джерел енергії та видів палива; інформаційне забезпечення народного господарства та населення з проблем енергозбереження і використання нових джерел енергії та видів палива; створення ефективних систем управління та засобів контролю за енергозбереженням.

Законодавство в сфері енергозбереження та енергоефективності включає:

Нормативно-правові акти

Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» від 22.06.2017 № 2112-VII;

Постанова Кабінету Міністрів України від 11.04.2018 №265 «Про затвердження переліку будівель промислового та сільськогосподарського призначення, об'єктів енергетики, транспорту, зв'язку та оборони, складських приміщень, на які не поширюються мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівель та які не підлягають сертифікації енергетичної ефективності будівель»;

Постанова Кабінету Міністрів України від 26 липня 2018 р. №602 «Про затвердження Порядку обміну інформацією між центральними органами виконавчої влади, атестаційними комісіями в процесі проведення незалежного моніторингу, професійної атестації та ведення баз даних сертифікатів, фахівців та звітів»;

Постанова Кабінету Міністрів України від 26 липня 2018 р. №605 «Про затвердження Порядку проведення професійної атестації осіб, які мають намір провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем»;

Наказ Мінрегіону від 21.03.2018 №62 «Про затвердження Порядку ведення баз даних звітів про результати обстеження інженерних систем, атестованих енергоаудиторів та фахівців з обстеження інженерних систем, енергетичних сертифікатів»;

Наказ Мінрегіону від 11.07.2018 №169 «Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель»;

Наказ Мінрегіону від 11.07.2018 №170 «Про затвердження Методики визначення експлоативно доцільного рівня енергетичної ефективності будівель»;

Наказ Мінрегіону від 11.07.2018 №172 «Про затвердження Порядку проведення сертифікації енергетичної ефективності та форми енергетичного сертифіката»;

Наказ Мінрегіону від 11.07.2018 №71 «Про затвердження Порядку застосування розрахункових елементів програмного забезпечення для визначення енергетичної ефективності будівель»;

Наказ Мінрегіону від 11.07.2018 №173 «Про затвердження Методики обстеження інженерних систем будівлі»;

Наказ Мінрегіону від 06.10.2017 №267 «Про визначення будівель, які часто відвідують громадяни»;



Наказ Мінрегіону від 18.10.2018 №274 «Про затвердження Порядку незалежного моніторингу звітів про результати обстеження інженерних систем»;

Наказ Мінрегіону від 18.10.2018 №275 «Про затвердження Порядку рецензування звітів про обстеження інженерних систем»;

Наказ Мінрегіону від 18.10.2018 №276 «Про затвердження Порядку незалежного моніторингу енергетичних сертифікатів».

Законодавство в сфері енергозбереження та енергоефективності включає:

**Закони:**

Закон України № 514-VIII від 04.06.2015 "Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії"

Закон України № 1713-VIII від 01.11.2016 "Про внесення змін до статті 8 Закону України "Про альтернативні види палива"

Закон України №1959-VIII від 21.03.2017 "Про внесення змін до Закону України "Про теплопостачання" щодо стимулювання виробництва теплової енергії з альтернативних джерел енергії"

Закон України від 22 червня 2017 року № 2119-VIII "Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання"

Закон України від 22.06.2017 № 2118-VIII "Про енергетичну ефективність будівель"

Закон України від 22.06.2017 № 2118-VIII "Про енергетичну ефективність будівель" та ін.

**Постанови:**

ПОСТАНОВА КМУ від 11 квітня 2018 р. № 265 Київ Про затвердження переліку будівель промислового та сільськогосподарського призначення, об'єктів енергетики, транспорту, зв'язку та оборони, складських приміщень, на

які не поширюються мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівель та які не підлягають сертифікації енергетичної ефективності будівель (<http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/265-2018-%D0%BF>)

Постанова Кабінету Міністрів України від 08 лютого 2017 р. № 69 "Про внесення змін до постанов Кабінету Міністрів України від 1 березня 2010 р. № 243 і від 17 жовтня 2011 р. № 1056"

Постанова Кабінету Міністрів України від 27 липня 2016 р. № 589 "Про внесення змін до постанов Кабінету Міністрів України від 1 березня 2010 р. № 243 і від 17 жовтня 2011 р. № 1056"

Постанова Кабінету Міністрів України від 04.02.2016 №63 "Про внесення змін до постанов Кабінету Міністрів України від 1 березня 2010 р. № 243 і від 17 жовтня 2011 р. № 1056"

Постанова Кабінету Міністрів України від 11.11.2015 № 929 "Про продовження строку виконання Державної цільової економічної програми енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010—2015 роки"

Постанова Кабінету Міністрів України від 21.10.2015 № 845 "Про затвердження Примірного енергосервісного договору"

Постанова Кабінету Міністрів України від 27.05.2015 № 340 "Про затвердження Технічного регламенту енергетичного маркування електричних ламп та світильників"

Постанова Кабінету Міністрів України від 27.05.2015 № 338 "Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 7 серпня 2013 р. № 702"

Постанова Кабінету Міністрів України від 08.04.2015 № 231 "Про внесення змін до постанов Кабінету Міністрів України від 1 березня 2010 р. № 243 і від 17 жовтня 2011 р. № 1056" та ін.

**Розпорядження:**

Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25.11.2015 № 1228-р  
"Про Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року"

Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року

План заходів з реалізації Національного плану дій з енергоефективності  
на період до 2020 року

Директива 2006/32/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 5 квітня  
2006 р. про ефективність кінцевого використання енергії та енергетичні  
послуги, а також про скасування Директиви Ради 93/76/ЄЕС

Директива 2010/30/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 19 травня  
2010 р. про вказування за допомогою маркування та стандартної інформації  
про товар обсягів споживання енергії та інших ресурсів енергоспоживчими  
продуктами.

Директива 2010/31/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 19 травня  
2010 р. щодо енергетичної ефективності будівель.

Розпорядження Кабінету Міністрів України від 16.10.14 р. № 1014-р  
«Про затвердження плану коротко- та середньострокових заходів щодо  
скорочення обсягу споживання природного газу на період до 2017 року»

Розпорядження Кабінету Міністрів України від 3 вересня 2014 р. № 791-  
р «Про затвердження плану заходів з імплементації Директиви Європейського  
Парламенту та Ради 2009/28/ЄС»

Розпорядження Кабінету Міністрів України від 1 жовтня 2014 р. N 902-  
р «Про Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020  
року»

Розпорядження Кабінету Міністрів України від 21.12. 2011 р. № 1321-р  
«Про утворення територіальних органів Державного агентства з  
енергоефективності та енергозбереження»

Розпорядження Кабінету Міністрів України від 29.07.09 №891-р «Про затвердження плану заходів на 2010 рік щодо реалізації Державної стратегії регіонального розвитку на період до 2015 року»

Розпорядження Кабінету Міністрів України від 17.12.08 №1567-р «Про програми підвищення енергоефективності та зменшення споживання енергоресурсів»

**Накази:**

НАКАЗ МУНРЕГІОНУ від 06.10.2017 № 267 Про визначення будівель, які часто відвідують громадяни (<http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1329-17>)

НАКАЗ про скасування наказів Держенергоефективності

Наказ Держенергоефективності від 28.04.2016 р. № 33 "Про внесення змін до наказів Держенергоефективності від 25.03.2013 № 51 та від 29.03.2013 № 52"

Наказ Мінрегіону від 18.02.2016 № 27 "Про затвердження Порядку проведення кваліфікації когенераційної установки" зареєстрований в Міністерстві юстиції України 12.03.2016 №376/28506

Наказ Держенергоефективності від 21.03.2016 № 23 "Про внесення змін до Порядку здійснення службових відряджень в межах України та за кордон працівників Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України"

Наказ Держенергоефективності від 21.10.2015 № 119 "Про затвердження Порядку здійснення службових відряджень в межах України та за кордон працівників Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України"

Наказ Держенергоефективності України від 20.11.14. № 54 «Про переміщення територіальних органів Держенергоефективності України та державних підприємств»

Наказ Держенергоефективності України від 06.09.2013 № 93 «Про внесення змін до наказу Держенергоефективності від 29.03.13 р. № 52»

Наказ Держенергоефективності України від 21.06.2013 №79 «Про затвердження Галузевого класифікатора енергозберігаючих товарів»

Наказ Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 18.02.2013 №142 «Про затвердження Порядку складання та подання запитів на одержання публічної інформації, розпорядником якої є Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України, і форми для подання запиту на одержання публічної інформації»

Наказ Держенергоефективності України від 07.05.12 №36 «Про затвердження Переліку видів публічної інформації, розпорядником якої є Держенергоефективності та Переліку відомостей, що становлять службову інформацію в Держенергоефективності»

Наказ Держенергоефективності від 21.03.12 № 28 "Про затвердження Угоди про взаємодію між спеціалізованою організацією, атестованою Держенергоефективності на право проведення енергетичного аудиту та Центральною групою енергетичного аудиту Держенергоефективності"

Наказ Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 06.10.2011 р. № 105 «Про затвердження Порядку конкурсного відбору енергоефективних проєктів для їх державної підтримки за рахунок коштів, передбачених у державному бюджеті на виконання Державної цільової економічної програми енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010-2015 роки».

Україна з 01.02.2011р. долучилася до Договору про Енергетичне Співтовариство та інших європейських ініціатив, де скорочення питомого споживання енергоресурсів є одним із найважливіших напрямів енергетичної політики. Сьогодні в Україні діють: державні, регіональні, галузеві цільові

програми підтримки енергоефективності, розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива. З 2014 р. розпочато поступове приведення тарифів на газ, електро- та теплоенергію до економічно обґрунтованих. Розпочато впровадження закону «Про засади функціонування ринку електричної енергії».

Розглянемо далі детальніше деякі з основних стандартів у сфері енергоефективності будівель. ДБН В.1.2-11:2008 [25] на системному рівні встановлює основні вимоги до економії енергії під час проектування, зведення та експлуатації будівельних об'єктів, формулює вимоги до нормативних документів всіх наступних рівнів в даній галузі. На базі [17] створюються нормативні документи рівня ДСТУ та ДСТУ-Н (рис. 1.3). ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015 [3] направлений на виконання вимог Директиви 2010/51/EU щодо енергетичної ефективності будівель, яка передбачає прийняття на національному рівні процедури енергетичної сертифікації і надає методику розрахунку потреби в енергії згідно [20]. Згідно ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 [3] розрахунки енергоефективності представлені на різних рівнях: енергопотреба; енергоспоживачня, доставлена енергія; первинна енергія/викиди CO<sub>2</sub>. Стандарт ДСТУ Б В.2.2-33:2016 [14] встановлює вимоги до методів проведення енергетичного аудиту будівель (розрахунковий, розрахунково-вимірювальний, експлуатаційний), їх інженерних систем, до складу робіт, аналізу результатів, оформлення звітів і документації. ДБН В.2.5-67:2013 [26] встановлюють вимоги до проектування інженерних систем, енергоефективності, безпеки, охорони довкілля. ДСТУ ISO 50001:2014 [8] установлює вимоги щодо розроблення, впровадження та поліпшення системи енергетичного менеджменту, що призначена надати організації можливість реалізувати систематизований підхід до досягнення постійного підвищення рівня енергетичної ефективності. Охоплює вимірювання, документацію та

звітність, проектування та методики проведення закупівель у сфері управління енергоефективністю.

### Система чинних норм та стандартів у сфері енергоефективності будівель



Рисунок 1.4 - Система стандартів у сфері енергоефективності будівель

Потенціал енергозбереження будівельних об'єктів України є високим, для його реалізації розроблено та впроваджено цілу низку законодавчих та нормативно-правових документів, що регламентують вимоги стосовно підвищення енергоефективності в сфері ЖІТ. Робота в цьому напрямку продовжується, зокрема відбувається гармонізація нормативної бази України з європейською. Невиконання прийнятих нормативно-правових актів, програм і заходів призводить до стримування реалізації потенціалу.

#### • 1.3.1 Методи визначення енергопотреб з урахуванням різних теплопровідних включень.

Одні з інструментів досягнення енергоефективності у житловому секторі – впровадження заходів на рівні кінцевих споживачів, якими можуть бути як власники приватних будинків, так і ОСББ, ЖБК та інші форми

об'єднання. За типами споживачів це можуть бути житлові будівлі, громадські, промислові та ін. Аналіз стану кожного окремого об'єкту можливий лише за умови застосування певних методик оцінювання та аудиту, а також за наявності засобів для інструментального визначення характеристик будівель. Значну частину житлового фонду (близько 75%) України було зведено до 90-их років, коли вимоги щодо енергоефективності будівель не були чітко сформовані і рівень теплового захисту огорожень був значно нижче, ніж ревіновано сучасними нормами [1]. Також потрібно врахувати відсутність належного догляду як за будинком, так і за інженерними системами, людський фактор (наприклад, втручання в систему опалення, заміна радіаторів). Для модернізації житлового фонду необхідно проаналізувати ситуацію та рівень енергоефективності кожного будинку, розробити програму фінансування та впровадити заходи з енергозбереження. На етапі аналізу спеціаліст визначає стан огорожувальної оболонки будівлі та оцінює рівень її теплового захисту. На сьогодні є наступні шляхи оцінки цього параметру: розрахунковий та інструментальний. Розрахунковий метод викладено у нормативних документах [1-3], умови мікроклімату в будівлях приймаються за [4]. Досить розповсюдженими є випадки, коли під час енергообстежень будівель коефіцієнти теплопередачі конструкцій аудиторами визначаються як для однорідного огороження, тобто спрощено без урахування теплопровідних включень, хоча навіть для будівель без складних архітектурних форм вплив таких «теплових містків» є досить суттєвим. При інструментальному визначенні параметрів теплового захисту оболонки будівлі використовують прилад – термогірометр із зондом для визначення коефіцієнту теплопередачі. Для визначення локальних термічно-неоднорідних ділянок використовується прилад – тепловізор. Порядок, за яким виконуються натурні вимірювання, регулюються сучасними нормативними документами та стандартами [5,6]. Методика для розрахунків показників теплового захисту за допомогою



тепловізійного обстеження чітко не сформована, а визначення показників на основі даних, що були отримані при тепловізійній діагностиці, будуть трудомісткими. Тепловізійне обстеження конструкцій є ефективним інструментом для виявлення температурних аномалій.

Теплотехнічний розрахунок без урахування теплопровідних включень

Втрати теплоти, Вт·год, через зовнішні стіни визначаються за формулою:

$$Q_{cm} = \sum_i U_i A_i (t_{вн} - t_{внo}) \cdot 24 \quad (1.1)$$

де,  $t_{вн}$  – розрахункова температура внутрішнього повітря для житлових будівель для теплотехнічних розрахунків, за дод. В стандарту [28] 20 °С,

$A_i$  – площа зовнішньої стіни, м<sup>2</sup>;

$U_i = 1/R_{\Sigma i}$  – коефіцієнт теплопередачі огороження, (Вт/(м<sup>2</sup>·К)),

де  $R_{\Sigma i}$  – опір теплопередачі відповідного огороження, (м<sup>2</sup>·К)/Вт.

Опір теплопередачі термічно однорідного непрозорого огороження відповідно до стандарту [40] розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_з}, \quad (1.2)$$

де,  $\alpha_в$ ,  $\alpha_з$  – коефіцієнти теплопровідності внутрішньої і зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції, (Вт/м<sup>2</sup>К), приймають за дод. 8 стандарту [19];

$\delta_i$  – товщина  $i$ -го шару огорожувальної конструкції, (м);

$\lambda_i$  – коефіцієнт теплопередачі  $i$ -ого шару огороження, (Вт/м·К);

$n$  – кількість шарів огорожувальної конструкції.

Визначення трансмісійних тепловтрат з урахуванням теплопровідних включень за національним стандартом

За стандартом EN 13790 [27] та національною методикою розрахунку [24] теплопередача трансмісією, Вт-год, для кожного місяця опалювального періоду визначається окремо за формулою (3):

$$Q_{tr} = H_{tr,adj}(\theta_{int,set,H} - \theta_e)t, \quad (1.3)$$

де  $H_{tr,adj}$  – загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією, Вт/К, встановлений для різниці температур всередині-зовні;

$\theta_{int,set,H}$  – задана температура зони будівлі для опалення для житлових приміщень за стандартом [14] для II категорії (нормальний рівень) приймаємо 20°C;

$\theta_e$  – середньомісячна температура зовнішнього середовища, що приймається за дод. А стандарту [24] °C;

$t$  – тривалість опалювального періоду (год).

Для будівлі в цьому значення коефіцієнту теплопередачі трансмісією, Вт/К, повинно бути розраховано згідно стандарту ISO 13790 [27]:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A \quad (1.4)$$

де,  $H_D$  – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К;

$H_g$  – стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту, Вт/К;

$H_U$  – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об'єми, Вт/К;

$H_A$  – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до суміжних будівель, Вт/К.

В ході дослідження будемо враховувати лише втрати через зовнішні стіни, тому визначатимемо лише  $H_D$  для непрозорих огорожень, а усі інші складові формули (4) приймемо як такі, що дорівнюють нулю. Коефіцієнт теплопередачі трансмісією через стіни визначається за формулою:

$$H_D = b_{tr} \left[ \sum_i A_i \cdot U_i + \sum_k \Psi_k \cdot l_k + \sum_j \chi_j \right], \quad (1.5)$$

де  $A_i$  – площа і-го елемента оболонки будівлі, ( $\text{м}^2$ );

$U_i$  – коефіцієнт теплопередачі і-го елемента оболонки будівлі, ( $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ), що становить  $U_i = 1/R_{\Sigma i}$ , де

$R_{\Sigma i}$  – опір теплопередачі і-го елемента оболонки будівлі, ( $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ), що визначено за формулою (2):

$\Psi_k$  – лінійний коефіцієнт теплопередачі к-го лінійного теплопровідного включення,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

$l_k$  – довжина к-го лінійного теплопровідного включення, м;

$\chi_j$  – точковий коефіцієнт теплопередачі j-го точкового теплопровідного включення,  $\text{Вт}/\text{К}$ ;

$b_{tr}$  – поправочний коефіцієнт, для розрахунку  $H_D$  приймається  $b_{tr}=1$ .

Розрахунок трансмісійних тепловтрат з урахуванням теплопровідних включень згідно європейського стандарту EN 12831

Згідно до європейського стандарту EN 12831 [28] визначення тепловтрат за рахунок теплопередачі з урахуванням теплових мостів може проводитися за спрощеним методом визначення втрат теплоти за рахунок теплопередачі. Він полягає в коригуванні значення коефіцієнта теплопередачі:

$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb}, \quad (1.6)$$

де  $U_{kc}$  – скоригований коефіцієнт теплопередачі ділянки будівлі з урахуванням лінійних теплових мостів, ( $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ );

$U_k$  – коефіцієнт теплопередачі елемента будівлі, (Вт/(м<sup>2</sup>·К));

$\Delta U_{tb}$  – коригуючий коефіцієнт, що залежить від типу елемента будівлі та береться з додатку до стандарту, (Вт/(м<sup>2</sup>·К)).

Значення коригуючого коефіцієнту для огорожень досліджуваної будівлі визначено за стандартом [28] і наведено нижче у таблицях 1.1-1.3.

Таблиця 1.1 – Коригувальний коефіцієнт  $\Delta U_{tb}$  для вертикальних елементів

Кількість перекриттів, що перетинають теплоізоляцію	Кількість стін, що перетинаються	$\Delta U_{tb} \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right)$ , при об'ємі приміщення $> 100 \text{ м}^3$
0	2	0,05

Таблиця 1.2 – Коригувальний коефіцієнт  $\Delta U_{tb}$  для горизонтальних елементів

Елемент будинку	$\Delta U_{tb} \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right)$
Важка підлога (бетон тощо)	0,2

Таблиця 1.3 – Коригувальний коефіцієнт  $\Delta U_{tb}$  для прорізів

Площа елемента будинку, м <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb} \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right)$
$> 20$	0,1

Теплопередача трансмісією, Вт/год, для кожного місяця опалювального періоду визначається окремо за формулою (3), де загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією для зовнішніх огорожень, Вт/К:

$$H_{tr,adj} = H_D = A \cdot U_{kc}, \quad (1.7)$$

де  $A$  – площа зовнішніх стін (утепленої та неутепленої частини), м<sup>2</sup>.

Стандарт не прийнято у нашій країні, тому його практичне застосування можливе лише для повірочних цілей.

#### **1.4 Прилади, методи визначення характеристик будівель під час енергозбереження**

Проведення енергетичного обстеження (енергоаудиту) складається з декількох етапів: підготовчий, документальне енергетичне обстеження, інструментальне енергетичне обстеження, оформлення результатів. Типові методики проведення енергетичних обстежень, як правило, містять перелік обладнання, яке необхідно для проведення аудиту. Для кожної галузі і підприємства цей перелік може змінюватися. Все залежить від завдань і об'єктів.

Якщо підприємство або організація замовила експрес-енергоаудит, то енергообстеження може бути проведено з використанням мінімального приладового парку. Для таких обстежень набір обладнання повинен включати в себе прилади для вимірювання показників якості електроенергії, витрати рідини, витрати теплового потоку, температури, виявлення течі. Як правило, такий тип обстеження цілком підходить для невеликих адміністративних організацій, зокладі - для шкіл і дитячих дошкільних установ.

Якщо ж замовник енергоаудиту усвідомлює важливість енергозбереження та очікує вигоду від економії енергоресурсів, хоче отримати якісні результати обстеження і більше детальних рекомендацій щодо збереження енергії, то проведення енергоаудиту потребують більшого парку приладів. Такі типи обстежень вибирають підприємства з великим обсягом споживаної енергії або технологічно складні об'єкти.

#### **Види енергоаудиторських лабораторій**

На сьогоднішній момент існують дві підходу до побудови енергоаудиторської лабораторії:

## 1. Мобільна енергоекологічного вимірювальна лабораторія.

Транспортний засіб (найчастіше - мікроавтобус) оснащеної вимірювально-обчислювальним комплексом. Для збору даних, що надходять від різних вимірювальних приладів, є стаціонарні і виносні пристрої збору інформації .. Автобус під'їжджає на можливо близьку відстань, а датчики встановлюються на об'єкт вимірювань. Центральний комп'ютер обробляє дані, що надходять з датчиків в реальному часі. Такі лабораторії називаються «енергоавтобусами». В основний комплект такої лабораторії входять такі основні засоби вимірювання:

- метеостанція (вимірювання температури, вологості навколишнього повітря, швидкості вітру);
- безконтактний ультразвуковий витратимір рідин (газів, сумішей);
- аналізатор електроспоживання (вимірювання сили струму, напруги, потужності і т. д.);
- осцилограф (перегляд вимірювальних сигналів);
- інфрачервоні вимірювачі температури поверхні;
- тепловізор (інфрачервона відеокамера для побудови температурних полів об'єктів);
- вимірювачі якості води;
- датчики для вимірювання щільності теплового потоку через поверхню;
- вимірювальні перетворювачі температури і термоелектричні термометри;
- вимірювальні перетворювачі тиску

В даний час за такою схемою будуються спеціалізовані діагностичні лабораторії, але для загального енергоаудиту загальноприйнятою стає друга концепція.

2. Набір автономних портативних приладів. Основні вимоги до таких приладів:

- при вимірюванні режиму електричних ланцюгів - відсутність впливу на роботу досліджуваних електричних ланцюгів;

- портативність - вага не більше 15 кг, виконання в захищеному корпусі або наявність захисного чохла;

- автономність - наявність вбудованого джерела живлення, що забезпечує кілька годин роботи;

- можливість реєстрації даних - наявність внутрішнього накопичувача або, в крайньому випадку, уніфікованого виходу для підключення зовнішнього пристрою, що запам'ятовує;

- зв'язок з комп'ютером - наявність порту і програмного забезпечення для передачі даних на ПК;

- наявність діючого свідоцтва про калібрування або свідоцтва про перевірку.

До теперішнього моменту накопичено вже достатній досвід для того, щоб скласти перелік типового обладнання для проведення енергетичного обстеження. Як правило виділяють мінімальний набір додаткових інструменти.

Мінімальний набір для проведення енергетичного обстеження:

- накладний УЗ-визомір рідини;

- електрохімічний газ-аналізатор;

- електроаналізатор для вимірювання і реєстрації струмів і напруги;

- інфрачервоний термометр;

- термометри з повітряними, зануреними, накладними та іншими датчиками;

- гігрометр;

- люксметр;

- анемометр;

- накопичувач даних з двома температурними каналами і двома струмовими або потенціальними каналами.

Призначення приладів в таблиці типового обладнання нижче.

Таблиця 1.4 - Обладнання для проведення енергоаудиту

Обладнання	Призначення
 тепловізійний комплекс (тепловізор)	Безконтактний контроль температури поверхонь твердих (сипких) тіл, газових струменів і розплавів різних матеріалів за їх тепловим (інфрачервоному) випромінюванню; візуалізація, запис, обробка, аналіз зображень теплових полів.
комплект расходомеріста	Вимірювання кількості та витрати рідини (нафти, мазуту, нафтопродуктів, води, рідких хімічних речовин), пара, газу для технологічних і комерційних вимірювань.
 пірометр	Безконтактне вимірювання температури об'єктів за їх тепловим (інфрачервоному) випромінюванню. Здійснення в важкодоступних місцях: діагностики електрообладнання; місця пошкодження теплоізоляції.
 термометр контактний	Вимірювання при постійному або оперативному (вибірковому) контролі температури рідких, сипучих, в'язких, повітряних і газових середовищ, поверхонь твердих тіл, відносної вологості повітряно-газових середовищ, точки роси, а також розплавів кольорових і чорних металів.
течетрассопоісковий комплект	Позиціонування і глибини залягання схованих комунікацій (кабель, трубопровід) на глибині до 5 м; визначення місць пошкодження кабельних ліній; пошук витоків з трубопроводів.
 газоаналізатор	Вимірювання складу димових газів для налаштування теплоенергетичних установок, контролю викидів NOx (налагодження режимів горіння, екологічний контроль); контроль і сигналізація про перевищення вмісту в повітрі робочої зони токсичних, вибухонебезпечних газів.



Продовження таблиці 1.4	
 <p>вимірювач теплових потоків</p>	<p>Вимірювання щільності теплових потоків, що проходять через огорожувальні конструкції споруд, через облицювання і теплоізоляцію енергооб'єктів. Визначення теплопровідності матеріалів.</p>
 <p>кліщі струмові</p>	<p>Дозволяють вимірювати силу струму безконтактним способом з високою точністю, не перериваючи подачу електроенергії споживачам.</p>
 <p>аналізатор якості електроенергії</p>	<p>Вимірювання і реєстрація показників якості електроенергії (ПКЕ), вимір електроенергетичних величин в одно- і трифазних мережах, реєстрація активної, реактивної і повної потужності через заданий інтервал часу.</p>
 <p>далекомір</p>	<p>Пристрій, призначений для визначення відстані від спостерігача до об'єкта.</p>
 <p>вимірювач-реєстратор</p>	<p>Індикація, реєстрація з прив'язкою за часом і зберігання даних різних фізичних величин (температура, вологість, тиск, вагу) при транспортуванні, зберіганні і в технологічних процесах з наступною роздруківкою у вигляді графіків і таблиць, передачею їх на комп'ютер для візуалізації у вигляді таблиць і графіків</p>
 <p>анемометр</p>	<p>Вимірювання параметрів в системах вентиляції, кондиціонування, метеорологічні вимірювання на суші, морі, шахтах, рудниках.</p>
<p>люкоіскатель</p>	<p>Пошук і ідентифікація металевих предметів в діелектричних (сухий силіконовий пісок, дерево і т.п.) і слабо провідних середовищах (грунт, цегляні стіни і т.п.). Максимальна глибина виявлення - 250см.</p>

## Продовження таблиці 1.4

 <p>мегомметр</p>	<p>Мегомметр або мегаомметр (від мега ..., ом ... метр), прилад для вимірювання дуже великих (понад 105 ом) електричних опорів. Мегаомметри застосовуються для вимірювання опору ізоляції електричної проводів, кабелів, роз'ємів, трансформаторів, обмоток електричних машин і інших пристроїв, а також для вимірювання поверхневих і об'ємних опорів ізоляційних матеріалів.</p>
 <p>люксометр</p>	<p>Вимірювання енергетичної освітленості, освітленості, створюваної різними джерелами, яскравості і коефіцієнта пульсації оптичного випромінювання у видимій, ультрафіолетовій та інфрачервоній областях спектру</p>
<p>тахометр</p>	<p>Застосування для контролю частоти обертання колінчастого валу двигунів внутрішнього згоряння практично на всіх типах транспортних засобів (автомобілях, тракторах, тепловозах, судах, літаках). Також застосовуються тахометри для контролю частоти обертання робочих органів технологічних машин.</p>
 <p>шумомер</p>	<p>Вимірювання і аналіз шуму і вібрації в житлових, виробничих і польових умовах, оцінка загальної та локальної вібрації, вимір рівнів звуку і рівнів звукового тиску.</p>
 <p>показчик правильності чергування фаз</p>	<p>Призначений для перевірки енергетичних трифазних установок в діапазоні міжфазних напруг від 100 до 600 В. Живлення вимірювача здійснюється від вимірюваної установки (окремого живлення не потрібно). Прилад показує наявність напруги всіх фаз; контролює симетрію всіх напруг і відсутність симетрії і визначає правильність чергування фаз. Всі результати відображаються за допомогою яскравих, добре видимих світлодіодів.</p>

## Продовження таблиці 1.4

<p>ультразвуковий витратомір рідини (накладної)</p>	<p>Дозволяє проводити вимірювання швидкості, витрати та кількості рідини, що протікає в трубопроводі, без порушення його цілісності і зняття тиску. Ультразвукових витратомірів має бути не менше двох для зведення балансу в гідравлічних мережах. Один з них повинен бути оснащений високотемпературними датчиками, що працюють при температурі теплоносія до 200 °С.</p>
<p>електроаналізатор</p>	<p>Вимірює і реєструє струми і напруги в 3-х фазах, активну і реактивну потужності, спожиту активну і реактивну електроенергію</p>
<p>електрохімічний газоаналізатор</p> 	<p>Визначає вміст кисню, окису вуглецю, температуру продуктів згоряння. Служить для вимірювання складу димових газів для настройки теплотехнічних установок, контролю викидів NOx (налагодження режимів горіння, екологічний контроль); контролю і сигналізації про перевищення вмісту в повітрі робочої зони токсичних, вибухонебезпечних газів. Електрохімічні газоаналізатори повинні бути оснащені датчиками для визначення допустимих концентрацій окислів азоту і сірки в димових газах, а також піломер</p>
<p>гігрометр</p>	<p>Вимірювальний прилад для визначення вологості повітря. Існує кілька типів гігрометрів, для яких застосована на різних принципах: ваговою, вологоізолюю, плівковий і інших.</p>
<p>накопичувач даних для запису змінних сигналів</p>	<p>Накопичувач повинен мати не менше двох температурних каналів для безпосереднього підключення температурних датчиків, а також не менше двох струмових або потенційних каналів для реєстрації стандартних аналогових сигналів</p>

Всі прилади, які використовуються для проведення енергоаудиту повинні бути повірені, мати внутрішню пам'ять і бути внесеними до державного реєстру.

## ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ

Енергоефективність будівель в Україні значно нижче, ніж в Європі, рівень споживання енергоносіїв на квадратний метр в середньому в 3 – 3,5 рази вище. Щоб підвищити ефективність споживання енергоресурсів, в Україні прийнято закон «Про енергетичну ефективність будівель», яким встановлено кілька класів енергоефективності будівель – від А до G, які за своїми вимогами аналогічні європейським стандартам. При цьому встановлено, що енергоефективність будівель нового житлового фонду повинна бути не нижче С.

На сьогоднішній день існує багато методів, програмних продуктів та приладів для полегшеного та швидкого обстеження будівель, що значно спрощує роботу енергоаудиторів.

Кафедра БВУП  
Національний університет  
"Запорізька політехніка"

## РОЗДІЛ 2.

### ТЕПЛОВІ ТРАТИ ЧЕРЕЗ ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КНСТРУКЦІЇ. АНАЛІЗ ТА РОЗРАХУНКИ

#### 2.1 Теплові втрати через огорожувальні конструкції. Аналіз та розрахунки

У холодний період року в результаті різниці внутрішньої і зовнішньої температур відбувається передача теплоти з будівлі в навколишнє середовище. Передача теплоти здійснюється з одного боку, теплопередачею будівельних конструкцій, з іншого боку - за рахунок проникнення повітря через щіли, стики, нещільності вікон, дверей і будівельних конструкцій. Ця теплота є втраченою (тепловтрати).

Через які елементи в будинку може втратити тепло:

- найчастіше головною причиною втрати тепла є вікна: старі або неправильно встановлені вікна можуть випускати зі своїх щілин основний «масив» тепла з квартири;
- пошкоджена конструкція стін, які втрачають свої властивості з часом, також стають причиною тепловтрат;
- конструкція підлоги, особливо в приватних будинках, теж призводить до втрат дорогоцінного тепла;
- стелі – такі ж «джерела», через які йде тепло назовні.

Для огорожувальних конструкцій стан теплової відмови встановлюється при наявності хоча б одного з наступних параметрів:

- перевищення значень перепаду температур між приведеною температурою внутрішньої поверхні конструкції і температурою повітря допустимих за санітарно-гігієнічними вимогами;
- зниження локальних значень температур внутрішньої поверхні до температури конденсації пари повітря;

- накопичення вологи в товщі конструкції в річному експлуатаційному циклі; поява на внутрішній поверхні конструкції або під її оздоблювальними шарами цвілі, грибкових утворень.

За своєю фізичною суттю теплова відмова конструкцій, теплоізоляційної оболонки чи будинку в цілому відноситься до часткових відмов, тобто втрати їх спроможності виконувати частину своєї функції. При виникненні теплової відмови теплоізоляційної оболонки будинок не втрачає своїх характеристик загальної надійності – захисту людини від навколишнього середовища, тощо. Але при цьому не виконуються перераховані вище критерії експлуатаційної придатності будинку.

Поняття теплової відмови безпосередньо пов'язане з поняттям граничного стану конструкції, під яким у даному випадку слід розглядати такий стан теплоізоляційної оболонки будинку або об'єкта досліджень, при якому подальша його експлуатація пов'язана з порушенням нормальних умов життєдіяльності людини, підвищенням економічних витрат, а також зменшенням довговічності конструкцій.

#### Класифікація теплових відмов ізоляційної оболонки будинків

1.проектні (конструкційні) відмови, які спричинені недосконалістю чи порушенням норм проектування, що призводить до необґрунтованого вибору різня теплоізоляції елементів теплоізоляційної оболонки, нехтуванням аналізу конструктивних особливостей огорожень і, як наслідок, появою конденсату на їх внутрішній поверхні або накопичення вологи в їх товщі в холодний період року, недостатній облік факторів, що впливають на експлуатаційні властивості конструкцій або неправильний вибір розрахункових параметрів матеріалі;

2.технологічні (виробничі) відмови, які спричинені недосконалістю виготовлення й монтажу конструкцій і, як наслідок, вплив випадкових факторів (відхилення від проектної щільності теплоізоляційного шару, недотримання проектних рішень герметизації стикових з'єднань панелей,

елементів тощо) на експлуатаційні властивості теплоізоляційної оболонки в цілому;

3.експлуатаційні (відмови через неправильне поводження), що спричинені зниженням потужності роботи систем опалення й вентиляції, випадкові замочування конструкцій, тощо;

4.концептуальні (системні) відмови, які однозначні пов'язані з недосконалістю нормативної бази, що встановлює неадекватні для сучасних конструкцій нормативні розрахунки теплових показників та недостатньо чітко регламентує правила та параметри оцінки, здійснення проектування без встановлення вимог теплової надійності до основних елементів, що формують тепловологісний режим, і які можливо усунути тільки після реформування нормативної бази проектування конструкцій теплоізоляції будинків.



Рисунок 2.1- Теплова відмова внаслідок внутрішнього утеплення стіни

Статистичні дані результатів досліджень виникнення чотирьох типів теплових відмов в будинках, що запроектовані за радянськими нормами до 1996 р. та за вітчизняними нормами після 1996 р. наведено на рисунку 2.2.

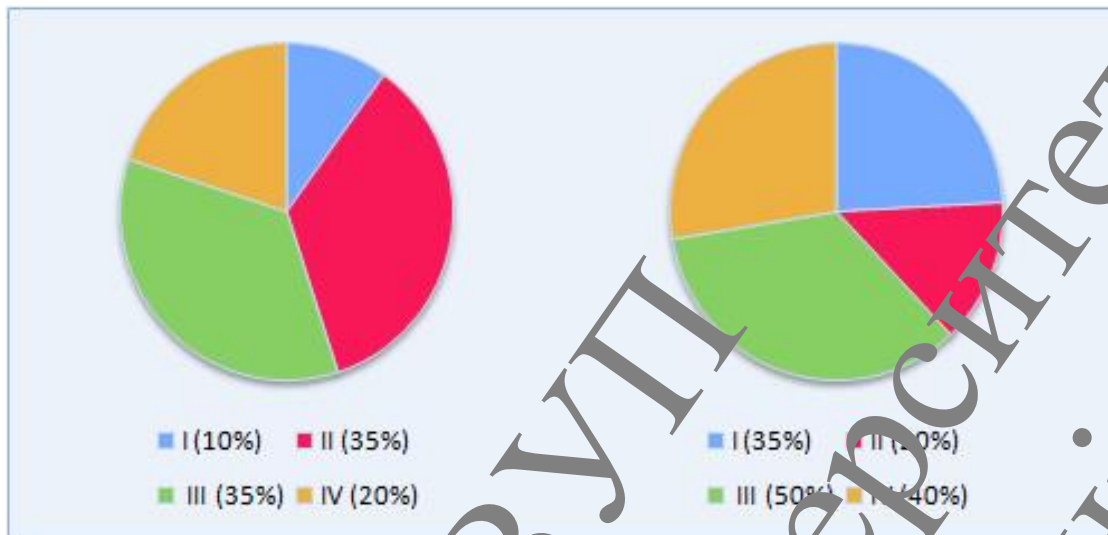


Рисунок 2.2. - Структура розподілу виникнення теплових відмов за типами в будинках забудови 1966-1996 рр. (зліва) та забудови після 1996 р. (справа)

У більш сучасних будинках збільшилася питома вага відмов 1-го типу, що обумовлено наступним. До 1996 р. зовнішні стіни житлових та громадських будівель в основному були одношаровими, термічно однорідними, і оцінювання теплотехнічних показників при їх проектуванні було методично простим. Крім того, проектування здійснювалося на підставі типових рішень, які проходили детальну теоретичну та експериментальну перевірку, і тому при використанні більш складних в теплофізичному відношенні тришарових стінових панелей кількість помилок при проектуванні була невеликою. Введення підвищених нормативних вимог до рівня теплоізоляції зовнішніх огорожень житлових та громадських будівель призвело до кардинальної зміни їх конструктивних рішень. Сучасні конструкції є багатшаровими, теплопровідність матеріалів шарів відрізняється на кілька порядків, що обумовлює необхідність застосування більш складних методичних положень при проведенні оцінки теплотехнічних показників конструкцій.

Крім того, принципово змінився архітектурний вигляд житлових та громадських будинків, фасади виконуються з використанням сучасних



конструктивних систем, значно підвищився коефіцієнт застосування фасадів. На одному будинку можуть використовуватися різні конструкції фасадної теплоізоляції. На зміну типовому проектуванню прийшло індивідуальне, але при цьому необхідна перевірка не здійснюється, що і призводить до виникнення станів теплових відмов, незважаючи на високі значення опору теплопередачі по основному полю конструкцій.

Відмови 2-го типу займають значну частину від загальної кількості теплових відмов для будинків забудови 1960-1996 рр., що проаналізовано вище. Але і для нових будинків відмови цього типу є також відчутними. При цьому симптоматичним є те, що вони найбільш часто зустрічаються в конструкціях з зовнішнім фасадним утепленням, тобто в тих конструктивних рішеннях, які найбільш фізично обґрунтовані для теплоізоляції будинків. Виникнення цих типів теплових відмов було обумовлено відсутністю нормативних вимог з улаштування систем фасадного утеплення і, як наслідок, не проведенням відповідного контролю якості виконання робіт. Однак, зараз розробляється система нормативних документів до конструкцій фасадної теплоізоляції, що дасть змогу зменшити в практиці будівництва кількість теплових відмов даного типу.

Значна кількість теплових відмов у будинках забудови 1960-1996 рр. виникла в середині 90-х років минулого сторіччя, коли в Україні вольовим рішенням місцевих експлуатаційних органів було знижено параметри теплоносіїв в житлових та громадських будівлях. В результаті невиконання умови теплового балансу, при якому забезпечуються нормальні тепловологісні параметри приміщень, в масовому порядку виникають теплові відмови 3-го типу.

Відносно невелика частка відмов 4-го типу в будинках радянської забудови пояснюється тим, що вони проектувалися за часів дешевих енергоносіїв і до концептуальних недоліків слід відносити тільки те, що

нормативна методика визначення оптимального опору теплопередачі огорожувальних конструкцій на практиці не застосовувалася. Для будинків нової забудови частка цього типу відмов є найбільш вагомою внаслідок змін саме конструктивних принципів проектування теплоізоляційної оболонки будинків.

Для великопанельних будинків, які займають вагому нішу в існуючому житловому фонді України і потребують масової реконструкції, причиною виникнення стану теплових відмов є наступні конструктивно-технологічні недоліки:

- недостатня герметизація стикових з'єднань панелей при монтажу будинку. Це обумовлює високу інфільтрацію зовнішнього повітря всередину будинку, внаслідок чого знижуються температури внутрішньої поверхні стін, створюються недопустимі теплові умови, при яких можлива поява конденсату та виникнення плісняги; особливо часто це спостерігається в зонах кутових з'єднаннях панелей;

- використання панелей з технічними дефектами. За результатами натурних досліджень великопанельних будинків було зафіксовано, що густина виникнення теплових відмов найбільша в приміщеннях першого та останнього поверху будинків. У стінах останнього поверху причиною виникнення відмов були в основному технологічні відхилення при виготовленні панелей. У процесі монтажу будинків завжди зустрічалися дефектні панелі з тріщинами, невідповідною вагою, тощо, теплотехнічні показники яких були низькі вже в початковий момент, і замість їх повнення (що призводило до уповільнення термінів, збільшувало собівартість будинку, а монтаж здійснювався, як правило, силами домобудівельного комбінату, тобто виробника панелей) такі дефектні панелі монтували на верхньому поверсі, де нижчі несучі елементи мають переваження і менший ризик руйнування самого будинку;

- конструктивна недосконалість інженерних систем будинків. На перших та останніх поверхах (в залежності від поверховості будинків) причиною теплових відмов є недосконалість систем опалення будинків перших масових серій – відсутність поповерхового розведення труб опалення обумовлює істотну розбіжність параметрів мікроклімату по висоті будинку;

- необґрунтовані технічні рішення з метою реконструкції теплоізоляційної оболонки будинків. Підвищення показників теплоізоляції будинку потребує значних коштів, тому в економічних умовах нашої країни дуже поширеною є часткова реконструкція – в окремо взятій квартирі (рис.2.3) або в кімнаті шляхом:

- заміни старих вікон з дерев'яною плетінні на сучасні з ПВХ зі склопакетами, в алюмінієвому або дерев'яному обрамленні. При невирному, в тепловому відношенні, виборі вікон така заміна погіршує тепловологісний режим приміщень. Оскільки в переважній більшості населенням обираються дешеві вікна з однокамерними склопакетами зі стандартного скла, опір теплопередачі яких не вищий, ніж у старих дерев'яних вікон, але повітропроникність набагато нижча (в 5-15 разів). Це, при незмінній системі вентиляції (примивно-витяжній з припливом через віконні елементи), істотно погіршує повітрообмінний та вологісний режим приміщень. В результаті теплові відмови (рис.2.4) з'являються вже в перший рік після такої реконструкції та ще з більшою інтенсивністю, аніж до заміни вікон;

- герметизації зовнішньої поверхні стін (рис. 2.5) в зоні тих квартир, де вологість підвищена (за такою логікою: якщо стіна волога, то причиною цього є протікання стіни від атмосферних опадів і слід наносити гідроізоляцію на зовнішню поверхню стіни). В результаті та волога, що утворюється на поверхні та в товщі стіни в рідкому стані, по суті консервується з подальшим її накопиченням;



Рисунок 2.3. - Часткова термореконструкція старих будинків



Рисунок 2.4. - Теплова відмова (утворення плісняви) після заміни дерев'яного вікна на ПВХ



Рисунок 2.5 - Герметизація зовнішньої поверхні стін ідрозольюючими паронепроникними матеріалами

Для будинків із сучасними архітектурними рішеннями фасадів із застосуванням сучасних світлопрозорих конструкцій особливе значення має проектне опрацювання конструктивних рішень теплового стану вузлів сполучення конструкцій між собою. При невиконанні цього етапу є дуже висока вірогідність виникнення станів теплових відмов.

## **2.2. Методи оцінки теплотехнічних властивостей огороджувальних конструкцій**

Енергоаудитори повинні дивитися на будівлю як на набір математичних рівнянь! Значчи фізику, яка лежить в основі теплового та масового енергетичного балансу будівель, значно простіше знаходити правильні заходи та рішення з поліпшення енергоефективності під час модернізації будівель. Енергоаудитори, які не розуміють фізику, що лежить в основі цих процесів,

навчені лише вводити дані в розрахункову програму, є джерелом серйозних помилок. Розрахункова модель завжди даватиме результат, проте вона зрідка розумітиме якість вхідних даних та припущень. Оболонка будівлі складається з цокольного приміщення, стін, вікон, дверей та даху. На неї припадають основні енергетичні втрати будівлі. Решта енергії втрачається через отвори та вентиляційні канали, які дозволяють теплу повітря виходити, а холодному – заходити в приміщення (або ж спеціально – через вентиляцію, або неконтрольовано – через отвори та тріщини). Ця втрачена енергія має компенсуватися системою опалення. Рівень теплонадходження залежить від:

- Різниці температур між приміщенням і вулицею
- Теплоізоляційних властивостей оболонки будівлі
- Кількості свіжого повітря, яке надходить до будівлі через контрольовану вентиляцію або нещільні вікна, двері чи стіги в стінах.

Значні тепловтрати відбуваються через структуру стін. Поліпшення ізоляції в цьому місці є важливим заходом, який допомагає як заощадити енергію, так і захистити будівлю від подальшого руйнування. У будівельних кодексах та нормах містяться вимоги щодо мінімальних параметрів. Загалом, цікаво зрозуміти ідею, яка лежить у основі оптимальної товщини теплоізоляції. Як правило, кожен наступний доданий сантиметр теплоізоляції дає дедалі меншу економію енергії.

Методи оцінки теплозахисних властивостей огороджувальних конструкцій:

Розрахунок приведеного опору теплопередачі непрозорих огороджувальних конструкцій та визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару.

1) Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначають за умовою:

$$R_{\Sigma np} \geq R_{q \min} \quad (2.1)$$

Де  $R_{\Sigma np}$  – приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огорожувальної конструкції ( опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огорожувальної конструкції),  $m^2 \cdot K/Wt$ , що розраховують згідно з 5.2-5.6 стандарту.

$R_{q min}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції або непрозорої частини огорожувальної конструкції,  $m^2 \cdot K/Wt$ , встановлюють згідно з ДБН В.2.2-31.

2) Опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огорожувальної конструкції розраховують за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\beta}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_{\beta}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (2.2)$$

Де  $\alpha_{\beta}, \alpha_3$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції,  $Wt/(m^2 \cdot K)$ , які приймають згідно з додатком Б:

$R_i$  – тепловий опір і-го шару конструкції ( $m^2 \cdot K$ )/ $Wt$ ;

$\delta_i$  – товщина і-го шару конструкції, м;

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації (розрахункова теплопровідність),  $Wt/(m \cdot K)$ ;

$n$  – кількість шарів огорожувальної конструкції.

Розрахункову теплопровідність матеріалів приймають згідно з додатком А.

Для замкнутих повітряних прошарків значення теплового опору визначають за даними, наведеними у додатку В.

3) Приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огорожувальної конструкції розраховують за формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^l \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^j k_j L_j + \sum_{k=1}^k \psi_k N_k} \quad (2.3)$$

де  $F_{\Sigma}$  – загальна площа конструкції,  $m^2$ ;

$R_{\Sigma i}$  – опір теплопередачі  $i$ -ої термічно однорідної частини конструкції,  $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ , визначають згідно з формулою (2);

$F_i$ - площа  $i$ -ої термічно однорідної частини конструкції,  $\text{м}^2$ ;

$k_j$ - лінійний коефіцієнт теплопередачі  $j$ -го лінійного теплопровідного включення,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

$L_j$ - лінійний розмір (проекція)  $j$ -го лінійного теплопровідного включення,  $\text{м}$ ;

$\psi_k$ - точковий коефіцієнт теплопередачі  $k$ -го точкового теплопровідного включення,  $\text{Вт}/\text{К}$ ;

$N_k$ - загальна кількість  $k$ -их точкових теплопровідних включень.

4) Визначення лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі необхідно здійснювати на підставі розрахунків двовірних та тримірних температурних полів відповідно. Методика розрахунків встановлена згідно з ДСТУ ISO 10211-1, ДСТУ ISO 10211-2.

Лінійні коефіцієнти теплопередачі поширених лінійних теплопровідних включень наведені в додатку Г, точкові коефіцієнти теплопередачі - в додатку Д.

5) Приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій, що контактують із ґрунтом  $R_{\Sigma \text{прц}}$   $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ , визначають за зонами шириною 2 м, паралельними зовнішнім стінам за формулою:

$$R_{\Sigma \text{прц}} = R_{\Sigma 4} + \frac{\delta}{\lambda} \quad (2.4)$$

де  $R_{\Sigma 4}$  – опір теплопередачі,  $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ , що приймають 2,1 для першої зони; 4,3 – для другої зони; 8,6 – для третьої зони; 14,2 – для площі, що залишилась. Зони шириною 2 м починають намічати від лінії контакту стіни підвалу з ґрунтом вздовж по стіні з переходом на підлогу підвалу. Зони визначають послідовно від усього периметра контакту стін з ґрунтом в напрямку середини будівлі;



$\delta$  – товщина теплоізолюючого шару, м, при теплопровідності утеплювача  $\lambda < 1.2$  Вт/(м<sup>2</sup>·К).

#### Розрахунку теплопередачі до ґрунту технічного підпілля

Розрахунок проводиться для громадської будівлі. Розрахунок проводиться згідно з методикою Б.1.3 додатку Б ДСТУ Б А2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Методи розрахунку енергоспоживання».

1) Коефіцієнт теплопередачі системи огорожувальних конструкцій технічного підпілля  $U$ , Вт/(м<sup>2</sup>·К), визначають з формули:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{1}{U_g + U_x} \quad (2.5)$$

Де  $U_f$  – коефіцієнт теплопередачі перекриття над технічним підпіллям, Вт/(м<sup>2</sup>·К) (між внутрішнім середовищем та простором технічного підпілля);

$U_x = \frac{1}{R_g}$  – коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту, С

$U_x$  – еквівалентний коефіцієнт теплопередачі між простором технічного підпілля та зовнішнім середовищем, обумовлений тепловим потоком зовнішні стіни та вентиляція технічного підпілля, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

2) Коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту  $U_g$  визначають, використовуючи формули:

$$d_q = w + \lambda(R_{si} + R_{se}) \quad (2.6)$$

$$U_g = \frac{\lambda}{\pi \cdot d_q + d_q} \ln \left( \frac{\pi B'}{d_q} + 1 \right) \quad (2.7)$$

де  $R_f$  – термічний опір підлоги технічного підпілля, м<sup>2</sup>·К/Вт;

$w$  – загальна товщина зовнішньої стіни, включаючи всі шари, м;

$\lambda$  – теплопровідність ґрунту, приймають згідно з таблицею Б.1, Вт/(м·К);

$R_{si}$  – тепловий внутрішній поверхневий опір, приймають згідно з таблицею Б.2, м<sup>2</sup>·К/Вт.

$R_{se}$  - тепловий зовнішній поверхневий опір, приймають згідно з таблицею Б.2, м<sup>2</sup> К/Вт.

$B'$  - характерний розмір підлоги, що дорівнює відношенню площі підлоги на половину периметра підлоги за формулою:

$$B' = \frac{A}{0.5P} \quad (2.8)$$

де  $A$  - площа підлоги, м<sup>2</sup>;

$P$  - зовнішній периметр підлоги, м.

Еквівалентний коефіцієнт теплопередачі між внутрішнім простором технічного підпілля та зовнішнім середовищем їх визначають за формулою:

$$U_x = \alpha \cdot \frac{h \cdot U_w}{B'} + 1450 \cdot \frac{\varepsilon \cdot f_w}{B'} \quad (2.9)$$

де  $h$  – висота від відмітки ґрунту до верхньої відмітки перекриття над технічним підпіллям, м;

$U_w$  - коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін технічного підпілля вище рівня поверхні ґрунту, Вт/(м<sup>2</sup> К);

$\varepsilon$  - площа вентиляційних отворів по периметру підпільного простору, м<sup>2</sup>/м;

$v$  - середня швидкість вітру, м/с, визначають згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27, як середня швидкість вітру за переважним напрямом в січні;

$\alpha$  - ступінь вітрозахисту, що визначається згідно з таблицею Б.3.

Примітка. Якщо висота  $h$  змінюється по периметру підлоги, то у формулі ( $U_x$ ) необхідно використовувати середнє значення для всієї будівлі.

## 2.3 Аналіз та оцінка програмних продуктів з енергоефективності

Впровадження системи муніципального енергоменеджменту у певному регіоні чи населеному пункті у відповідності до ISO 50001 передбачає регулярний моніторинг споживання енергоресурсів та енергетичний аудит, що

включає збір даних, аналіз інформації, практичні рекомендації щодо заходів та проектів з енергозбереження, а також їх фінансову та екологічну оцінку.

Оптимальне управління процесами енергоспоживання та енергозбереження окремих будівель і галузі в цілому потребує розвитку та вдосконалення науково-технічних та управлінських методів.

Далі в підрозділі виконаємо огляд можливостей існуючих програмних продуктів для оцінювання показників енергоєфективності будівель, а також аналіз особливостей існуючих методів розрахунку енергоспоживання в будівлях та їх використання при побудові математичних моделей в різних програмних продуктах.

#### Загальна класифікація, переваги та недоліки

За класифікацією вирішуваних задач програмне забезпечення можна поділити наступним чином:

- для проектування: AutoCAD, SolidWorks, GoogleSketchUp, Audytor OZC і Audytor C.O., Autodesk Revit та ін.;
- для моделювання процесів теплообміну: ANSYS, Fluent, Gambit, Therm, SolidWorks та ін.;
- аналіз проектів: RETScreen, SolidWorks, STATISTICA, ENSI, MAC Tool, COMPUSE;
- прогнозування та планування енергоспоживання: OSeMOSYS, SUPER, MESSAGE, Energy Plus та ін.;
- оцінка екологічної ситуації: LEAP, MAED, REAP, Energy Plus, Energy PLAN та ін.;
- для енергетичної сертифікації: Дисплей, програмний продукт НДІБК.

Програмні продукти є різними за складністю, доступністю та іншими ознаками, що призводить до різного ступеню застосування. Під час моделювання енергетичних характеристик будівель важливим показником є

можливість графічної побудови об'єкта, що дає можливість врахувати архітектурні особливості будівлі.

Для деяких програмних продуктів, що не є у вільному доступі (наприклад, FLUENT), створені безкоштовні аналоги. Широкий спектр існуючого програмного забезпечення потребує вивчення його можливостей і певного структурування (див. рис.2.6).

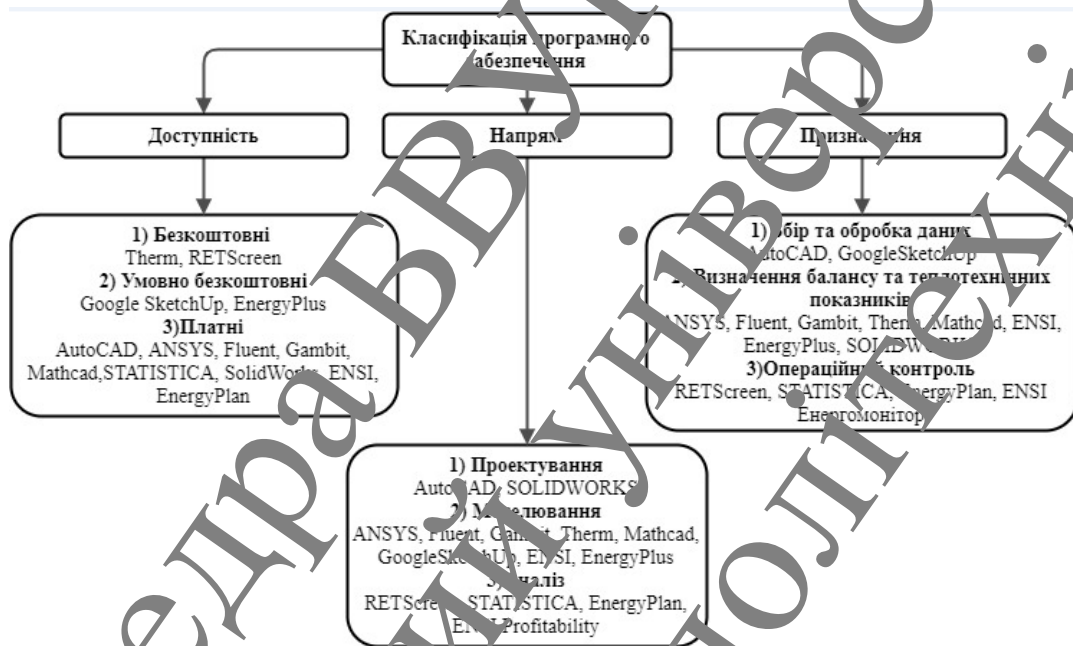


Рисунок 2.6 – Схема класифікації програмного забезпечення

Існуюче програмне забезпечення пропонує високу точність проектування та моделювання, швидкість розрахунків та автоматизацію процесів, інструменти для аналізу даних та проектування. До основних недоліків відносяться складність інтерфейсу, нестабільність та ресурсоємність (див. табл.2.1).

Таблиця 2.1 – Основні переваги та недоліки програмного забезпечення

Програмний продукт	Переваги	Недоліки
AutoCAD	Швидкість проектування	Ресурсоємність
Fluent, Gambit	Точність моделювання	Складність інтерфейсу
Therm	Точність моделювання	Складність інтерфейсу

Продовження таблиці 2.1		
Mathcad	Швидкість, автоматизація	Нестабільність
RETScreen	Економічний аналіз заходів	Немає можливості формувати звіт
SOLIDWORKS	Інтерфейс та взаємодія	Коротка бібліотека елементів
STATISTICA	Повний набір класичних методів статистичного аналізу	Неможливість побудови енергетичних балансів
GoogleSketchUp	Простий інтерфейс	Нескладні об'єкти, нестабільність
ENSI	Енергетична модель будівлі, взаємовплив заходів, баланси	Немає можливості сформувати повноцінний звіт з енергоаудиту
EnergyPlus	Висока точність моделювання	Складність інтерфейсу
EnergyPlan	Структурування даних	Висока швидкість

### 2.3.1 Аналіз та оцінка програмного комплексу фірми Sankom

Польська фірма SANKOM вже більше 20 років існує на ринках Центральної і Східної Європи. І більше 10 років є лідером на ринку країн СНД, створюючи повний комплекс програмного забезпечення з розрахунку інженерних систем опалення та водопостачання. Сьогодні відкриті представництва в Білорусі і в Україні. Програми призначені для проєктувальників внутрішніх інженерних систем опалення та водопостачання.

Головні переваги програми полягають в її підвищеній функціональності. Програма оснащена рядом корисних функцій в т.ч. функцією автоматичної вставки підлог, дахів і зон приміщень, а також функціями, які полегшують зв'язування будівельних огорож. Програма дає можливість виконувати автоматичний розрахунок обсягу приміщенні, навіть зі складною формою, наприклад, розташованим на терасі.

Однотимчасно візуалізація будівлі дозволяє дуже легко знайти помилки, які можуть бути непоміченими в таблицях (відсутність даху, занадто коротка стіна, занадто низька стіна і т.д.).

Нова програма Audytor OZC – версія 6.9 – розроблена спеціально для України.

Дана програма виконує розрахунок тепловтрат згідно з нормою EN12831 і враховує параметри, характерні для України.

Серед цих параметрів є:

- поправочний коефіцієнт, що враховує вплив напрямку вітру та сили вітру на тепловтрати через огорожувальні конструкції;

- поправочний коефіцієнт, що враховує вплив розташування приміщення в будівлі на тепловтрати через огорожувальні конструкції;

- розрахунок тепловтрат на вентиляцію на підставі класів приміщень.

Крім того, нова версія програми дозволяє враховувати в розрахунок

- каталог кліматичних даних з урахуванням швидкості вітру і частоти його виникнення для певних напрямків;

- будівельні матеріали згідно ДБН В.2.6-31: 2016 з описами українською мовою;

- товщину простору над підвісною стелею з метою розрахунку кубатури для розрахунку вентиляції.

Базові функції програми.

- 1) виконати розрахунок коефіцієнтів теплопередачі  $U$  для стін, підлог, покривель і суміщених покриттів, а також стірок з неоднорідною структурою.

- 2) створювати графіки розподілу температур і парціального тиску водяної пари в огорожах.

- 3) виконувати розрахунок проектного теплового навантаження для окремо взятих приміщень, квартир, зон, а також всієї будівлі відповідно до старих і нових норм.

- 4) автоматично перерахувати тепловтрати приміщень і всієї будівлі в разі зміни конструкції (ізоляційної здатності) будівельних огорож.

5) виконувати теплові розрахунки будівель, оснащених різними вентиляційними системами (разом з системами рекуперації та рециркуляції повітря).

б) за бажанням проектувальника здійснювати попередній підбір розмірів опалювальних приладів по приміщеннях.



Рисунок 2.7 – Програма Audytor OZC

### 2.3.2 Аналіз та оцінка програмних продуктів інших фірм

#### Програмний комплекс ROCKPROJECT

Програма ROCKPROJECT використовується проектувальниками і архітекторами, які виконують роботи з проектування теплоізоляційної оболонки і розрахунку параметрів енергетичного паспорта будівлі, складання розділу проекту «Енергоефективність». ROCKPROJECT також використовується енергоаудиторами і експертами в сфері енергоефективності в будівництві для оцінки енергетичних і теплотехнічних показників існуючих

будівель і вибору оптимального технічного рішення щодо підвищення їх енергоефективності.

Програму розроблено на базі нормативних методик, діючих на території України. Вона пройшла необхідну перевірку та затвердження в НДІБК. За результатами перевірки (лист НДІБК від 26.03.2014 р № 217-703) встановлено, що методики та алгоритми, які використовуються в програмі, затверджені на сучасних нормах і стандартах у сфері енергоефективності будівництва. Результати, отримані за допомогою ПЗ ROCKPROJEKT, збігаються з результатами розрахунків, проведених інститутом. У зв'язку з цим програма рекомендується до використання.

#### Функціональні можливості

Програма дозволяє виконувати розрахунки:

- приведення оперу теплопередачі огорожувальних конструкцій відповідно до вимог ДБН В.2.6-31: 2016, ДСТУ Б В.2.6-189;
- повітропроницальності огорожувальних конструкцій відповідно до вимог ДБН В.2.6-31: 2016, ДСТУ-Н Б В.2.6-191;
- вологісного режиму огорожувальних конструкцій відповідно до вимог ДБН В.2.6-31: 2016, ДСТУ-Н Б В.2.6-189;
- параметрів енергетичного паспорта і класу енергоефективності будівлі відповідно до вимог ДБН В.2.6-31: 2016.

економічного і екологічного ефекту від впровадження енергоефективних рішень.

ПЗ ROCKPROJEKT дозволяє скласти розділ проекту «Енергоефективність» у відповідності до вимог ДБН А.2.2-3: 2014 року, ДСТУ Б А.2.2-8: 2010 і формувати звіт, в якості додатку до проектної документації.

Функціонально ПЗ ROCKPROJEKT складається з двох окремих модулів:

- Модуль для проектування, аналізу і теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій;



- Модуль для розрахунків параметрів енергоефективності та складання енергетичної паспорту будівлі.

Розрахунки в кожному із зазначених модулів можна виконувати як незалежно, так і взаємопов'язано (наприклад, результати розрахунків опору теплопередачі огорожувальних конструкцій можуть бути вихідними даними для розрахунків енергоефективності завдання).

Модуль для проектування, аналізу та теплотехнічного розрахунку огорожуючих конструкцій складається з наступних блоків.

- Блок вибору типу будівлі і кліматологічних параметрів об'єкта проектування.

- Блок вибору виду огорожувальної конструкції для проектування і розрахунку.

- Блок розрахунку приведеного опору теплопередачі огорожувальної конструкції і вибору необхідної товщини теплоізоляції.

- Блок розрахунку показників повітропроницності огорожувальної конструкції.

- Блок розрахунку вологісного режиму огорожувальної конструкції.

- Блок формування звіту за результатами розрахунків.

Програма дозволяє виконувати розрахунок для дев'яти типів будівель:

- 1) Житлові одноквартирні будинки;
- 2) Житлові багатоквартирні будинки;
- 3) Громадські будівлі;
- 4) Будинки дитячих навчальних закладів;
- 5) Будівлі дитячих дошкільних установ;
- 6) Заклади охорони здоров'я;
- 7) Підприємства торівлі;
- 8) Готелі;
- 9) Промислові будівлі.

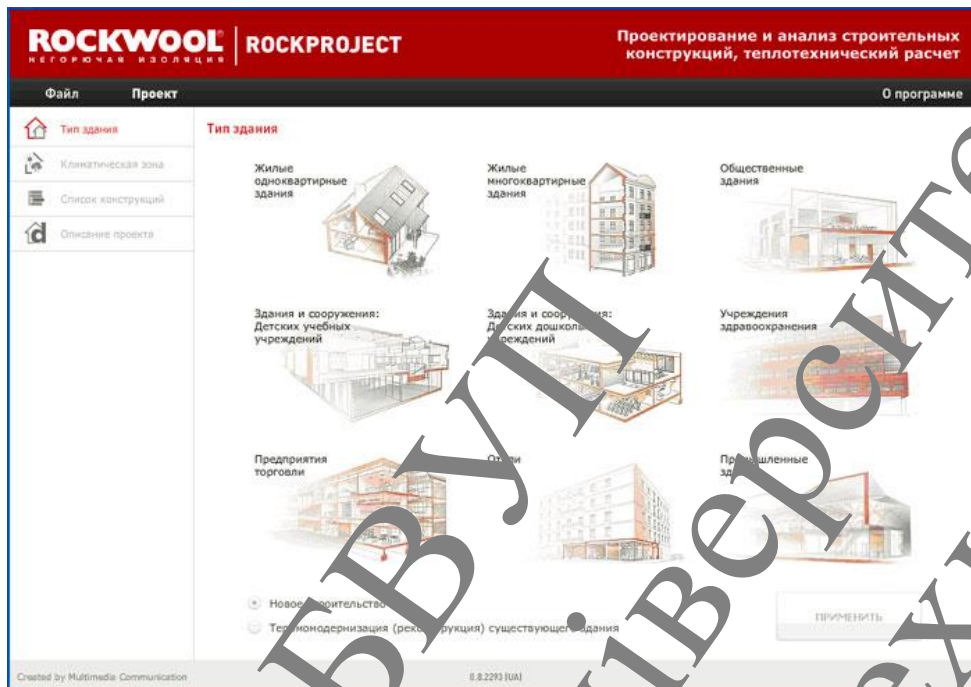


Рисунок 2.8 - Блок wyboru типу будівлі і кліматологічних параметрів

Кліматологічні параметри об'єкта проектування можна визначити або шляхом вибору температурної зони України, або безпосередньо населеного пункту із запропонованого списку. Кліматологічні параметри, закладені в базу даних ПЗ ROCKPROJECT, відповідають даним ДСТУ-Н Б В.1.1-27: 2010 «Будівельна кліматологія».



Рисунок 2.9 - Блок wyboru кліматичної зони або міста

Далі виконується вибір огорожувальних конструкцій для проектування та виконання розрахунків. Із видів конструкцій можна вибрати: непрозорі стіни; покриття (суміщені і скатні); горищні перекриття; цокольні перекриття, перекриття над підвалами; підлоги по ґрунту; світлопрозорі конструкції або вхідні двері.

Для зручності користувачів у програмі вже закладені, рекомендовані компанією ROCKWOOL конструктивні рішення для різних типів непрозорих огорожувальних конструкцій.

Для користувачів також передбачена функція створення (проектування) конструкції для розрахунку. Дана можливість здійснюється шляхом набору конструктиву по слою з матеріалів, закладених в базі даних ПЗ ROCKPROJECT або на основі матеріалів користувача. При створенні матеріалу для додавання в базу користувач повинен ввести його теплофізичні параметри.

База матеріалів в програмі заснована на даних додатка «Л» ДБН В.2.6-31: 2016 та додатка «А» ДСТУ Б В.2.6-189.

Розрахунок приведеного опору теплопередачі огорожувальної конструкції виконується відповідно до вимог ДБН В.2.6-31: 2016, ДСТУ Б В.2.6-189. Для конструктивних рішень, у яких використовуються матеріали ROCKWOOL, передбачена можливість розрахунку мінімально необхідної товщини теплоізоляції, виходячи з вимог норм.

У програмі передбачено три варіанти розрахунку приведеного опору теплопередачі:

- розрахунок без урахування теплопровідних включень;
- розрахунок з урахуванням теплопровідних включень (згідно ДСТУ Б В.2.6-189: 2013);
- розрахунок з урахуванням теплопровідних включень (згідно зі спрощеною методикою).

При розрахунку без урахування теплопровідних включень обчислюється опір теплопередачі конструкції "по полю".

При розрахунку з урахуванням теплопровідних включень (згідно ДСТУ Б В.2.6-189: 2013) користувачу з бази даних програми необхідно вибрати типи теплопровідних включень, які використовуються в проекті, списати їх кількісні характеристики і результатом обчислень буде приведений опір теплопередачі огорожувальної конструкції.

Для користувачів також передбачена можливість створення "своєї" теплопровідного включення. При цьому користувачеві необхідно вносити дані про лінійних і точкових коефіцієнтах теплопередачі теплопровідних включень.

При розрахунку з урахуванням теплопровідних включень (згідно зі спрощеною методики) приведений опір теплопередачі огорожувальної конструкції обчислюється з урахуванням коефіцієнта теплотехнічної однорідності, типові значення яких для різних видів конструкцій спочатку закладені в програмі. Для користувачів також передбачена можливість введення коефіцієнта теплотехнічної однорідності вручну.

Блок розрахунку показників повітропроникності огорожувальної конструкції.

Розрахунок показників повітропроникності огорожувальних конструкцій виконується відповідно до вимог ДБН В.2.6-31: 2016, ДСТУ-Н Б В.2.6-191.

Блок розрахунку вологісного режиму огорожувальної конструкції.

Розрахунок вологісного режиму огорожувальних конструкцій виконується відповідно до вимог ДБН В.2.6-31: 2016, ДСТУ-Н Б В.2.6-189. Розрахунок виконується для запроєктованої конструкції помісячно, як для режиму опалення, так і для режиму охолодження. Користувачеві для здійснення розрахунку необхідно внести розрахункові тепло-вологісні параметри внутрішніх приміщень.

Результати розрахунку представляються в табличному вигляді із зазначенням кількості сконденсованої і вологи, що випарувалася з конструкції, а також в графічному вигляді для кожного конкретного місяця.

**Предварительный отчет**

Страница: 2/10

Результат для: Структурный фасад

Описание конструкции:

Вид конструкции:	Наружные стены
Общая площадь конструкции:	1.00 [м²]
Направление теплового потока:	горизонтальный
Виды и слои режим передачи:	Наружный
Расчетные значения коэффициентов теплопроводности внутренней и наружной:	
Зовнішні стіни, суцільні зовнішні поверхні над землею:	23.80 [Вт·К]
в.з	8.70 [Вт·К]
в.в	8.70 [Вт·К]

Пространственные параметры (значения в среднем слое каретки)

Название материала	λ [Вт/(м·К)]	δ [м]	R [м²·К/Вт]
Внутренняя штукатурка	0.950	0.05	0.30
Керамический плиточный раствор (500x500x100) (100x100x100)	0.640	0.14	0.77
Керамический плиточный раствор (100x100x100)	0.038	0.47	2.63
Полиуретановый пенопласт (1000)	0.020	0.10	25.4
в.з			0.83

Результаты:

Минимальное значение коэффициента теплопроводности	3.30 [Вт·К/Вт]
Максимальное значение коэффициента теплопроводности	3.34 [Вт·К/Вт]
Среднее значение коэффициента теплопроводности	3.34 [Вт·К/Вт]

После расчета добавьте значения влажности и температуры

Рисунок 2.10 – Блок формування звіту за результатами розрахунків ПЗ ROCKROJECT дозволяє користувачеві за результатами розрахунку сформувати енергетичний паспорт будівлі відповідно до вимог ДБН В.2.6-31: 2016. Загальна інформація про будівлю, передбачена формою енергетичного паспорта, внеситься користувачем у Блоці опису будівлі. Енергетичний паспорт формується в \* .pdf форматі.

#### Програмний продукт RETScreen

Програмне забезпечення RETScreen є доступним на 35 мовах і є частиною навчальної програми у понад 270 вищих учбових закладах по всьому світі.

Він використовується для оцінки проектів з енергоефективності, а також для систем енергомоніторингу та безперервного аналізу показників енергоефективності. Програма надає інформацію, необхідну для прийняття

рішень при новому будівництві або реконструкції будівель різного призначення та форм власності завдяки виконанню таких етапів:

- енергетичного аналізу;
- аналізу собівартості;
- аналізу емісії парникових газів;
- фінансового аналізу;
- аналізу ризиків;
- аналізу чутливості системи.

Програма дозволяє визначити можливості фінансування подібних проектів з чистої енергії з використанням місцевого потенціалу відновлюваних джерел енергії та врахуванням місцевих кліматичних умов. Використання RETScreen дозволяє заощаджувати кошти та час на формування попереднього техніко-економічного обґрунтування під час розробки енергоефективних проектів.

Вихідні дані для початку проекту:

- тип об'єкту, температурний графік; графік присутності;
- теплотехнічні характеристики конструкцій;
- джерела енергії та графіки навантажень;
- характеристики інженерних систем та енергоносіїв (опалення, охолодження, освітлення, вентиляція, електрообладнання, гаряча вода, рекуперація теплоти).

Програма містить наступну статистичну інформацію щодо кліматичних умов місцевості:

- розрахункові координати;
- розрахункові температури зовнішнього повітря на потреби опалення та охолодження та середньомісячні значення температури повітря;
- середньомісячні значення вологості повітря;
- середньомісячні значення атмосферного тиску;

-середньоденне значення по надходженню сонячної радіації за кожен місяць опалювального періоду та влітку;

-середньомісячне значення швидкості повітря;

-щомісячне кількість градусо-днів;

-температура землі.

### Програмний продукт EnergyPlus

Програмне забезпечення EnergyPlus (рис. 2.7) застосовується для моделювання енергоспоживання будівель з використанням різних підпрограм.

Програма EnergyPlus модулює наступні системи та впливові фактори:

-опалення, вентиляція та кондиціонування;

-додаткові теплонадходження;

-електропостачання;

-освітлення та додаткове обладнання;

-альтернативні джерела та ін.



Рисунок 2.11 – Стартове вікно програми EnergyPlus

Програмне забезпечення дозволяє детально описати огорожувальні конструкції (рис.2.12) з урахуванням специфіки тепловтрат та теплофізичних характеристик матеріалів, кліматичного регіону, графіку опалення та присутності, зонування приміщень будівлі (враховуючи потоки повітря між зонами) тощо. EnergyPlus має широку базу шаблонів типових інженерних систем, що можуть слугувати базою для моделювання специфічних конфігурацій. Користувач має можливість задати симуляцію розрахунку по добі, місяцю, року або декількох роках.

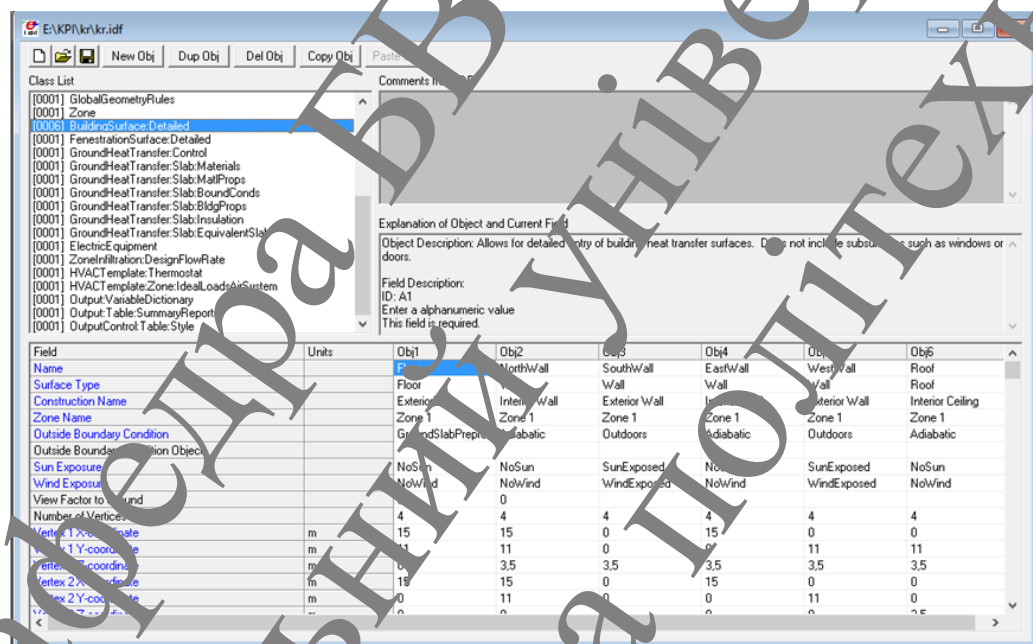


Рисунок 2.12 – Внесення параметрів огорожувальних конструкцій в інтерфейсі EnergyPlus

Для введення та виведення інформації у програмі не передбачено графічного інтерфейсу, що ускладнює роботу всередині програмного середовища. Проте існує можливість внесення даних через сторонні програми (наприклад Google Sketch Up, DesignBuilder та ін.). Результати розрахунків виводяться у файлі HTML та структуровані в табличних формах (рис.2.13).



Program Version: EnergyPlus-Windows-64 8.1.0.009, YMD=2017.12.11 10:51

Tabular Output Report in Format: HTML

Building: Untitled

Environment: KIEV - UKR IWEC Data WMO#=333450

Simulation Timestamp: 2017-12-11 10:51:12

Report: Annual Building Utility Performance Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2017-12-11 10:51:12

Values gathered over 8760.00 hours

#### Site and Source Energy

	Total Energy [GJ]	Energy Per Total Building Area [MJ/m <sup>2</sup> ]	Energy Per Conditioned Building Area [MJ/m <sup>2</sup> ]
Total Site Energy	93.85	568.80	568.80
Net Site Energy	93.85	568.80	568.80
Total Source Energy	319.01	1933.37	1933.37
Net Source Energy	319.01	1933.37	1933.37

Рисунок 2.13 – Вихідні дані та результати моделювання у середовищі EnergyPlus

EnergyPlus є однією з найбільш передових загальнодоступних програм для моделювання енергоспоживання. Дані програма використовує кращі риси двох відомих засобів моделювання DOE-2 та BLAST, методики розрахунків в яких наближені до європейських стандартів. Розрахунок теплопередачі підлоги на ґрунті програма виконує з використанням підпрограми Slab PreProcessor, а розрахунок коефіцієнту теплопередачі для склопакету на основі програми Window5. На жаль, програма EnergyPlus не враховує у розрахунку містки холоду, для врахування їх ефектів необхідно проводити детальне моделювання для розрахунку приведенного коефіцієнту теплопередачі.

Порівняння технічних характеристик даних програмних засобів проводиться в статті, зокрема зазначається, що кожна така програма включає в себе сотні підпрограм, які працюють разом, щоб моделювати теплові та масові енергетичні потоки по всій будівлі. Програма складається з трьох основних компонентів моделювання: модуль теплового і масового балансу (Heat and Mass Balance Simulation); модуль симуляції систем будівлі (Building Systems Simulation Manager) та сторонній інтерфейс для створення геометрії будівлі (Third-Party Interfaces). Менеджер моделювання (EnergyPlus Simulation

Manager) контролює весь процес моделювання та здійснює ітераційні розрахунки між модулями.

Програма EnergyPlus здатна моделювати роботу традиційних систем опалення, охолодження, вентиляції, водопостачання та освітлення в будівлях, а також теплових насосів, сонячних систем тепло- та електропостачання тощо. Програма включає в себе такі можливості як моделювання енергоспоживання по зонам (враховуючи потоки повітря між зонами), розрахунок радіаційного теплообміну, поглинання вологи, тощо. Програма має вбудовані шаблони типових систем вентиляції, охолодження, опалення та ін., на основі яких розробляються інші необхідні конфігурації цих систем. Особливістю програми є те, що вона проводить як погодні симуляції на всіх рівнях так і по обраному користувачем періоду симуляції («проектний день (design day), доба, місяць, рік або кілька років). Також EnergyPlus має базу даних з погодними умовами IWEC (International Weather for Energy Calculation) для багатьох міст в різних країнах світу, в тому числі і для України (м. Київ та м. Одеса).

Наявність моделі енергоспоживання будівлі в програмі EnergyPlus дозволяє в перспективі прийняти оптимізаційні рішення шляхом дослідження зміни енергетичних характеристик будівлі при зміні технічних характеристик обладнання, огорожувальних конструкцій, режимів роботи інженерних систем тощо. Розрахунки переривчастих режимів опалення за допомогою програми EnergyPlus дозволяють визначити питому надбавку до потужності системи при різних різницях температур між годинами зайнятості/незайнятості.

#### Програмний продукт ENVI EAB Software

Програма ENVI EAB Software (рис.2.14) призначена для проведення енергоаудитів та розрахунку показників енергоефективності новобудов та існуючих будівель.



Рисунок 2.14 – Початковий екран програми ENSI EAB Software

Програма побудована з врахуванням вимог директив 2010/31/EU, 2002/91/EC та стандарту ISO 13790:2008. Розрахунок енергоспоживання з використанням квазістаціонарних умов проводиться за наступними статтями:

- опалення, вентиляція, гаряче водопостачання та охолодження;
- вентилятори та насоси;
- освітлення та інше обладнання.

Інтерфейс програми передбачає введення користувачем попередньо розрахованих теплофізичних параметрів оболонки будівлі. Моделювання та складання балансу відбувається по фактичному рівню споживання, базовому рівню та рівню споживання після заходів з енергоефективності (рис.2.15). Важливою особливістю даного програмного забезпечення є взаємовплив заходів з енергоефективності та систем.

Адаптація програми ENSI під локальні умови відбувається за параметрами кліматичної характеристики району, в якому розташовано об'єкт та за нормативними показниками.

Програма включає основні параметри для розрахунків:

- геометрія будівлі та теплофізичні характеристики конструкцій;
- інфільтрація, параметри мікроклімату;
- графік присутності і опалення;

- вихідні дані по системам вентиляції, освітлення, електрообладнання;
- ефективність систем розподілу та генерації систем.

Printscreen EAB software - heating

Parameter	Standard	Actual	Baseline	Sensitivity	kWh/m <sup>2</sup> a	Measures	Savings
<b>1. Heating</b>		<b>56,0 kWh/m<sup>2</sup>a</b>					
U - wall	0,30 W/m <sup>2</sup> K	0,45	0,45	+ 0,1 W/m <sup>2</sup> K = 5,48	0,30		-7,7
U - window	2,40 W/m <sup>2</sup> K	3,00	3,00	+ 0,1 W/m <sup>2</sup> K = 3,03	1,30		-4,0
U - roof	0,20 W/m <sup>2</sup> K	0,20	0,20	+ 0,1 W/m <sup>2</sup> K = 1,39	0,20		0,20
U - floor	0,30 W/m <sup>2</sup> K	0,30	0,30	+ 0,1 W/m <sup>2</sup> K = 1,39	0,30		0,30
Compactness ratio	0,37	0,37	0,37		0,37		0,37
Window factor	27,1 %	27,1	27,1		27,1		27,1
Total solar gain	0,55	0,55	0,55		0,55		0,55
Infiltration	0,25 1/h	0,40	0,40	+ 0,1 1/h = 10,28	0,25		-14,99
Indoor temperature	21,0 °C	19,0	21,0		21,0		21,0
Setback temperature	18,0 °C	18,0	18,0	+ 1 = 5,79	18,0		18,0
<b>Contribution from</b>							
Ventilation (heating)	kWh/m <sup>2</sup> a	7,4	0,00				0,00
Lighting	kWh/m <sup>2</sup> a	17,0					10,19
Various equipment	kWh/m <sup>2</sup> a	10,59					9,81
<b>Energy need</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>a</b>	<b>70,7</b>	<b>82,5</b>				<b>28,0</b>
Emission efficiency	93,0 %	93,0	93,0		93,0		93,0
Distribution efficiency	97,0 %	97,0	97,0		97,0		97,0
Automatic control	98,0 %	98,0	98,0		98,0		98,0
TBMEM	98,0 %	98,0	95,0		98,0		-3,01
<b>Sum</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>a</b>	<b>98,3</b>	<b>98,3</b>				<b>32,5</b>
Generation efficiency	100,0 %	100,0	100,0		100,0		100,0
<b>Energy use</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>a</b>	<b>64,2</b>	<b>98,3</b>				<b>32,5</b>

Рисунок 2.15 – Розрахунок потреби на опалення

У програмі не передбачено можливості виводити повноцінний звіт про енергетичне обстеження будівлі та автоматизувати процес визначення теплотехнічних показників, проте ENS EAB Software дозволяє отримати:

- потенціал економії енергії та економія кожного заходу (рис. 2.16);
- графік залежності енергоспоживання від зовнішньої температури;
- розрадишкове енергоспоживання;
- базове споживання та ET-крива.

Бюджет "Энергия" Мера Бюджет "Мощность" ET-кривая Годовое энергопотребление Тепловые потери

Проект	Тип здания	Office	
user guide	Стандартное условие1987		
	Климатическая зона	Oslo	
	Стандартный сезон	15.9 - 15.5	
Параметр	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/a	Реальное kWh/a
1. Отопление: U – стен	-7,72	-22 376	-22 376
1. Отопление: U – окон	-48,60	-135 131	-135 131
1. Отопление: Инфильтрация	-14,39	-41 730	-41 730
1. Отопление: Э и О / ЭМ	-3,01	-8 726	-8 726
2. Вентиляция (отоплен): Э и О / ЭМ	-2,41	-6 993	-6 993
3. Горячее водоснабк.: Потребление	-3,07	-8 891	-8 891
3. Горячее водоснабк.: Э и О / ЭМ	-0,26	-817	-817
4. Вент. и насосы: Вентилятор	-9,23	-26 772	-26 772
4. Вент. и насосы: Э и О / ЭМ	-0,74	-2 155	-2 155
5. Освещение: Средняя мощность	-12,03	-34 899	-9 456
<b>Суммарная экономия</b>		<b>-100,23</b>	<b>-290 670</b>
<b>Мера</b>			<b>-265 227</b>

Изменить текст

Рисунок 2.15 – Результати роботи над проектом

## Програмний продукт на базі Excel

На базі платформи Excel фахівцями Асоціації енергоаудиторів України створено інструмент для проведення енергетичного обстеження будівель. Програмне забезпечення, на відміну від ENSI EAB Software, є безкоштовним та дозволяє генерувати та редагувати звіт. При цьому даний інструмент теж дозволяє враховувати взаємовплив різних заходів. Вихідні дані розрахування, графік зайнятості, типові конструкції та їх геометрія, фактичне енергоспоживання, параметри інженерних систем та системи електропостачання та освітлення. Розрахунок проводиться на основі вихідних даних та виводиться до звітнього листа. Порівнюється споживання енергоресурсів та будується енергобаланс для фактичного, розрахункового, базового споживання. Програмне забезпечення дозволяє розробити пакет заходів щодо підвищення рівня енергоефективності об'єкту та оцінити енергетичний ефект.

Сформований звіт містить повну інформацію щодо конструкцій, їх теплотехнічних показників, фізичного зносу, конструктивних особливостей, інженерних систем та їх стану тощо. Результати розрахунків: розрахункове енергоспоживання; клас енергоефективності; пакет заходів та економія від їх впровадження; екологічні вигоди; енергетичний баланс; ET-крива.

Район	Головний		
Тип закладу	Навчальні		
Температура внутрішнього повітря	21 град.С	1 Навчальні_заклади	
Назва об'єкту	ЗОШ № 17		
Адреса об'єкту	1187 ЗОШ № 17		
Тип проєкту	вул. Зарічанська, 42		
Рік будови	Ш13	1974	
Місто	м. Київ, Київська область		
Регіон по сонячній радіації	Київ		
Джерело енергії для ГС	Теплова енергія (бюджет та інші)		
Джерело енергії для ГВС	Електрична енергія (бюджет та інші)		
Кількість присутніх:	1022	метаболічне тепло	97 936 кВт/рік
з них дітей	932	метаболічне тепло	60 Вт/чол
обслуговуючого персоналу	90	метаболічне тепло	100 Вт/чол

Рисунок 3.16 – Введення початкових даних про проєкт

№ фасаду	Розміри фасадів (обовязкове для заповнення)						Кеф.ц. Теплопередачі U, Вт/м²К
	Орієнтація	тип (вибрати з списку)	висота, м.	довжина, м.	площа стін м.кв.	товщина, м.	
1	ПнСх	W1			0,0	0,7	0,74
2	ПдСх	W1			0,0	0,7	0,74
3	ПдЗ	W1			0,0	0,7	0,74
4	ПнЗ	W1			0,0	0,7	0,74
5	ПнСх	W1			0,0	0,7	0,74
6	ПдСх	W1			0,0	0,7	0,74
7	ПдЗ	W1			0,0	0,7	0,74
8	ПнЗ	W1			0,0	0,7	0,74
9	ПнСх	W1			0,0	0,7	0,74
10	ПнСх	W1			0,0	0,7	0,74
11	ПнЗ	W1			0,0	0,7	0,74
12	ПнЗ	W1			0,0	0,7	0,74
13	ПнСх	W1			0,0	0,7	0,74
14	ПнСх	W1			0,0	0,7	0,74
15	ПнЗ	W1			0,0	0,7	0,74
16	Пд	W1			0,0	0,7	0,74

Рисунок 2.17 – Вихідні дані щодо непрозорих огорожень

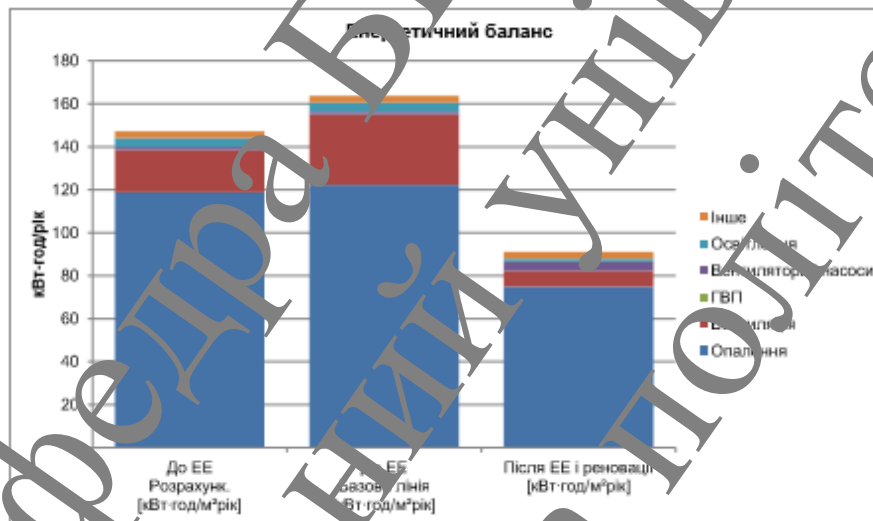


Рисунок 2.18 – Енергетичний баланс та результатами енергетичного обстеження

Економія енергії:	2,85 кВт-год/м²рік	
679,788 м³	1 936 кВт-год/рік	
2,01 грн/кВт-год	3 892 грн/рік	
<b>Інвестиції</b>		
Всього інвестицій (в тому числі ПДВ (20%))	4 560	грн
В тому числі податки	760	грн
ЕІО видатки на рік	0	грн/рік
Чиста економія	3 892	грн/рік
Термін окупності	1,2	років
Економічний строк служби	20	років

Рисунок 2.19 – Економічний ефект: впровадження заходу

## ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ

У даному розділі виконано огляд існуючих програмних продуктів, що можуть бути використані для оцінювання показників ефективності енергоспоживання будівель. Показано, що на сьогодні існує достатньо велика кількість інструментів, причому для різних задач (моніторинг та диспетчеризація, енергетичний аудит, моделювання різних режимів роботи та ін.) можуть використовуватися різні програмні продукти. Аналіз можливостей програмних продуктів дозволяє зробити висновок щодо широко спектру можливостей автоматизації процесів у напрямках:

- фінансового аналізу енергоефективних проєктів (RETScreen)
- моделювання базового енергоспоживання будівель різного призначення (EnergyPlus, програмний продукт на базі Excel та ENSI EAB Software)
- автоматизованої системи енергомоніторингу (EnergyPlan) та ін.

Розглянуті програмні продукти автоматизують процес виконання енергетичних обстежень, проте не дозволяють при цьому повністю враховувати особливості огорожувальних конструкцій складної форми, характеристики інженерних мереж та комунікацій та формувати кінцевий звіт за результатами розрахунків у відповідності до вимог [25,26]. Тому з огляду на значну кількість параметрів, що необхідно врахувати для розробки подібних заходів постає потреба у автоматизації процесів обчислення та аналізу.

### РОЗДІЛ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ОБСТЕЖЕННЯ

#### 3.1 Відомості про 3-й корпус Національного університету «Запорізька політехніка»

3-й корпус Національного університету «Запорізька політехніка» має наступне призначення: університет готує бакалаврів, магістрів, аспірантів за 51 спеціальністю.



Рисунок 3.1 – 3-й корпус Національного університету «Запорізька політехніка»

Основні данні про заклад відображені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Площа та об'єм навчального корпусу №3

Назва	Загальна площа, тис. м <sup>2</sup>	Навчальна площа, тис. м <sup>2</sup>	Площа забудови, тис. м <sup>2</sup>	Будівельний об'єм, тис. м <sup>3</sup>
Навчальний корпус №3	5,242	3,946	1,417	20,780



Загальна характеристика будівлі, що опалюється, представлена в таблиці

3.2

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики будівлі

Найменування	Навчальний корпус №3
Рік забудови	1965
Загальна площа забудови, м <sup>2</sup>	5242
Будівельний об'єм, м <sup>3</sup>	20780
Категорія по тех. паспорту	2
Кількість поверхів	0
Стіни S, м <sup>2</sup>	Цегляні - 1432
S покрівлі, м <sup>2</sup>	М/череп - 1212
Перекриття	ж/б
Кількість дверей, шт. (м/п)	Дер. с/дв. - 140 ; м/п - 24
S, м <sup>2</sup> вікон 1 шт. м <sup>2</sup>	4,42
S, м <sup>2</sup> вікона дер.; (м/п)	618; 106
Загальна кількість вікон, шт.	164
S, м <sup>2</sup> дверей дер.; (м/п)	Дер. - 2 ; м/п - 0

#### Огороджувальні конструкції

Загальна характеристика зовнішніх стін представлена в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Характеристика зовнішніх стін

№ з/п	Конструкція стіни	Товщина стіни, м	Термічний опір R, м <sup>2</sup> к/Вт
1	Стіни будівлі виконані з силікатної цегли на цементно-піщаному розчині	0,51	0,76

Площа зовнішніх стін по сторонам світу представлена в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Площа зовнішніх стін по сторонам світу

Орієнтація	<i>ПнС</i>	<i>ПнЗ</i>	<i>ПдЗ</i>	<i>ПдС</i>	Загальна площа, м <sup>2</sup>
Площа стіни (м <sup>2</sup> )	713,64	323,1	1 311,23	349,48	
Коеф. теплопередачі, U	1,29	1,29	1,29	1,29	

Характеристика світлопрозорих огорожувальних конструкцій представлена в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 - Характеристика світлопрозорих огорожувальних конструкцій

Орієнтація	Розмір		Площа одного елементу м <sup>2</sup>	Кількість шт.	Загальна площа м <sup>2</sup>	Тип матеріалу (Д,П,...)	Тип заскл. 1,2 зас.	Термічний опір, R м <sup>2</sup> К/Вт
	а, м	б, м						
ПнС	2,0	1,6	3,2	23	73,6	Д	2 зас.	0,42
ПнС	2,0	1,6	3,2	52	166,4	П	2 зас.	0,602
ПнС	0,9	1,6	1,44	2	2,88	М	2 зас.	0,602
ПдС	2,0	1,6	3,2	12	38,4	П	2 зас.	0,602
ПдЗ	2,0	1,6	3,2	70	224	П	2 зас.	0,602
ПдЗ	0,9	1,6	1,44	1	1,44	Д	2 зас.	0,42
ПнЗ	2,45	4,28	10,48	6	62,9	Д	2 зас.	0,42

Характеристика зовнішніх дверей представлена в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Характеристика зовнішніх дверей та воріт

Орієнтація	Розмір		Площа одного елементу м <sup>2</sup>	Кількість шт.	Загальна площа м <sup>2</sup>	Тип матеріалу дверей (Д,П,М...)	Термічний опір, R м <sup>2</sup> К/Вт
	а, м	б, м					
ПдЗ	1,4	2,1	2,94	1	2,94	П	0,5
ПдЗ	4,2	4,2	17,64	1	17,64	М	0,3
ПнС	1,4	2,1	2,94	2	5,88	Д	0,56
ПнЗ	0,9	2,1	1,89	1	1,89	Д	0,56

Характеристика даху представлена в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Характеристика даху

№ з/п	Тип даху	Конструкція перекриття даху	Товщина перекриття даху, м	Площа покриття, м <sup>2</sup>	Термічний опір R, м <sup>2</sup> к/Вт
	Горищні перекриття неопалубуваних горищ	Суцільне дерев'яне покриття по залізобетонному покриттю	0,3	967,01	1,47

Характеристика підлоги представлена в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 - Характеристика підлоги

№ з/п	Наявність підвалу	Конструкція підлоги	Товщина перекриття підлоги, м	Площа перекриття, м <sup>2</sup>	Термічний опір R, м <sup>2</sup> к/Вт
1	Присутній	Бетон, засипка шлаковим гравієм, ленолеум або кафель	0,3	770,71	1,19

Таблиця 3.9 - Технічний стан конструктивних елементів, визначення зносу

№ п/п	Найменування конструкцій елементів	Опис основних елементів	Опис технічного стану елементу	% зносу
1	Фундамент та цоколь			
2	Стіни	Цегляні, поштукатурені	тріщини штукатурки	20%
3	Перегородки	Цегляні	тріщини штукатурки	20%
4	Перекриття	Залізобетонні плити		20%
5	Підлога	лінолеум		20%
6	Отвори	Вікна – дерев'яні, металопластикові; Двері - дерев'яні, металопластикові;		20%
7	Сходи	Залізобетонні марші	тріщини	20%
8	Опалення	• центральне		30%
9	Сантехобладнання	Електроенергія, водопровід, каналізація		20%

#### Система освітлення

Освітлення прилеглих територій та внутрішніх приміщень представлено різними освітлювальними приладами.

Таблиця 3.9 - Характеристика внутрішніх освітлювальних приладів

Тип	Потужність однієї лампи, Вт.
Світлодіодна (квадрат)	45
Люмінісцентна T8	18

### Лічильник теплової енергії

Лічильник вимірює обсяг, масу, температуру і надлишковий тиск теплоносія, води або рідин з розмірами твердих частинок не більше 200 мкм і масою сухого залишку не більше 500 мг / л.

Лічильник встановлено – 14 листопада 2013 року марки СВТУ - 10М.

### 3.2 Нормативні кліматичні показники та умови мікроклімату

В таблиці 6.5 приведені нормативні та прийняті кліматичні дані згідно з Meteonom Software (<http://www.meteonom.com>) та в таблиці 6.6 згідно ДСТУ-НБВ.1.1 27:2010 «Будівельна кліматологія».

Таблиця 3.10 – Температура зовнішнього повітря згідно з Meteonom Software

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Середня температура (Запоріжжя)	3,5	-2,6	2	10,1	16,4	20,2	22,4	21,4	16,2	9,6	3,5	-1,1

Таблиця 3.11 - Нормативні кліматичні показники

Найменування	Показники
Температурна зона	II
Розрахункова температура зовнішнього повітря, °С	-21
Середня температура за опалювальний період, °С	0,6
Кількість днів опалювального періоду	166

Нормативні умови мікроклімату представлені в таблиці 3.12

Таблиця 3.12 - Нормативні умови мікроклімату у приміщенні

Найменування	Показники
Відносна вологість повітря, %	50-60
Внутрішня температура повітря, °С	+18
Кратність повітрообміну, год <sup>-1</sup>	0,8-1,0

### 3.3 Аналіз споживання паливно-енергетичних ресурсів

#### 3.3.1. Теплова енергія

Споживання теплової енергії по місяцях за 2015-2017 роки представлено в таблиці 3.13 та на рисунку 3.2.

Таблиця 3.13 - Кількість спожитої теплової енергії

Місяць	Споживання теплової енергії, Гкал		
	2015	2016	2017
Рік			
Січень	72,99	58,4	56,991
Лютий	21,42	32,04	67,165
Березень	19,52	33,17	5,28
Квітень	0	0	0
Травень	0	0	0
Червень	0	0	0
Липень	0	0	0
Серпень	0	0	0
Вересень	0	0	0
Жовтень	0	2,237	0
Листопад	28,39	56,039	22,831
Грудень	54,37	74,379	103,143
<b>Разом</b>	<b>203,69</b>	<b>255,265</b>	<b>255,41</b>

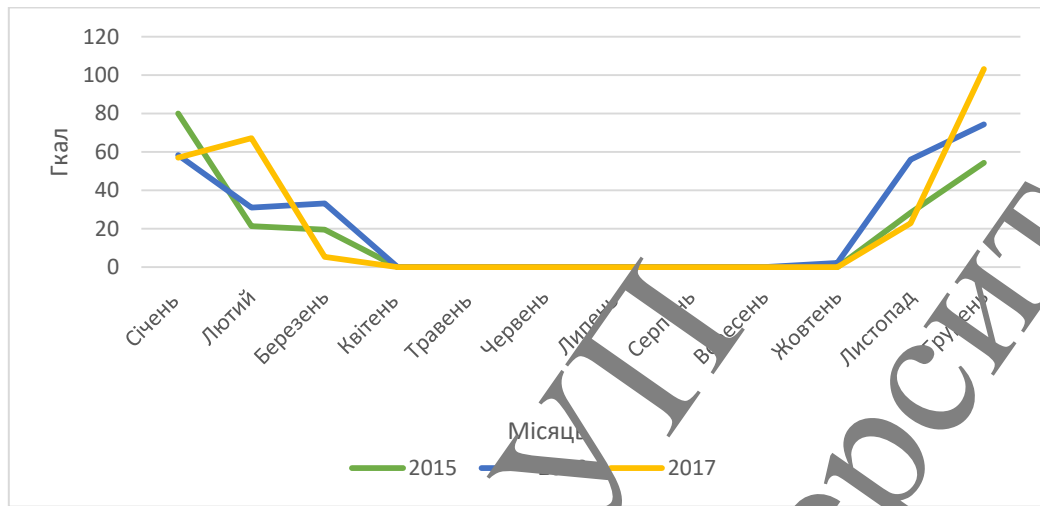


Рисунок 3.2 – Споживання теплової енергії по місяцях за 2015 – 2017 роки.

Коливання споживання в основному пов'язане з кліматичними умовами.

В цілому споживання теплоти достатнє з року в рік.

### 3.3.2. Електрична енергія

Споживання електричної енергії за 2015-2017 роки представлено в таблиці 3.14

Таблиця 3.14 / Споживання електричної енергії, кВт\*год

2015	2016	2017
125100	130200	135800

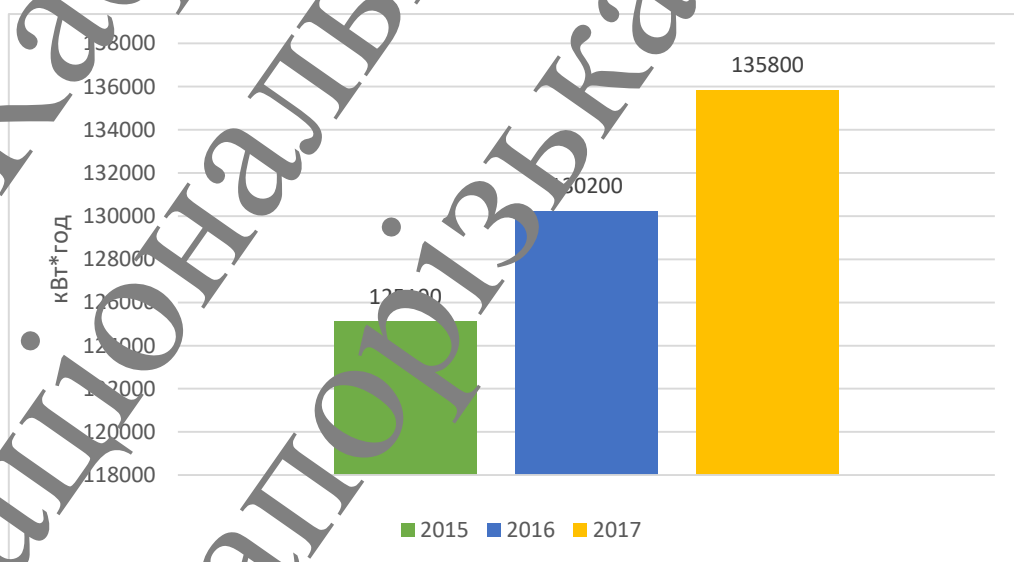


Рисунок 3.3 – Споживання електричної енергії

### 3.4. Витрати на паливо-енергетичні ресурси

#### 3.4.1. Тарифи на паливо-енергетичні ресурси

Діючі тарифи на паливо-енергетичні ресурси представлені в таблиці 3.15.

Теплова енергія	Електроенергія	Холодна вода	Гаряча вода
1720,19 грн/Гкал	2,53266 грн/кВт*год	8,28 грн/м <sup>3</sup>	90,89 грн/м <sup>3</sup>

### 3.5. Розрахунок теплопередачі

Розрахунок приведеного опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій.

1): Визначення мінімально допустиме значення приведеного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін

$$R_{\Sigma np} \geq R_{q, min}$$

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімальне допустиме значення приведеного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін в II-й температурній зоні експлуатації України становить  $R_{q, min} = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

2) Опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огорожувальної конструкції розраховують за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\beta}} + \sum_{i=1}^n l_i + \frac{1}{\alpha_{\gamma}} = \frac{1}{\alpha_{\beta}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_{\gamma}}$$

Де  $\alpha_{\beta}, \alpha_{\gamma}$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , які приймають згідно з додатком Б:

$$\alpha_{\beta} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); \alpha_{\gamma} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

$\delta_i$  – товщина і-го шару конструкції, м;

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації (розрахункова теплопровідність),  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

Розрахункову теплопровідність матеріалів приймають згідно з додатком

А.

Для замкнутих повітряних прошарків значення теплового опору визначають за даними, наведеними у додатку В.

Отже, характеристики шарів стінової конструкції:

-  $\delta_1 = 0,005$  м;  $\lambda_1 = 0,93$  Вт/(м·К) - характеристики внутрішньої штукатурки;

-  $\delta_2 = 0,51$  м;  $\lambda_2 = 0,81$  Вт/(м·К) - характеристики цегляної кладки;

Тоді,

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{0,51}{0,70} + \frac{1}{23} = 0,794 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_{\Sigma} = 0,794 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}} < R_{\Sigma q \min} = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

З розрахунку видно, що опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огорожувальної конструкції менше мінімально допустимого значення приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін. Отже, не відповідає мінімально допустимому.

Розрахунок приведенного опору теплопередачі даху

1) Визначення мінімально допустимого значення приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін

$$R_{\Sigma np} \geq R_{q \min}$$

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін в II-й температурній зоні експлуатації України становить  $R_{q \min} = 5,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .

2) Опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огорожувальної конструкції розраховують за формулою:



$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\beta}} + \sum_{i=1}^n l_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_{\beta}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3}$$

Де  $\alpha_{\beta}, \alpha_3$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м<sup>2</sup>·К), які приймають згідно з додатком Б:

$$\alpha_{\beta} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} ; \alpha_3 = 23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

$\delta_i$  – товщина і-го шару конструкції, м;

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації (розрахункова теплопровідність), Вт/(м·К);

Розрахункову теплопровідність матеріалів приймають згідно з додатком А.

Для замкнутих повітряних прошарків значення теплового опору визначають за даними, наведеними у додатку В.

Отже, характеристики шарів стінової конструкції:

-  $\delta_1 = 0,008$  м;  $\lambda_1 = 0,93$  Вт/(м·К) – характеристики цементно-піщаної стяжки;

-  $\delta_2 = 0,30$  м;  $\lambda_2 = 0,81$  Вт/(м·К) – характеристики залізобетонну;

-  $\delta_3 = 0,005$  м;  $\lambda_3 = 0,93$  Вт/(м·К) – характеристики внутрішньої штукатурки

Толі

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,008}{0,93} + \frac{0,3}{1,92} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{1}{23} = 0,74 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_{\Sigma} = 0,74 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}} < R_{\Sigma qmin} = 5,5 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

З розрахунку видно, що опір теплопередачі термічно однорідної непрозорі огорожувальної конструкції менше мінімально допустимого значення, приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін. Отже, не відповідає мінімально допустимому.

### 3.6. Характеристики теплопередачі трансмісії

Таблиця 3.16 – Характеристики теплопередачі трансмісії

№	Вид огорожувальної конструкції	$A_i$ , м <sup>2</sup>	$R_{\Sigma}$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт	$U$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$\Delta U_{tb}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$b_{tr,x}$ , Н	$b_{tr,x}$ , С	$H_{x,H}$ , Вт/К	$H_{x,C}$ , Вт/К
1	Зовнішні стіни	2691.0	0.79	1.26	0.00	1.00	1.00	3390.6	3390.6
2	Перекриття холодного горища	967.01	0.74	1.35	0.00	0.99	0.99	1174.92	0.00
3	Перекриття над підвалом	967.01	0.80	1.25	0.00	0.30	0.30	362.63	362.63
4	Світлопрозорі конструкції	569.62	0.66	1.52	0.00	1.00	1.00	865.82	865.82
5	Вхідні двері	28.35	0.40	2.50	0.00	1.00	1.00	70.88	70.88

Значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією при опаленні

$$H_{tr,adj,H} = 5864.91 \text{ Вт/К}$$

Значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією охолодження

$$H_{tr,adj,C} = 4089.99 \text{ Вт/К}$$

### 3.7 Теплонадходження від людей, освітлення та обладнання

Таблиця 3.16 – Теплонадходження від людей, освітлення та обладнання

Призначення будівлі	Графік використання, год/тиждень	Метаболічна теплота, $\Phi_{int,Oc}$ Вт/м <sup>2</sup>	Освітлення, $\Phi_{int,L}$ Вт/м <sup>2</sup>	Обладнання, $\Phi_{int,A}$ Вт/м <sup>2</sup>	$\Sigma \Phi_{int}$
Одноквартирні будинки	12	1.0	2.0	2.0	3.33

Продовження таблиці 3.16					
Багатоквартирні будинки, гуртожитки	112	1.8	2.0	2.0	<b>3.87</b>
Громадські будівлі адміністративного призначення, офіси	50	4.0	7.0	6.0	<b>5.06</b>
Будівлі учбових закладів	50	7.0	7.0	6.0	<b>5.95</b>
Будівлі дитячих дошкільних закладів	50	7.0	7.0	3.0	<b>5.06</b>
Будівлі закладів охорони здоров'я	168	2.7	7.0	6.0	<b>13.70</b>
Готелі	168	4.0	8.0	2.0	<b>14.00</b>
Ресторани	84	5.0	8.0	4.0	<b>8.50</b>
Спортивні заклади	84	5.0	8.0	1.0	<b>7.00</b>
Будівлі закладів гуртової та роздрібної торгівлі	84	7.0	12.0	2.0	<b>10.50</b>
Будівлі культурно-розважальних закладів та дозвільних установ	56	5.0	8.0	2.0	<b>5.00</b>
Інші види будівель	60	3.0	7.0	2.0	<b>4.29</b>

### 3.8 Визначення класу енергоефективності будівлі

Згідно зміни № 1 до ДБН В.2.6-31:2006, які вступили в дію з 1 липня 2013 року, встановлені нормативні максимальні теплові витрати житлових і громадських будинків ( $E_{max}$ ). Нормативні максимальні теплові витрати житлових і громадських будинків встановлюються згідно з таблицею 1 цих змін залежно від призначення будинку, його поверховості та температурної зони експлуатації будинку.

Питомі тепловитрати на опалення будинків розрахункові або фактичні повинні бути менші за максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період.

Виконання цієї умови для будинку, що проектується або експлуатується, перевіряється на підставі результатів експериментальних випробувань згідно з ДСТУ Б В. 2. 2-21 або з використанням математичних моделей теплового режиму будинку, а також за результатами розрахунків згідно з додатком Н та ДСТУ- Н Б А.2.2-5.

На основі різниці в % розрахункового або фактичного значення питомих тепловитрат, від максимально допустимого значення встановлюються класи енергетичної ефективності будинку ( А, В, С, D, Е, F, G).

#### Класифікація будинків за енергетичною ефективністю

Класи енергетичної ефективності будинку за питомою енергопотребою	Різниця в % розрахункового або фактичного значення питомої енергопотребы, EP, від максимально допустимого значення, EPmax, $[(EP - EP_{max})/EP_{max}] \cdot 100\%$
A	Мінус 50 та менше
B	Від мінус 49 до мінус 10
C	Від мінус 9 до 0
D	Від 1 до 25
E	Від 26 до 50
F	Від 51 до 75
G	76 та більше

За даними які є в наявності визначаємо клас енергетичної енергоефективності будівлі:

Опалення - 703 713 кВт\*год;

Освітлення – 135 800,00 кВт\*год.

Охолодження - 121 875 кВт\*год.

Всього використано – 961386 кВт\*год.

За формулою:  $[(EP - EP_{max})/EP_{max}] \cdot 100\%$  - визначаємо класифікацію будівлі за енергетичною ефективністю.

Розрахункове значення показника енергоефективності будівлі :

$$EP = 184,1 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{кв.м.}$$

Нормативна максимальна питома енергопотреба  $P_{max} = 83 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{кв.м.}$

Різниця в % розрахункового значення питомої енергопотреби - 122 %, що відповідає класу відповідальності G.

### 3.9 Заходи з підвищення енергоефективності

#### 3.9.1 Утеплення стін

Пропонується провести термомодернізацію зовнішніх стін будівлі таким чином, щоб виконувалась нормативна умова по опору теплопередачі зовнішніх стін для житлових та громадських будівель  $R_q = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ .

Загальна площа утеплення складе – 2691,00 м<sup>2</sup>.

#### Витрати на впровадження заходу

Вартість утеплення 1м<sup>2</sup> стіни орієнтовно складе – 750 грн/м<sup>2</sup>.

Вартість утеплення включає в себе:

-Виїзд спеціаліста на заміри;

-Складання кошторису;

Монтаж теплоізоляційного матеріалу

-Виконання армуючого шару;

- Фарбування стін;

-Демонтаж/монтаж відливів.

Вартість утеплювача та додаткових матеріалів. Загальні капітальні витрати орієнтовно складають 2 020 250 грн.

### 3.9.2 Утеплення даху

Дах будівлі горищного типу, горище не опалюється. Приведений опір теплопередачі не відповідає мінімально допустимому значенню згідно ДБН В 2.6-31. Нормативне значення опору теплопередачі перекриття неопалювального горища громадських та житлових будівель, розмічених у II температурній зоні, складає  $R_{q \min} = 4,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$

Пропонується: провести термомодернізацію даху таким чином, щоб виконувалась нормативна умова по опору теплопередачі.

#### **Витрати на впровадження заходу**

Загальна площа утеплення складає – 967,00 м<sup>2</sup>. Вартість утеплення на 1 м<sup>2</sup> перекриття складає – 600 грн/м<sup>2</sup>. Вартість включає в себе вартість робіт та матеріалів.

Загальні капітальні витрати орієнтовно складають – 600 000,00 тис. грн.

### 3.9.3 Встановлення індивідуального теплового пункту

Пропонується встановлення автоматизованого теплового пункту.

#### **Витрати на впровадження заходу**

Орієнтовна вартість встановлення теплового пункту складе 400 тис. грн

### 3.9.4 Заміна вікон

Пропонується замінити старі дерев'яні вікна та старі металопластикові на нові металопластикові, що відповідають нормам.

#### **Витрати на впровадження заходу**

Загальна кількість вікон розміром 1600 x 2000 мм – 158 шт., та розміром 900 x 2000 мм – 3 шт. Орієнтовна вартість заміни складає – 1 000 000,00 грн

Орієнтовна сума витрат на впровадження заходів для поліпшення енергоефективності будівлі складає: 4 000 000 грн.

Розробка можливих варіантів термомодернізації

## Утеплення мінеральною ватою

### Утеплення даху

Цей спосіб передбачає монтаж теплоізоляції, у вигляді мінеральної вати на стелю будинку в горищному приміщенні (тобто утеплювач монтується на підлогу горищного приміщення). В цьому випадку, незалежно від виду горищного перекриття (будь то дерев'яні балки або залізобетон), на нього необхідно укласти пароізоляційну плівку. Невиконання цього пункту може призвести до потрапляння частинок пара в мінеральну вату, а, отже, ефективність матеріалу істотно знизиться.

Далі по всій площі горищного перекриття укладається мінеральна вата. Для утеплення мінеральною ватою в цьому випадку підійде товщина 250 см. Укладений шар мінеральної вати далі можна накрити гідроізоляційною плівкою, метою якої є не захист від попадання води (так як дах в принципі не повинна протікати), а захист від впливу протягів. Також гідробар'єр запобігатиме потрапленню конденсату в вату. В результаті Ви отримаєте щось схоже на «пуховічок», що лежить на Вашій стелі. На жаль, в більшості випадків при подібному утепленні плівки практично не використовують на практиці, а обмежуються просто укладанням мінеральної вати. Слід зазначити, що таке рішення може суттєво погіршити очікуваний результат, тому що не буде дотримано необхідна умова - облаштування надійної гідроізоляції.

### Взрахунок приведенного опору теплопередачі даху

1): Визначення мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін

$$R_{\Sigma, np} \geq R_{q \min}$$

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін в II-й температурній зоні експлуатації України становить  $R_{q \min} = 5,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .

2) Опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огорожувальної конструкції розраховують за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\beta}} + \sum_{i=1}^n l_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_{\beta}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3}$$

Де  $\alpha_{\beta}, \alpha_3$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м<sup>2</sup>·К), які приймають згідно з додатком Б:

$$\alpha_{\beta} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} ; \alpha_3 = 23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

$\delta_i$  – товщина і-го шару конструкції, м;

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації (розрахункова теплопровідність), Вт/(м·К);

Розрахункову теплопровідність матеріалів приймають згідно з додатком А.

Для замкнутих повітряних прошарків значення теплового опору визначають за даними, наведеними у додатку В.

Отже, характеристики шарів стінової конструкції:

-  $\delta_1 = 0,008$  м;  $\lambda_1 = 0,92$  Вт/(м·К) - характеристики цементно-піщаної стяжки;

-  $\delta_2 = 0,30$  м;  $\lambda_2 = 0,81$  Вт/(м·К) - характеристики залізобетону;

-  $\delta_3 = 0,2$  м;  $\lambda_3 = 0,038$  Вт/(м·К) - характеристики плит з мінеральної вати;

-  $\delta_4 = 0,005$  м;  $\lambda_4 = 0,93$  Вт/(м·К) - характеристики внутрішньої штукатурки

Тоді

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,008}{0,92} + \frac{0,3}{1,92} + \frac{0,2}{0,038} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{1}{23} = 6,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_{\Sigma} = 6,0 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}} > R_{\Sigma qmin} = 5,5 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$



З розрахунку видно, що опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огорожувальної конструкції більше мінімально допустимого значення приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін. Отже, відповідає мінімально допустимому.

Розрахунок приведенного опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій та визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару

Для розрахунку обрано фрагмент стінової конструкції цегляної громадської будівлі. В якості фрагменту розглядається цегляна кладка розмірами 3,6 м × 10,22 м, що по горизонталі та вертикалі примикає до аналогічної цегляної кладки. Товщина кладки складає 510 мм, теплоізоляційний шар передбачається влаштувати з мінераловатних плит густиною 125 кг/м<sup>3</sup>. Мінераловатні плити кріпляться до несучої стіни за допомогою пластикових дюбелів з металевим стрижнем. Кількість дюбелів з розрахунку 8 шт. на 1 м<sup>2</sup>. Несучі елементи підсистеми вентильованого фасаду кріпляться до стіни з розрахунку 2шт. на 1 м<sup>2</sup>. Стіна має два віконних прорізи розмірами 2,0 м × 1,0 м. Загальна площа непрозорої частини фрагмента фасаду дорівнює 30,32 м<sup>2</sup>.

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін в II-й температурній зоні експлуатації України (м. Запоріжжя) становить  $R_{q \min} = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .

Товщину теплоізоляційного шару приймають рівною 150 мм.

Визначають опір теплопередачі зовнішніх стін:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_b} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3}$$

де  $\alpha_v$ ,  $\alpha_z$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м<sup>2</sup>·К), приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють:  $\alpha_v = 8,7$  Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\alpha_z = 23$  Вт/(м<sup>2</sup>·К)  $\delta_i$  – товщина  $i$ -го шару зовнішніх стін, м;  $\lambda_i$   $\rho$  – розрахункова теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару зовнішніх стін в розрахункових умовах, Вт/(м·К), приймають згідно з Додатком А, для умов експлуатації «Б».

Отже, характеристики шарів стінової конструкції:

- $\delta_1 = 0,005$  м,  $\lambda_1 = 0,93$  Вт/(м·К) – характеристики внутрішньої штукатурки;
- $\delta_2 = 0,51$  м,  $\lambda_2 = 0,81$  Вт/(м·К) – характеристики цегляної кладки;
- $\delta_3 = 0,15$  м,  $\lambda_3 = 0,038$  Вт/(м·К) – характеристики мінераловатних плит густиною 125 кг/м<sup>3</sup>.

Тоді,

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{0,51}{0,81} + \frac{0,15}{0,038} + \frac{1}{23} = 4,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Визначають характерні ділянки та типи теплопровідних включень:

На фрагменті, що розглядають, присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до неперозорої огорожувальної конструкції:

- відкоси віконних проїзів в зоні надвіконної перемички та підвіконня, в зоні рядового примикання;

любелі для кріплення мінераловатних плит – точкові елементи;

- несучі кронштейни для кріплення елементів підсистеми вентиляваного фасаду – точкові елементи.

Таблиця 3.17 - Теплопровідні включення та їх кількісне вираження

Найменування теплопровідного включення	Протяжність, м	Кількість, шт.	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, $k$ , Вт/(м·К)	Точковий коефіцієнт теплопередачі, $\psi$ , Вт/К
Віконний відкос в зоні перемички	2,0	-	0,063	-

Віконний відкос в зоні підвіконня	2,0	-	0,032	-
Віконний відкос в зоні рядового примикання	1,6	-	0,049	-
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	-	243	-	0,005
Несучі кронштейни для кріплення елементів підсистеми вентилязованого фасаду	-	61	-	0,015

На підставі даних таблиці 3.10 визначають приведений опір теплопередачі зовнішніх стінгідно з формулою з ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^j \frac{1}{\alpha_j} + \sum_{k=1}^k \psi_k N_k} = \frac{30,32}{\frac{30,32}{4,75} + 0,063 \cdot 2,0 + 0,032 \cdot 2,0 + 0,049 \cdot 1,6 + 243 \cdot 0,005 + 61 \cdot 0,015} = 3,11 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Тоді,

$$R_{\Sigma \text{пр}} = 3,11 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}} > R_{\Sigma \text{пр,мін}} = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

Встановлена величина задовольняє нормативним вимогам ДБН В.2.6-31.

Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляції стіни на основі цегляної кладки з мінераловатних плит густиною 125 кг/м<sup>3</sup> становить 150 мм.

#### Утеплення підвального перекриття

Утеплення виконується з боку підвалу. При утепленні підвального перекриття слід використовувати пошарову систему утеплення із

застосуванням теплоізоляційного матеріалу - мінеральної вати, товщиною 150мм.

Після впровадження заходів з підвищення класу енергоефективності будівлі, енергоспоживання складає:

Опалення - 321 351 кВт\*год;

Освітлення – 135 800,00 кВт\*год.

Охолодження 168 886 кВт\*год.

**Загалом використано– 626 037 кВт\*год.**

За формулою:  $[(EP - EP_{max}) / EP_{max}] \cdot 100\%$  - визначаємо класифікацію будівлі за енергетичною ефективністю.

Розрахункове значення показника енергоефективності будівлі :

$$EP = 119,9 \text{ кВт*год/кв.м.}$$

Нормативна максимальна питома енергопотреба  $EP_{max} = 83$  кВт\*год/кв.м.

Різниця в % розрахункового значення питомої енергопотреби - 44 %, що відповідає класу відповідальності Е.

### 3.10 Оцінка рентабельності

Оцінка економічної рентабельності полягає в порівнянні передбачуваних інвестиційних видатків очікуваними вигодами. Таке порівняння можна провести спрощено, враховуючи строк окупності запропонованих засобів.

Метод визначення строку окупності інвестицій є одним з найпростіших і найбільш розповсюджених у світовій аналітичній практиці.

$$CO = \frac{K}{D}$$

де CO – строк окупності;

К – одноразові капітальні витрати;

Д – щорічний прибуток від капіталу.

Орієнтовна сума грошових вкладень, для реалізації проекту складає 4 000 000 грн.

Після проведення заходів для підвищення енергоефективності будівлі економія складає 64,2 кВт\*год.

Тривалість опалювального сезону складає 166 діб.

Визначаємо кількість зекономленої енергії на опалювальний період:

$$(64,2 * 24) * 166 = 255\,772,8 \text{ кВт*рік}$$

Визначаємо суму прибутку:

Вартість 1кВт газу складає 1,35 грн.

$$255\,772,8 * 1,35 = 345\,293,28 \text{ грн}$$

Можлива сума прибутку складає: 345 293,28 грн.

Розраховуємо строк окупності:

$$CO = 4\,000\,000 / 345\,293,28 = 11,5 \text{ років.}$$

### ВИСНОВОК ДО РСЗДІЛУ

Об'єкт енергоаудиту - система споживання енергоносіїв Навчальний корпус №3 НУ «Запорізької політехніки». Для свого функціонування установа споживає: теплоту від міських теплових мереж, електричну енергію та холодну воду. Електрична енергія використовується для освітлення, роботи периферійних пристроїв та медичного обладнання. Основне споживання енергії припадає на теплову енергію. Після аналізу поточного стану будівлі для зменшення теплових втрат було запропоновано заходи.

Після впровадження заходів, для зменшення теплових втрат, орієнтовна економія енергоспоживання повинно зменшитись на 35%. Можливий строк окупності вкладених грошових коштів (4 000 000 грн) складає 11,5 років.

Проте дані можуть бути не окупними або мати дуже довгий термін окупності, але вони необхідні для забезпечення нормального функціонування будівлі та повинні відповідати державним нормам.

Кафедра БВУП  
Національний університет  
"Запорізька політехніка"

## РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 4.1 Технологічна карта на обладнання навісного вентилязованого фасаду

Технологічна карта розроблена на обладнання вентилязованих фасадів. Вентилювана фасадна система складається з наступних конструктивних елементів:

- Система кріплень. Система кріплень вентфасада складається з дощок і шурупів (деякими елементами), спеціальних кріпильних деталей, а також елементів з'єднань (несучі профілі і кронштейни). Регулювання відстані між напрямними і стіною здійснюється за допомогою алюмінієвих кронштейнів, пропущених через шар утеплювача. Таким чином, відпадає необхідність попереднього вирівнювання стін перед монтажем навісного фасаду.

- Утеплювач. Теплоізоляційний шар навісного фасаду може бути виконаний з різних матеріалів. Однак найчастіше в якості утеплювача будівельники вибирають мінераловатні плити з подвійною щільністю.

- Волого-гігроскопічна мембрана. Утеплювач зверху закривають спеціальною мембраною. Вона захищає внутрішній шар вентфасада від впливу сильних потоків повітря. А також охороняє конструкцію від вбирання атмосферної вологи при опадах або сезонному підвищенні відносної вологості повітря та інших несприятливих впливів середовища.

- Шар повітря. Прошарок повітря надає конструкції особливі властивості термоса. Внутрішні приміщення будівлі завдяки цій конструкційної особливості вентилязованого фасаду знаходять захищеність від температурних впливів і вісютотних коливань в міжсезоння. Такі приміщення довго зберігають тепло взимку і повільно нагріваються в літню спеку.

Фінішна обробка. Для облицювання вентфасада застосовується безліч всіляких матеріалів. Їх асортимент широкий і різноманітний, він дозволяє реалізувати практично будь-яку дизайнерську фантазію. Це можуть бути керамогранітні плити, плити з фіброцементу і композитних матеріалів. Легкі пластикові панелі, наприклад, вініловий сайдинг. А також надміцні і зносостійкі панелі зі сталі, покритої шаром цинку. Колірна гамма і вибір фактури облицювального матеріалу, без перебільшення, нескінченний.

Роботи з обладнання вентиляованого фасаду виконуються при температурі від мінус 15 до плюс 25 С. При виконанні робіт у несприятливих погодних умовах робочі місця слід захищати навісами або тентами.

У складі технологічної карти розглянуті наступні питання:

- підготовчі роботи
- монтаж кронштейнів
- утеплення фасадів
- обладнання несучого каркаса
- обладнання зовнішнього облицювання.

Режим праці прийнятий з умови оптимального темпу виконання трудових процесів, при раціональній організації робочого місця, чіткого розподілу обов'язків між робочими бригадами з урахуванням розподілу праці, застосування механізованого інструмента і реманенту.

Ці роботи з обладнання фасадної системи проводяться відповідно до вимог проектної документації, ППР, і діючої ТК.

#### **4.2 Технологія й організація виконання робіт**

Вимоги до якості попередніх робіт

До початку монтажних робіт повинні бути виконані наступні роботи:

- закінчені завальобудівельні роботи на фасадах, що підлягають утепленню;



- на підставі виконавчої зйомки виконати обмірювальні креслення ділянок фасаду будинку, на яких указати:

а) відхилення ліній площини несучих конструкцій, стін, перекриттів, парапетів;

б) особливості рельєфу конструкцій, що облицовуються, і приймають елементів фасадів, виступи, перепади, віконні й дверні прорізи, архітектурні особливості, вентиляційні ґрати, вітражі, уступы, місця приєднання до системних конструкцій;

в) відхилення в криволінійності радіальних конструкцій монтажних фасадів і складних конструкцій будинку;

- виконана розмітка фасаду;

- з фасадів повинні бути демонтовані освітлювальні прилади, вилучені підвіконні зливи, ліхтарі або прожектори висвітлення.

Для виконання робіт з монтажу системи необхідно підготувати засоби підмащування (інвентарні ріштування).

При установці ріштувань стіни повинні опиратися на сталеві черевики й кріпитися до фасаду анкерами через один вузол по вертикалі й горизонталі. Зазор між робочим настилом і облицюванням не повинен перевищувати 150 мм.

Перед початком робіт з монтажу вентилязованих фасадів з облицюванням фасадними касетами слід підготувати матеріали, інструменти й устаткування у відповідності зі специфікаціями. Перевірка якості матеріалів є обов'язком підрядника. Контроль якості й приймання виконаних робіт слід виконувати відповідно до діючих нормативно-технічних документів.

До початку робіт з монтажу вентилязованих фасадів повинні бути підготовлені тенти для захисту утеплювача й конструкцій будинку від атмосферних опадів, навіси безпеки, обгороджені небезпечні зони, установлені, випробувані й прийняті засоби підмащування.

Для виконання робіт з монтажу системи на одній захватці прийнята бригада в складі:

- монтажник будівельних конструкцій 5 розряду - 1 чол.
- монтажник будівельних конструкцій 4 розряду - 1 чол.
- монтажник будівельних конструкцій 3 розряду - 1 чол.

Необхідно провести навчання робітних способам провадження робіт, ознайомити їх з організацією майданчика, даною технологічною картою, провести інструктаж з техніки безпеки і проінструктувати з безпечних методів провадження робіт.

Для виконання робіт з монтажу системи будинки розбивають на захватки й визначають порядок і послідовність переміщення монтажників з однієї захватки на іншу.

#### 4.3 Монтаж системи вентилязованих фасадів

##### 1) Розмітка поверхні й монтаж кронштейнів

Монтаж системи починають із розмітки фасаду. Її слід виконувати окремим потоком на всіх фронти робіт.

Геодезичну зйомку й розмітку фасаду необхідно робити за допомогою геодезичних приладів, висототочних рівнів з великою базою, схилів. Розмітка місць установки кронштейнів підсистемі зоржжка бути виконана в строгій відповідності із проектною документацією. Погрішності, допущені при виконанні розмітки, неминуче приведуть до відхилень параметрів системи. Правильність розмітки повинна контролюватися постійно.

Перед виконанням розмітки слід перевірити габаритні розміри фасадів і зрівняти даними, зазначеними в кресленнях, також повинні бути перевірені наведені в кресленнях розмірні ланцюжки і їх прив'язка до характерних елементів стіни фасаду. Розмітка виноситься на поверхню стіни за допомогою оптичних приладів і закріплюється незмивною фарбою.

Розміщення кронштейнів на фасаді стіни роблять, як правило, із кроком у межах: по вертикалі від 600 до 1200 мм, по горизонталі від 350 до 800 мм, відступаючи від краю стіни не менш 100 мм до осі кронштейна.

Після розмітки фасаду в місцях кріплення кронштейнів свердлить отвору під анкерні кріплення й монтують до стіни кронштейни. Для зниження тепловтрат і усунення містка «холоду», у місцях кріплення кронштейнів до стіни під них установлюють паронитову прокладку. Свердління слід виконувати за допомогою електродрила по нанесених мітках.

Застосування кріпильних елементів, відмінних від зазначених у проектній документації, не допускається. Діаметр отворів повинен відповідати типу застосовуваного дюбеля (анкера), глибина отворів повинна перевищувати не менш чому на 15 мм довжину закладення дюбеля в стіну. У випадках, коли підставою служить кладка, не можна встановлювати дюбелі у шви кладки, при цьому відстань від центру дюбеля до ложкового шва повинна бути не міні 35 мм, а від тичкового - 60 мм. Конструкція кронштейнів допускає вирівнювання площини решетування до 30 мм для створення рівної поверхні під облицювання.

Кронштейни кріплять до стіни анкерами, підібраними відповідно до матеріалу стіни, з використанням шайби. Кріплення здійснюється одним або двома анкерами.

2) Монтаж плит утеплювача Стіну, на якій відбувається монтаж плит утеплювача, необхідно вкрити від злучення вологи. Монтаж плит утеплювача ведеться знизу нагору. Плити утеплювача повинні встановлюватися щільно друг до друга, щоб не біло порожнеч у швах. Якщо уникнути порожнеч не вдається, то вони повинні бути забиті тим же матеріалом.

Для кріплення плит утеплювача до підстави застосовують пластмасові дюбель-анкера тарільного типу з розпірними стрижнями. Довжина дюбелів залежить від товщини утеплювача, витрата не менш 7 шт. на 1 м<sup>2</sup>. Для

установки дюбель-анкерів плита повинна бути попередньо прорізана й у стіні просвердлений отвір. Діаметр просвердленого отвору повинен відповідати зовнішньому діаметру втулки дюбель-анкерного обладнання. У випадку застосування вітровологозахисної плівки, установлені плити утеплювача спочатку кріплять 2 дюбелями (кожна плита) і тільки після вкриття плівкою встановлюють інші, передбачені проектом. Положення плівки встановлюються з перехрестям 100 мм.

Кріплення плити утеплювача, закріплені дюбель-анкерними обладнаннями необхідно здати Замовникові зі складенням акту на сховані роботи.

### 3) Установка профілів

Монтаж каркаса може вестися двома способами:

Профіль орієнтований горизонтально, повинен кріпитися до кронштейнів двома самонарізними гвинтами СМESH 2-4.8x28 або заклепками. Конструкція кронштейнів допускає вирівнювання (рихтування) горизонтального решетування до 20 мм для створення рівної поверхні під касети. Якщо цього недостатньо, необхідно встановити кронштейни іншої довжини.

На сформовану горизонтальним решетуванням площина необхідно змонтувати за допомогою самонарізних гвинтів СМESH2-4.8x28 основне вертикальне решетування з П-образного профілю. Основні профілі вертикального решетування монтують я по вертикальних стиках фасадних плит, відстань між профілями повинна чітко витримуватися. При ширині плити більш 700 мм між основними профілями необхідно додатково встановити проміжні профілі.

Компенсаційний зазор між профілями повинен бути 6-15 мм. Кронштейни встановлюють по обидві сторони від компенсаційного зазору на відстані: - не більш 450 мм для вертикальних профілів;

- не більш 300 мм для горизонтальних профілів.

4) Установка фасонних елементів На вертикальне решетування кріпляться фасонні елементи. Видима частина основних профілів вертикального решетування має кольорове полімерне покриття або закривається декоративною кольоровою смужкою.

По нижньому ряду панелей устанавлиється планка горизонтального шва, яка кріпиться до вертикальної напрямної гвинтами самонарізними, або заклепками. У віконних і дверних прорізах установлюють сталеві оцинковані фасонні вироби з полімерним покриттям короби, що утворюють, які кріплять самонарізними гвинтами або заклепками із кроком 300-500 мм до віконного або дверного блоку, з однієї сторони й до обрамлення прорізу з I-образних профілів з іншої сторони. Для обрамлення віконних і дверних прорізів також служать планки завершальні складні, планки кутові з розмірами по проекту або планки кутів зовнішні (30x30, 50x50, 75x75 мм).

На низ віконної рами встановлюється планка віконного зливу з розмірами по проекту.

#### **4.4. Транспортування й складування виробів і матеріалів**

Профілі повинні постачатися на об'єкт у відповідності зі специфікацією. Транспортування проводиться в пакетах. При транспортуванні повинні бути вжиті заходи для запобігання від механічних ушкоджень металопрофілів.

Зберігання профілю повинне здійснюватися в упакованому виді на дерев'яних підбивках у сухих закритих складських приміщеннях із твердим покриттям підлоги. Не допускається складування профілів на відкритих майданчиках.

Кріпильні елементи транспортують партіями в контейнерах. Кожне пакування повинна містити вироби одного типорозміру. Приймання кріпильних елементів здійснюється партіями. При прийманні перевіряється

цілісність упакування, маркування, сертифікат якості. Зберігати кріпильні вироби необхідно в упакуванні заводу-виготовлювача в закритих приміщеннях.

Плити утеплювача транспортуються всіма видами транспорту відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТ і правилами перевезення вантажів. Їхнім необхідно зберігати в умовах, що виключають проникнення вологи.

Приймання панелей необхідно робити партіями. Партією вважають панелі, виготовлені по одному замовленню. Для контролю показників якості необхідно відібрати по одній панелі кожного ящика однієї партії. Кожна партія продукції, що відвантажується, повинна супроводжуватися документом, що містять:

- найменування або товарний знак підприємства-виготовлювача;
- найменування споживача;
- номер замовлення;
- дані про кількість і номера ящиків із вказівкою маси кожного ящика;
- дані про загальну масу панелей у замовленні;
- штампи технічного контролю підприємства-виготовлювача.

Панелі перевозяться транспортом усіх видів відповідно до правил перевезення й умовами навантаження й кріплення вантажів, що діють на транспорті даного виду. Панелі при транспортуванні повинні бути закріплені й надійно забезпечені від переміщення.

При транспортуванні й зберіганні панелі повинні бути розміщені не більш ніж в 2 ярусах.

Матеріали й вироби, що підлягають обов'язковій сертифікації, повинні мати сертифікат відповідності. Матеріали й вироби, що підлягають гігієнічній реєстрації, повинні мати посвідчення про гігієнічну реєстрацію.

#### 4.5 Основні заходи щодо техніки безпеки

При виконанні робіт з облицювання й утепленню стін фасадів будинків слід дотримуватися вимог СНиП, ППБ і інших нормативних документів. Роботи повинні виконуватися спеціально навченими робітниками під керівництвом і контролем інженерно - технічних працівників. До проведення робіт допускаються робітники, що пройшли медичний огляд, комплекс інструктажів із правил техніки безпеки й пожежної безпеки.

Про проведення інструктажів повинні бути зроблені оцінки в спеціальних журналах з підписами проінструктованих. Журнали повинні зберігатися на об'єкті або в будівельній (ремонтної) організації. Усі працівники повинні бути навчені правилам гасіння пожежі й способам роботи з первинними засобами пожежогасіння. Робітники повинні мати спецодяг, респіратори, каски, запобіжні пояси, нешкідливі мийні засоби, захисні пасти та буд.. мати кваліфікацію відповідну до виконуваних робіт. Усі роботи слід робити з інвентарних засобів рихтувань. Забороняється перебувати на будівельному майданчику або в місцях складування елементів без будівельних касок. Роботи з монтажу, складування, навантаження й розвантаження довгомірних металевих конструкцій (лицювальні панелі) слід виконувати в рукавицях.

Усі роботи з мінераловатними утеплювачами слід виконувати в захисних окулярах. До роботи з механізованими ручними інструментами й механізмами допускаються робітники, що пройшли спеціальну підготовку. Неприпустиме застосування несправних механізмів і несправного ручного механізованого інструмента. Перед початком зміни необхідно перевірити справність засобів рихтування, механізмів, інструментів і пристосувань. Усі виявлені дефекти повинні бути усунуті до початку робіт. При виявленні будь-яких несправностей у механізмах, засобах рихтування та інших пристосуваннях роботу слід негайно припинити. Пристосування, призначені для забезпечення

безпеки працюючих і зручності роботи (колиски, лісу) повинні відповідати вимогам ДЕРЖСТАНДАРТ, а також інструкціям для експлуатації заводських виготовлювачів.

У місцях підйому робітників на засоби риштування повинні бути вивішені плакати із вказівкою величини й схеми розміщення навантажень згідно ППР і інструкцій з їхньої експлуатації. Установлені на будівельному об'єкті засоби малої механізації з напругою понад 42 В повинні бути заземлені. При дощі, снігу робота з електромеханізмами й інструментом на даху забороняється. Рубильники-Пускачі повинні міститися в кожухах, що захищаються. Електропровода до машин і інструментам повинна бути заізовльована й заземлена та пролягати в спеціальних шлангах. З'єднання ретельно заізовльовані.

У зоні виконання робіт забороняється присутність сторонніх.

При виконанні робіт матеріали не повинні лежати усередину експлуатованих приміщень, на балконах, люджії, проходах й проїздах. Якщо буде потреба слід застосовувати захисні та укритві матеріали. Не допускається зберігання й складування матеріалів на засобах риштування, а так само в підвалах, на складових клітках, проходах та інших місцях, доступних для сторонніх. Перед початком робіт будівельний майданчик повинен бути підготовлений відповідно до діючих норм і правил, обгороджений, обладнаний тимчасовими будинками, спорудженнями, складами, інженерними мережами та ін. Повинні бути позначені й підготовлені місця складування балонів з горючими газами й легкозаймистими матеріалами. Забороняється проводити будь-які роботи за межами будівельного майданчика.

Забороняється розміщення будь-яких тимчасових об'єктів у протиположних розривах, на експлуатованих проїздах і проходах, тимчасові будови повинні розташовуватися від інших будинків і споруджень на відстані не менш 18м (крім випадків, коли по інших нормах потрібно більший



протипожежний розрив) або в протипожежних стін. Окремі блок - контейнерні будинки допускається мати у своєму розпорядженні групи не більш 10 у групі й площею не більш 800 м<sup>2</sup> відстань між групами цих будинків і від них до інших будов слід ухвалювати не менш 18 м.

При провадженні робіт по утепленню конструкцій, що обгорюються, на площі більш 1000 м<sup>2</sup>, із застосуванням пального або паливно-горючого утеплювача, для цілей пожежогасіння слід передбачати обладнання тимчасового протипожежного водопроводу. Відстань між пожежними кранами слід ухвалювати з умови подачі води в будь-яку точку не менш чому двома струменями з витратою 5л/с кожна. Будівля і побутові приміщення повинні бути забезпечені засобами пожежогасіння з розрахунку 2 вогнегасника на 100 м<sup>2</sup> поверхні, що утеплюється одночасно засобами зв'язку для виклику пожежної служби у випадку виникнення пожежі. Використання первинних засобів пожежогасіння для господарських і інших потреб, не пов'язаних з гасінням пожежі, не допускається. Вогнегасники повинні завжди втримуватися в справному стані, періодично оглядатися, перевірятися й вчасно перезаряджатися. При розміщенні вогнегасників необхідно виконувати умову, що відстань від можливого вогнища пожежі до місця розміщення вогнегасника не повинне перевищувати 20 м. У зимовий час (при температурі повітря нижче 1° С) вогнегасники необхідно зберігати в опалювальних приміщеннях, на дверях яких повинна бути напис "Вогнегасники".

Виконання робіт з облицювання й утепленню з використанням горючих матеріалів одночасно зі зварювальними й іншими роботами, що використовують відкритий вогонь, забороняється. Забороняється курити й користуватися відкритим полум'ям у місцях зберігання й застосування горючих матеріалів. При укладанні горючих матеріалів, а також при використанні устаткування, що має підвищену пожежну небезпеку, слід вивішувати стандартні знаки безпеки. На місці провадження робіт кількість

горючих матеріалів (утеплювача) не повинне перевищувати змінної потреби. По закінченню зміни, слід зробити огляд робочих місць і привести їх у протипожежний стан. Забороняється залишати невикористаний горючий матеріал усередині й на покриттях будинку, на засобах рихтування, у протипожежних розривах. При виявленні пожежі або ознак горіння (задимлення, запаху гарі, підвищення температури й т.д.) необхідно негайно сповістити про це в пожежну службу, прийняти всі можливі заходи щодо евакуації людей, гасінню пожежі й забезпеченню схоронності матеріальних цінностей.

Таблиця 4.1 - Контроль якості робіт.

Контролюємий параметр			Об'єм контр.	Період контр.	Метод контролю	Засоби контролю	Виконавець	Оформлення результ. контр.
Найменування	Норма знач	Предикт.						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
вхідний контроль								
Вертикальність, горизонтальність, наявність дефектів	По проекту	По проекту	Кожна захв.	Суцільний	Візуальний вимірюв.	Теодоліт, відвіс, рівень	Майстер, прораб	Журнал вхідного контр.
Відповідність проекту елементів системи	По проекту	Не допускається	Весь об'єм	Суцільний	Візуальний	-	Майстер, прораб	Журнал вх. кон.
Операційний контроль								
Розмітка фасада точності, наявність дефектів	По проекту	Не допускається	Кожна захв.	Суцільний	Візуальний	Теодоліт, відвіс, рівень	Майстер, прораб, бригадир	Акт на скриті роботи
Установка кронштейнів, дюбелів, прокладок	По проекту	Не допускається	Кожна захв.	Суцільний	Візуальний вимірювач	Теодоліт, лінійка, рівень	Майстер, прораб, бригадир	Акт на ск-ріпні роб., заг.журн.
Закріплення утеплювача	5-7дюб. наїм 2	Не допускається	Кожна захв.	Суцільний	Візуальний		Майстер, прораб, бригадир	Акт на ок-риті роб., заг.журн.
Установка профілів	На кож. кроншт.	Не допускається	Кожна захв.	Суцільний	Візуальний		Майстер, прораб, бригадир	Акт на ск-риті роб., заг.журн.
Грипальний контроль								

Продовження таблиці 4.1								
Облицювальна поверхня: - відкл. від вертикалі -	2мм на 3м дл.	5мм на этаж 2мм	5 изм. на 50-100м 2	Суцільний	Вимірювач	Рівень, 2м рейка, ліній- на металіч.	Майстер, прораб, бригадир	Журнал робіт
Уступ між сусідніми грані панелей	-	5мм на поверху	5 изм. на 70-100м	Суцільний	Вимірювальний	2м рейка, лінійка мет.	Члени комісії	Акт виконання робіт
Прийомка закінченого фасаду	По проекту	Не допускається	Весь фасад		Вимірювальний	2м рейка, лінійка мет.	Члени комісії	Акт виконання робіт

Кафедра БВ УД  
 Національний університет  
 "Запорізька політехніка"

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Аналіз потенційних небезпек

Під час проведення реконструкції квартири або будинку обов'язковий етап – розробка проекту. Проект розроблено на тему «Аналіз та оцінка енергоефективних заходів при енергетичній сертифікації будівель на прикладі навчального корпусу НУ «Запорізька політехніка». Проект розробляють спеціалісти, що працюють в фірмі, яка компетентна виконувати такі роботи.

Основними потенційними небезпеками при проведенні робіт в офісі є такі:

- небезпека ураження електричним струмом, внаслідок недотримання правил електробезпеки або виходу з ладу електроприладів;
- порушення роботи кістково-м'язового апарату внаслідок тривалих статичних навантажень при роботі з ПК;
- нервово-психічні перевантаження внаслідок постійного контакту з клієнтами, колегами по роботі, керівництвом при вирішенні робочих питань, які можуть носити конфліктний характер і призвести до емоційного дискомфорту, внутрішнього роздратування, емоційної нестабільності та захворювань нервової системи;
- незадовільні ергономічні характеристики робочого місця внаслідок нерационального планування робочого місця, що може призвести до механічних травм, уражень електричним струмом та порушень кістково-м'язового апарату;
- негативний вплив недостатнього освітлення робочої зони на зір та продуктивність роботи працюючого, внаслідок несправності освітлювальних приладів або неправильного проектування освітлювальної системи;

- негативний вплив незадовільних параметрів повітряного середовища робочої зони на здоров'я працюючого, внаслідок неправильного проектування системи вентиляції або несправності її несправності;

- негативний вплив підвищеного рівня шуму на психоемоційний стан працюючого, який пов'язаний з використанням застарілої периферійної техніки, кондиціонерів, копіювальної техніки, освітлювальних приладів;

- небезпека загоряння у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що може призвести до пожежі;

- неправильні дії персоналу у надзвичайних ситуаціях.

## 5.2 Заходи з техніки безпеки

Площу приміщень, в яких розташовують персональні комп'ютери, визначають згідно з чинними нормативними документами. Відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98 з розрахунку на одне робоче місце, обладнане ПК, встановлено такі норми:

- площа — не менше 6,0 кв. м,
- об'єм — не менше 20,0 куб. м.

Заземлені конструкції, що знаходяться у приміщеннях (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном тощо), надійно захищені діелектричними щитками або сітками від випадкового дотику.

Також в цих приміщеннях наявні медичні аптечки першої допомоги, системи автоматичної пожежної сигналізації та переносні вуглекислотні вогнегасники. Підходи до засобів пожежогасіння - вільні.

Робочі місця, згідно з п. 4.3 ДСанПіН 3.3.2.007-98, розташовувано відносно світлових прорізів так, що природне світло падає переважно з лівого боку.

Конструкція робочого місця користувача персонального комп'ютера забезпечена підтриманням оптимальної робочої пози офісного працівника. Конструкція робочого столу відповідає сучасним вимогам ергономіки і забезпечує оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (дисплея, клавіатури, принтера) і документів.

Правилами встановлена висота робочої поверхні робочого столу, параметри ширини і глибини для робочих столів, забезпечують можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля.

Відповідно до п. 4.8 ДСанПіН 3.3.2.007-98 робочий стілець є підйомно-поворотним, регульований за висотою, з кутом нахилу сидіння та спинки, від спинки до переднього краю сидіння поверхня сидіння має бути плоскою, передній край — заокругленим. Регулювання за кожним із параметрів здійснюється незалежно, легко і надійно фіксуватися.

Поверхня сидіння і спинки стільця має бути напівм'якою з нековзним, повітронепроникним покриттям, що легко чиститься і не електризується (п. 4.12 ДСанПіН 3.3.2.007-98).

Робочий стіл для ПК, обладнаний підставкою для ніг, вимоги до її розмірів та конструкції також прописані в правилах. Застосування підставки для ніг тим, у кого ноги не підстають до підлоги є обов'язковим.

Приміщення обладнюються шафами для зберігання документів, магнітних дисків, полицями, стелажам, тумбами тощо з урахуванням вимог до площі приміщень.

Поверхня підлоги є рівною, неслизькою, з антистатичними властивостями. Забороняється для оздоблення інтер'єру приміщень з персональними комп'ютерами застосовувати полімерні матеріали (деревинно-стружкові плити, шпалери, що миються, рулонні синтетичні матеріали, шаруватий паперовий пластик тощо), що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини.

Перед початком роботи монітори очищають від пилу та інших забруднень. Після закінчення роботи персональний комп'ютер і периферійні пристрої відключають від електричної мережі. У разі виникнення аварійної ситуації негайно відключають персональний комп'ютер і периферійні пристрої від електричної мережі.

Персональні комп'ютери, периферійні пристрої підключають до електромережі тільки з допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення. Штепсельні з'єднання та електророзетки, окрім контактів фазового та нульового робочого провідників, мають спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Конструкція їх є такою, щоб при дотиканні нульового захисного провідника відбувалося раніше, ніж приєднання фазового та нульового робочого провідників. Порядок роз'єднання при відключенні має бути зворотним. Необхідно унеможливити з'єднання контактів фазових провідників з контактами нульового захисного провідника. Неприпустимим є підключення комп'ютерів, периферійних пристроїв до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі — з використанням перехідних пристроїв.

Є неприпустимими:

- експлуатація кабелів та проводів з пошкодженою або такою, що втратила захисні властивості за час експлуатації, ізоляцією;

- застосування саморобних подвійних вачів, застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального обладнання або ламп розжарювання;

- користування пошкодженими розетками, розгалужувальними та з'єднувальними коробками, вимикачами та іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або випинання;

використання електроапаратури та приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

### 5.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці

Згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» в офісних приміщеннях використовується природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, використовуються сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі або штори. Штучне освітлення в приміщенні здійснено системою загального рівномірного освітлення. Значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів становить 300-500 лк. Як джерела штучного освітлення в приміщенні застосовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ.

Роботи в приміщеннях обслуговування туристів, належать до категорії Іб - легка робота, тому встановлені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату: - у холодний період року: температура 21-23°C; відносна вологість: 40- 60%; швидкість переміщення повітря: 0,1 м/с; - у теплий період року: температура 22-24°C; відносна вологість: 40- 60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с. Оптимальні рівні позитивних (n+) і негативних (n-) іонів у повітрі приміщення в ПК нормовані згідно ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень» і становлять:  $n^+ = 1500-30000$  (шт. на 1см<sup>3</sup>);  $n^- = 3000-5000$  (шт. на 1см<sup>3</sup>). Підтримка оптимального рівня легких позитивних і негативних аероіонів у повітрі на робочих місцях забезпечено за допомогою біполярних керонних аероіонізаторів. Дотримання вимог цих документів досягається оснащенням приміщень і транспортних засобів пристроями кондиціонування і вентиляції, дезодорації повітря, опалювання згідно вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».



Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях у приміщення нормуються згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою:

- використання більш сучасного обладнання;
- розташування принтерів та різноманітного устаткування колективного користування на значній відстані від більшості робочих місць працівників;
- переведення жорсткого диска в режим сну (Standby), якщо комп'ютер не працює протягом визначеного часу;
- використання блоків живлення ПК з вентиляторами на гумових підвісках.

Приміщення для роботи з персональними комп'ютерами мають бути обладнані системами опалення, кондиціонування повітря, або припливно-витяжною вентиляцією. У приміщеннях на робочих місцях мають забезпечуватися оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості та рухливості повітря відповідно до норм та правил, а також ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», затверджених наказом Міністерства від 25.01.2013 р. № 24.

Відповідно до санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99 в офісних приміщеннях температура повітря повинна становити 22–25°C, відносна вологість повітря — 40–60%, швидкість руху повітря — не більше 0,1 м/с.

Під час перевищення допустимих значень робочий день співробітників повинен бути скорочений мінімум на 10%.

Для підтримки допустимих значень мікроклімату та концентрації позитивних і негативних іонів необхідно передбачати установки або прилади

зволоження та/або штучної іонізації, кондиціонування повітря. В Україні відсутні затверджені на законодавчому рівні гранично допустимі норми вмісту вуглекислого газу в повітрі для житлових, офісних та громадських споруд. Проте, враховуючи його вплив на працівників, а саме суттєве зниження їх працездатності, роботодавцям варто приділяти цьому питанню увагу та вживати заходи профілактики.

Окрім цього, наслідком сучасного технічного прогресу зростання з кожним роком енергоспоживання та збільшення навантаження на кабелі, що в свою чергу призводить до збільшення напруги електромагнітних полів, несприятлива дія яких може привести до погіршення стану здоров'я працівників. Таким чином, роботодавцям варто пам'ятати, що причиною зниження працездатності офісних працівників дуже часто є саме незадовільні параметри мікроклімату.

Як відомо, тривала робота за комп'ютером та з документами при недостатньому рівні освітленості може привести до значного перенапруження зору, тому вимоги до освітлення є досить важливими.

Додатково, окрім вже перелічених документів, вимоги до освітлення встановлені ДБН В.2.5-28:2006 «Природне і штучне освітлення», затверджені наказом Мінрегіону від 15.05.2006 р. № 168.

Як вже зазначалося, відносно вікон робоче місце організовувано так, що природне світло є злівого боку. Робоче місце розміщено таким чином, що уникає попадання прямого світла в очі. Для забезпечення захисту і досягнення нормованих рівнів комп'ютерних випромінювань застосовано приєкранні фільтри, локальних світлофільтрів (засобів індивідуального захисту очей) та інших засобів захисту, що пройшли випробування в акредитованих лабораторіях і мають щорічний гігієнічний сертифікат.

Штучне освітлення приміщення здійснюється системою загального рівномірного освітлення. У приміщеннях при переважній роботі з

документами допускається використання системи комбінованого освітлення, тобто встановлення світильників місцевого освітлення додатково до загального.

Як джерела штучного освітлення використано люмінесцентні лампи. Система загального освітлення виглядає як суцільний або переривчат ліній світильників, що розташовані збоку від робочих місць (зазвичай ліворуч) паралельно лінії зору працівників.

Допускається застосування ламп розжарювання у світильниках місцевого освітлення та, у разі встановлення відбитого освітлення у виробничих чи адміністративно-громадських приміщеннях, металогалогенних ламп потужністю 250 Вт.

Коефіцієнт пульсації не повинен перевищувати 5%. Рівень освітленості на робочому столі в зоні розташування документів має бути в межах 300–500 лк. Світильники місцевого освітлення слід встановлювати таким чином, щоб не створювати відблисків на поверхні екрана, а освітленість екрана має не перевищувати 300 лк.

Для забезпечення нормованих значень освітленості у приміщеннях необхідно мити вікна і світильники не рідше 2 разів на рік, а також своєчасно замінювати лампи, що перестали.

Згідно ДБН В.2.5-28:2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» в офісних приміщеннях використовується природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, використовуються сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі або штори. Штучне освітлення в приміщенні здійснено системою загального рівномірного освітлення. Значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні

розміщення документів становить 300-500 лк. Як джерела штучного освітлення в приміщенні застосовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ.

Роботи в приміщеннях обслуговування туристів, належать до категорії Іб - легка робота, тому встановлені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату: - у холодний період року: температура 21-23°C, відносна вологість: 40- 60%; швидкість переміщення повітря: 0,1 м/с; - у теплий період року: температура 22-24°C; відносна вологість: 40- 60%, швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с. Оптимальні рівні позитивних (п+) і негативних (п-) іонів у повітрі приміщення з ДК нормовані згідно ГН 2.52-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень» і становлять:  $n+=1500-3000$  (шт. на  $1\text{см}^3$ );  $n- = 3000-5000$  (шт. на  $1\text{см}^3$ ). Підтримка оптимального рівня легких позитивних і негативних аероіонів у повітрі на робочих місцях забезпечено за допомогою біполярних коронних аероіонізаторів. Дотримання вимог цих документів досягається оснащенням приміщень і транспортних засобів пристроями кондиціонування і вентиляції, дезодорації повітря, опалювання згідно вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях у приміщення нормуються згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплеями та терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою:

- використання більш сучасного обладнання;
- розташування принтерів та різноманітного устаткування колективного користування на значній відстані від більшості робочих місць працівників;
- переведення жорсткого диска в режим сну (Standby), якщо комп'ютер не працює протягом визначеного часу;

- використання блоків живлення ПК з вентиляторами на гумових підвісках.

#### **5.4 Заходи з пожежної безпеки**

Меблі та обладнання мають розміщуватися таким чином, щоб забезпечувався вільний евакуаційний прохід до дверей виходу з приміщення (завширшки не менше 1 м). Евакуаційні шляхи та виходи необхідно постійно утримувати вільними, нічим не захащувати.

Електромережі, електроприлади і апаратура повинні експлуатуватися тільки у справному стані з урахуванням вказівок та рекомендацій підприємств-виготовлювачів. У разі виявлення пошкоджень електромереж, вимикачів, розеток та інших електровиробів слід негайно вимкнути їх та вжити необхідних заходів щодо приведення у пожежобезпечний стан.

Документи, папір та інші горючі матеріали слід зберігати на відстані не менше 1 м від електрощитів; 0,5 м від електросвітильників; 0,6 м від сповіщувачів автоматичної пожежної сигналізації та 0,15 м від приладів центрального радічного опалення.

Засоби протипожежного захисту слід утримувати у справному стані. Усі працівники повинні вміти користуватись наявними вогнегасниками, іншими первинними засобами пожегасіння, знати місце їх знаходження. Відстань від найбільш віддаленого місця приміщення до місця розташування вогнегасника не повинна перевищувати 20 м.

#### **5.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях**

Показником ефективності евакуації є час, протягом якого люди можуть за необхідності залишити окремі приміщення і будівлю чи споруду взагалі.

Безпека евакуації досягається тоді, коли час евакуації не перевищує часу настання критичної фази розвитку пожежі, тобто часу від початку пожежі до

досягнення граничних для людини значень чинників пожежі (критичних температур, концентрацій кисню тощо).

Виходи є евакуаційними, якщо вони ведуть:

- з приміщень першого поверху назовні безпосередньо або через коридор, вестибюль, сходову клітку;
- з приміщень будь-якого поверху, крім першого, в коридори, що ведуть на сходову клітку (в тому числі через хол); при цьому сходові клітки повинні мати вихід назовні безпосередньо або через вестибюль, відділений від прилеглих коридорів перегородками з дверима;
- з приміщень у сусіднє приміщення на цьому ж поверсі, що забезпечене виходами, вказаними вище.

Евакуаційні виходи повинні розташовуватися розподілено. Максимальна віддаль між найбільш віддаленими стін від одного евакуаційними виходами з приміщення визначається за формулою.

Евакуаційних виходів має бути не менше двох. Двері на шляхах евакуації повинні відчинятися в напрямку виходу з будівель (приміщень). Допускається влаштування дверей, які відчиняються усередину приміщення, в разі одночасного перебування в ньому не більше 15 осіб. Мінімальна ширина шляхів евакуації — не менше 1 м, дверей — не менше 0,8 м.

При проведенні термінової евакуації персоналу та відвідувачів з небезпечних зон залучається весь наявний службовий, а також особистий транспорт працівників підприємства, які повинні надавати його в розпорядження адміністрації.

#### Визначення розрахункового часу евакуації людей

Визначити розрахунковий час евакуації людей з їдальні підприємства, розташованої на другому поверсі. Об'єм залу  $V_z = 3300$  м<sup>3</sup>, площа  $F_z = 782$  м<sup>2</sup>, площа, яка зайнята столами,  $F_c = 200$  м<sup>2</sup>. Ширина маршів сходових кліток і

дверей входу до сходової клітки на відмітці 3,60 м і виході з неї на відмітці 0,00 м дорівнює 2,4 м. Будівля II ступеня вогнестійкості.

Шлях евакуації від найбільш віддаленої від виходу точки до виходу назовні складається з восьми ділянок, у межах яких ширина шляху й інтенсивність руху може бути прийнята незмінною. Людські потоки проходів зливаються з потоком, що рухається по бічному проході, і направляються через сходову клітку назовні. Ширина кожного із шести проходів  $\delta_{пр} = 2$  м, довжина їх, включаючи шлях руху від стіни, складає  $l_{пр} = 42$  м. Ділянки № 2...6 мають довжину  $l_i = 3$  м, ширину  $\delta_i = 4$  м, ділянка № 7 має довжину  $l_7 = 2$  м, а ширину  $\delta_i = 7$  м.

Для розрахунку необхідно знати можливе число людей у залі і дальні. Згідно до СНіП II-77-80 на одну людину приходитьсья 1,35 м<sup>2</sup>, отже розрахункове число людей складає:

$$N = \frac{F_3}{1.35} = \frac{782}{1.35} = 579 \text{ чол.}$$

Середня щільність людського потоку:

$$D_{сер} = \frac{N \cdot \gamma}{F_3 - F_0} = \frac{579 \cdot 0.125}{782 - 200} = 0.12$$

Визначимо час проходження кожної ділянки шляху.

Ділянка №1 (прохід):  $D_1 = D_{сер} = 0.12$ ;  $l_1 = 42$  м; з таблиці 2.1  $q_1 = 6.35$  м/хв;  $v_1 = 52.92$  м/хв:

$$t_1 = \frac{42}{52.92} = 0.79 \text{ хв.}$$

Ділянка №2 (розширення шляху):

$$q_2 = \frac{q_1 \cdot \delta_1}{\delta_2} = \frac{6.35 \cdot 2}{4} = 3.2 \text{ м/хв}$$

$$v_2 = 70.75 \text{ м/хв;}$$

$$t_2 = \frac{3}{70.75} = 0.04 \text{ хв.}$$

Ділянка №3 (злиття потоків). Інтенсивність руху у всіх потоках приймається однакою:

$$q_3 = \frac{q_2 \delta_2 + q_1 \delta_1}{\delta_3} = \frac{3.2 \cdot 4 + 3.2 \cdot 2}{4} = 6.38 \frac{\text{м}}{\text{хв}};$$

$$v_2 = 52,71 \text{ м/хв};$$

$$t_2 = \frac{3}{70,75} = 0,06 \text{ хв.}$$

Ділянка №4 (злиття потоків):

$$q_4 = \frac{q_3 \delta_3 + q_1 \delta_1}{\delta_4} = \frac{6,38 \cdot 4 + 6,35 \cdot 2}{4} = 9,56 \frac{\text{м}}{\text{хв}};$$

$$v_2 = 25,56 \text{ м/хв};$$

$$t_2 = \frac{3}{25,56} = 0,12 \text{ хв.}$$

Ділянка №5 (злиття потоків):

$$q_5 = \frac{q_4 \delta_4 + q_1 \delta_1}{\delta_5} = \frac{9,56 \cdot 4 + 6,35 \cdot 2}{4} = 12,74 \frac{\text{м}}{\text{хв}} > q_{\text{max}} = 12,42 \text{ м/хв.}$$

Отже, на ділянці 5 і тим більше на ділянках 6 і 7 виникає скупчення людей, причому ширина ділянок 5, 6 і 7 однакова і складає 4 м, а ділянкою, що лімітує пропускну здатність евакуаційного шляху, є марш сходів шириною 2,4 м, тому що інтенсивність руху при скупченні по марші сходів менше інтенсивності руху в дверному прозі.

Час евакуації по ділянках 5, 7, на яких до основних потоків додаються три потоки проходів, з урахуванням затримки руху в сходового маршу дорівнює:

$$t_{5..7} = \frac{l_{5..7}}{v_{\text{ск}}} + W \cdot f \left( \frac{1}{q_{\text{ск}} \cdot \delta_m} - \frac{1}{q_4 \cdot \delta_4 + 3q_1 \cdot \delta_1} \right) =$$

$$= \frac{8}{10.52} + 57,5 \cdot 0.125 \left( \frac{1}{5.38 \cdot 2.4} - \frac{1}{9.56 \cdot 4 + 3 \cdot 6.35 \cdot 2} \right) = 5.42 \text{ хв}$$

Розрахунковий час евакуації людей із залу:

$$t_{\text{ра}} = \sum t_i = 0,79 + 0,04 + 0,06 + 0,12 + 5,42 = 6,43 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{ра}} \text{ як проз} > t_{\text{нб}} = 2 \text{ хв.}$$



Оскільки розрахунковий час евакуації людей більше нормативного (тнб=2 хв) необхідно переробити варіант евакуації людей з метою забезпечення безпечної евакуації з їдальні.

### ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ

Охорона праці є важливою складовою будь-якого виробництва, відзначаючи людину, як головну цінність, адже її безпека і краще здоров'я дозволяють зробити виробничий процес більш чітким, що підвищує рентабельність самого підприємства. Людське життя не повинно бути розмінною монетою заради гарної заробітної плати, або особливо цінного продукту, який виробляє підприємство. Ніщо не повинно бути понад забезпечення захисту людини від загроз його здоров'ю і життю. Правильно організована система охорони праці дисциплінує самого працівника і, як наслідок, веде до підвищення продуктивності виконуваної роботи і збільшення її ефективності. Охорона праці спрямована не тільки на безпеку трудового процесу, а й на профілактику захворювань, організацію харчування і відпочинку працівників, забезпечення їх спеодягом та засобами гігієни. Охорона праці також в певній мірі несе відповідальність за виконання власником спеціальних гарантій і пільг. Правильно організована охорона праці дозволяє працівникам відчувати себе захищеним, в результаті чого підвищується зацікавленість в роботі і зменшується плинність кадрів. Охорона праці повинна перебувати на такому високому рівні, щоб навіть заклеювач коробів зміг відчувати турботу керівництва про своє здоров'я - це дозволить стимулювати робочий процес і підвищити якість продукції, що випускається.

### ВИСНОВОК

У роботі були розглянуті та проаналізовано сучасний стан нормативної бази з енергоефективності, програмні комплекси забезпечення

автоматизованого розрахунку енергопотреб будівель, різних теплотехнічних характеристик огороджуючих конструкцій, та визначені ефективні способи розрахунків енергетичної ефективності будівель.

Теоретичне обґрунтування та розробка практичних рекомендацій щодо удосконалення енергетичної оцінки базується на основі розгляду Навчального корпусу №3 НУ «Запорізька політехніка».

Проаналізувавши характеристики зовнішніх огороджуючих конструкцій, були визначені основні критерії та параметри, що впливають на загальну енергетичну стабільність будівлі.

Було визначено, що найбільшим дестабілізуючим фактором є огороджуючі конструкції з цегли, за рахунок їх великої площі та низького коефіцієнту опору теплопередачі, перекриття холодного горища, перекриття над підвалом, також в значній мірі на енергетичні показники будівлі впливають старі світлопрозорі конструкції, та нові металопластикові вікна, що не забезпечують нормативних показників опору теплопередачі.

Було розроблено ряд заходів, що повинні зменшити теплові витрати, та збільшити енергетичну стабільність будівлі за рахунок нівелювання негативних показників.

Для цього функціонування установа споживає: теплоту від міських теплових мереж, електричну енергію та холодну воду. Електрична енергія використовується для освітлення, роботи периферійних пристроїв та медичного обладнання. Основне споживання енергії припадає на теплову енергію. Для зменшення теплових втрат було запропоновано заходи.

Після впровадження заходів, для зменшення теплових втрат, орієнтовна економія енергоспоживання повинно зменшитись на 35%. Можливий строк окупності вкладених грошових коштів (4 000 000 грн) складає 11,5 років.

Проте дані можуть бути не окупними або мати дуже довгий термін окупності, але вони необхідні для забезпечення нормального функціонування будівлі та повинні відповідати державним нормам.

Загальний аналіз нормативних документів, програмних комплексів, розгляд енергетичної оцінки будівлі на прикладі Навчального корпусу №3 НУ «Запорізька політехніка», що впливають на експлуатацію будівлі, дозволяє використовувати дану роботу для загальних методичних цілей, зокрема зменшення енергопотреб аналогічних будівель для підвищення загальної оперативності, аналітичності, орієнтації та прийняття об'єктивних рішень.

Кафедра БВУП  
Національний університет  
"Запорізька політехніка"

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6–31:2016. // Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – К.: Укрархбудінформ, 2016. – 33 с. – (Державні будівельні норми України)
2. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель / ДСТУ Б В.2.6-189:2013 – К.:Мінрегіон України, 2013, - 55 с.
3. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні / ДСТУ Б В.2.2-12:2015 – К.:Мінрегіон України, 2015, - 203 с.
4. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики / ДСТУ Б EN 15251:2011[Національний стандарт України] – К.: Мінрегіон України, 2012, - 71 с.
5. Метод визначення питомих тепловтрат на опалення будинку / ДСТУ Б В.2.2-21:2008 [Національний стандарт України] – К.: Мінрегіон України, 2009, - 29 с.
6. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій/ ДСТУ Б В.2.6-101:2010 [Національний стандарт України] – К.: Мінрегіонбуд України, 2010, - 84 с.
7. Шовкалек Ю.В. Інструменти і методи для підвищення енергоефективності будівельного фонду / Молодий вчений. - №1(53) – 2018.
8. ДСТУ ISO 50001:2014 Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови щодо застосування. (ISO 50001:2011, IDT).
9. Разработка и внедрение системы энергоменеджмента в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 50001 на предприятиях ДТЭК

ЭНЕРГО / Е.В.Бориченко, О.В.Горбунов, С.П.Денисюк, В.И.Дешко, О.А.Закладной, О.В.Коцар, В.Ф.Находов, В.В. Прокопенко, М.М.Шокалюк; под общ. Ред. С.П.Денисюка. – К.: Наш формат, 2014. – 504 с.

10. ДСТУ Б EN 15251: 2011. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики будівель. – К., 2012. 71с.

11. ДСТУ Б EN ISO 7730: 2011 Ергономіка теплового середовища. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту. – К., 2012. – 93с.

12. Посібник з муніципального енергетичного менеджменту / Є.М.Иншеков, Є.Є.Нікітін, М.В.Тарновский, А.В.Чернявський. – К.: 2014. – 247с.

13. EN 13779:2007. Ventilation for non-residential buildings. Performance requirements for ventilation and room conditioning systems. - CEN. – European Committee for Standardization. – 2008. – 76 p.

14. ДСТУ Б В.2.2-39:2015 Методи та етапи проведення енергетичного аудиту.

15. ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 Настава з виконання термомодернізації будинків.

16. ДСТУ ISO 50002:2016 Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення (ISO 50002:2014 IDT).

17. ДБН В.2.6-31:2016 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель

18. Закон України № 2118 від 22.06.2017 «Про енергетичну ефективність будівель» / Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 33, ст.359.

19. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 Енергетична ефективність будівель.

## Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель

20. ДСТУ Б ENISO 13790:2011 Енергетична ефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження (EN 13790:2008, IDT).

21. Закон України № 327-VIII «Про запровадження нових інвестиційних можливостей, гарантування прав та законних інтересів суб'єктів підприємницької діяльності для проведення масштабної енергетичної модернізації»

22. Закон України № 328-VIII: «Про внесення змін до Бюджетного кодексу України (щодо запровадження нових інвестиційних можливостей...»

23. Постанова КМУ від 21.10.2015 р. № 845 «Про затвердження типового енергосервісного договору»

24. Розвиток системи нормативних документів України із забезпечення енергозбереження та енергоефективності будівель / Барзилович Д.В., Фаренюк Г.Г. // Будівельні конструкції. Вип.77. – К.: НДІБК, 2013. – С. 3-9.

25. ДБН В.1.2-11:2009 Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії.

26. ДБН В.2.3-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.

27. EN 15316-2-1:2007. Heating system in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 1. – CEN. – 2007.

28. EN 12831:2003 Heating system in buildings – Method for calculation of the design heat load. – CEN. – European Committee for Standardization. – 2003