

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

Данильченко Олена Вікторівна

Підвищення рівня енергоефективності дошкільного навчального закладу  
(ДНЗ №6 "Метелик" м. Суми) шляхом комплексної термомодернізації.

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

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

Керівник роботи:

\_\_\_\_\_ (підпис)

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

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



5 Консультанти кваліфікаційної роботи, із зазначенням розділів проекту

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

6 Дата видачі завдання 01.11.2021 р \_\_\_\_\_

Керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_  
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент-магістр

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник випускної роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

## РФЕРАТ

Пояснювальна записка :сторінок-64 , рисунків - 24, таблиць - 14, додатків - 1.

**Мета роботи** :розробка комплексної термомодернізації будівлі.

Відповідно до мети роботи були вирішенні такі питання:

- аналіз рівня ефективності використання енергоносіїв;
- розрахунковий аналіз систем енергопостачання;
- створення сертифікату будівлі;
- визначення комплексної термомодернізації.

**Предмет дослідження** : системи енергопостачання та енергоспоживання будівлі дошкільного навчального закладу № 6 «Метелик» м.Суми, Сумської області.

**Об'єкт** :використання енергоносіїв у ДНЗ №6.

**Методи дослідження** : інструментальне вимірювання, математичні розрахунки.

**Ключові слова** : ПИТОМА ЕНЕРГОПОТРЕБА, ПИТОМЕ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ПОКАЗНИК ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ, КОНДИЦІОНОВАНА ПЛОЩА, ВНУТРІШНЯ (ЗАДАНА) ТЕМПЕРАТУРА, ТЕПЛОВТРАТИ.

**ТЕМА РОБОТИ** : «Підвищення рівня енергоефективності дошкільного навчального закладу (ДНЗ №6 "Метелик" м. Суми) шляхом комплексної термомодернізації»

## ЗМІСТ

### ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

#### РЕФЕРАТ

#### ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	10
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження.....	10
1.2 Опис дійсного стану об'єкту енергетичного обстеження.....	11
1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта.....	12
1.3.1 Система опалення.....	12
1.3.2 Система електропостачання.....	14
1.3.3 Система водопостачання.....	14
1.3.4 Система вентиляції.....	14
1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв.....	15
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду.....	15
1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води.....	15
1.4.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії.....	15
1.4.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії.....	16
1.4.3 Аналіз обсягів споживання води.....	16
2 ВИЗНАЧЕННЯ ПИТОМОЇ ЕНЕРГОПОТРЕБИ НА ОПАЛЕННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ.....	18
2.1 Характеристика передачі трансмісії.....	18
2.2 Характеристика передачі вентиляції.....	20
2.3 Характеристика внутрішніх теплонадходжень.....	22
2.4 Характеристика сонячних теплонадходжень.....	23
2.5 Динамічні параметри.....	28
2.6 Внутрішні умови.....	30
2.7 Енергопотребі для опалення та охолодження.....	31
3 ВИЗНАЧЕННЯ ПИТОМОГО ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ.....	34
3.1 Тривалість опалювального періоду та періоду охолодження для діяльності технічних засобів.....	34
3.2 Розрахунок енергоспоживання при опаленні.....	34
3.3 Визначення питомого енергоспоживання при охолодженні.....	41
3.4 Визначення питомого енергоспоживання при освітленні.....	43
3.5 Проведення розрахунків первинної енергії та викидів парникових газів.....	45
4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.....	49
5 МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛООВОГО СТАНУ ВУЗЛА КУТОВОГО СПОЛУЧЕННЯ.....	50
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	60

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	63
ДОДАТОК А	

## ВСТУП

Енергетичний менеджмент – це діяльність, спрямована на забезпечення раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів на підприємстві або у муніципалітеті, що дозволяє значно зменшити об'єми споживання паливно-енергетичних ресурсів. До основних напрямків енергоменеджменту відносять: моніторинг енергоспоживання, розробку енергетичного бюджету та політики, планування нових енергозберігаючих заходів, розробка ефективних систем та засобів контролю за енергоспоживанням та захистом навколишнього середовища від забруднень, організація інтегрованого енергетичного та економічного менеджменту. У 2011 році Міжнародна організація з стандартизації розробила та запустила стандарт ISO 50001 Енергетичний менеджмент. На даний момент існує його нова версія 2018 року за якою проходять сертифікацію. Цей стандарт надає основи, які дозволяють організаціям: розробити політику у сфері енергоменеджменту, встановити цілі та задачі для досягнення цілі політики в енергоефективній сфері, використовувати дані для кращого розуміння енергоспоживання та вирішення проблем з цього питання, вимірювати результати рівня енергоефективності, проводити аналіз ефективності впровадження політики енергозбереження, постійно покращувати роботу системи енергетичного менеджменту.[1]

Енергетична ефективність; енергоефективність (energy efficiency) – це співвідношення (коефіцієнт) або інший кількісний взаємозв'язок між отриманим показником діяльності, тобто між виконаною роботою, послугами, виробленими товарами чи енергією та вхідним показником, тобто вхідним рівнем енерговитрат. Результати робочої групи з енергоефективності Департаменту енергетики США довели, що енергетична ефективність не може бути виражена єдиним показником, тому існує багато підходів до її визначення або тлумачення її як поняття:

- енергоефективність – необхідний рівень витрат енергетичних ресурсів для досягнення певного рівня благополуччя (наприклад, економічного, соціального, стандартів життя людини, стану навколишнього природного середовища і т. ін.);
- енергоефективність – показник зворотній енергоемності;

- енергоефективність – комплексний набір показників, визначення яких залежить від системи, для якої він визначається, а найголовнішим є спостереження за динамікою цих показників і забезпечення їх постійного покращення за рахунок всіх економічно обґрунтованих доступних заходів (вдосконалення сучасних технологій, а також, що дуже важливо, заміни існуючих технологій використання ПЕР на принципово нові).[2]

Енергетична ефективність будівлі - це властивість будівлі, її конструктивних елементів та інженерного обладнання забезпечувати протягом очікуваного життєвого циклу будівлі побутові потреби людини та оптимальні мікрокліматичні умови для її перебування та/або проживання у приміщеннях такої будівлі при нормативно допустимому (оптимальному) рівні витрат енергетичних ресурсів на опалення, освітлення, вентиляцію, кондиціонування повітря, гаряче водопостачання з урахуванням місцевих кліматичних умов. [3]

Досягти підвищення ефективності використання енергії в будівлях можливо за рахунок впровадження енергоефективних заходів або комплексних проєктів термомодернізації, реалізація яких, потребує залучення коштів. Окрім підвищення ефективності використання енергії, впровадження енергоефективних заходів дозволяє покращити умови всередині будівлі, підвищити рівень комфорту, збільшити строк експлуатації конструкцій будівлі, покращити зовнішній вигляд будівлі тощо. Визначення необхідного переліку енергоефективних заходів для конкретного будинку потребує виявлення особливостей такої будівлі, стану її зовнішньої оболонки, інженерних систем та визначення показників споживання енергії. Правильно розроблений та спланований перелік заходів дозволить в майбутньому досягти найвищих показників економії енергії та ефективності використання коштів залучених на їх реалізацію. З метою встановлення єдиного підходу до оцінки стану будівлі, її інженерних систем, визначення показників споживання енергії та оптимального переліку заходів, що мають бути впроваджені в будівлі для приведення її до рівня мінімальних вимог з енергоефективності в країнах ЄС на законодавчому рівні було запроваджено сертифікацію енергетичної ефективності будівель. Окрім того, така сертифікація забезпечує інформування мешканців/відвідувачів/працівників про енергетичні показники будівлі, та сприяє формуванню відповідального ставлення



до збереження енергоресурсів. В Україні сертифікація енергетичної ефективності будівель визначена положеннями Закону України «Про енергетичну ефективність будівель», що був прийнятий в 2017 році.[4]

Мета енергетичного аудиту – визначення рівня споживання енергоносіїв об'єктом обстеження та техніко-економічний аналіз заходів спрямованих на підвищення його енергетичної ефективності.

В основу техніко-економічних розрахунків покладено «базове» споживання енергоносіїв, яке відповідає нормованим параметрам мікроклімату в приміщеннях будівлі, а саме:

- нормованій температурі внутрішнього повітря;
- нормованій відносній вологості внутрішнього повітря;
- нормованій інтенсивності (кратності) повітрообміну в об'ємі приміщення;
- нормованій середній радіаційній температурі;
- нормованій швидкості руху повітря в робочій зоні.

Значення нормованих параметрів мікроклімату визначаються відомчими нормами проектування. [5]

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

## 1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єкт обстеження даної кваліфікаційної магістерської роботи є Дошкільний навчальний заклад (ясла-садок) №6 «Метелик», м. Суми, Сумської області. Заклад знаходиться за адресою м. Суми, вул. Харківська, 10. Будівля була побудована у 1974 році, з того часу не проводилось жодних капітальних ремонтів або термомодернізацій. Заклад працює 5 днів на тиждень 12 годин на добу. У середньому на день в закладі перебуває 60 чоловік персоналу та 350 дітей. На час карантину кількість відвідувачів 250 чоловік.

Сумський дошкільний навчальний заклад (ясла-садок) № 6 «Метелик» підпорядковується Управлінню освіти і науки Сумської міської ради та повністю утримується за рахунок коштів місцевого бюджету.

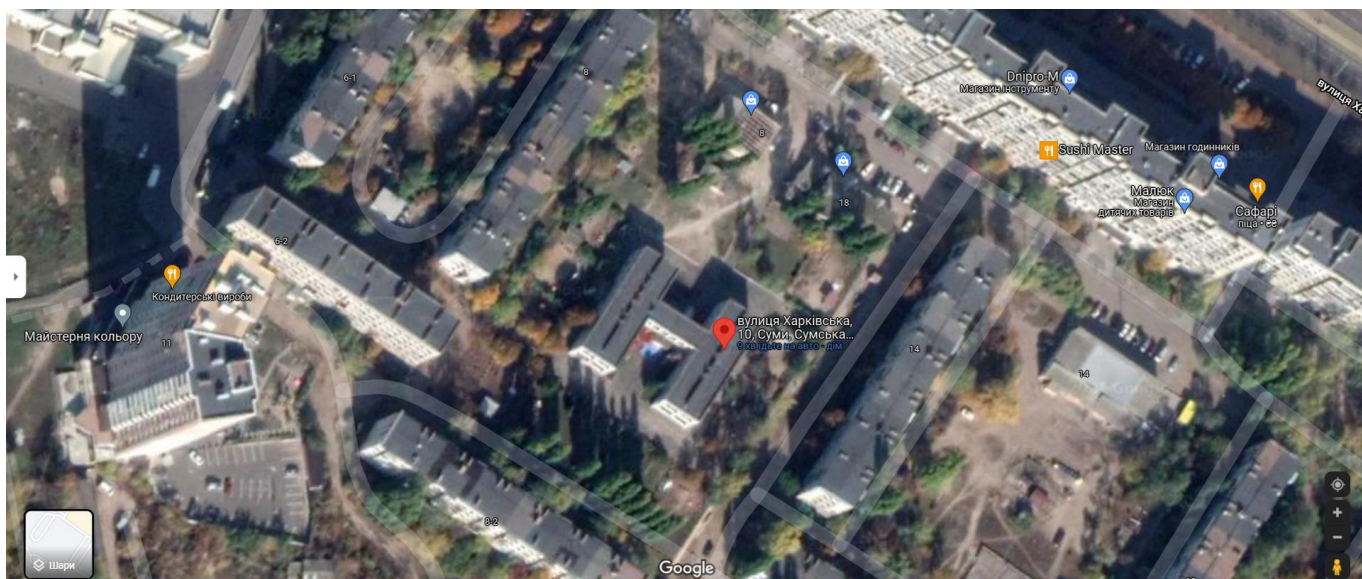


Рисунок 1.1 – Місце знаходження ДНЗ №6 «Метелик»

## 1.2 Опис дійсного стану об'єкту енергетичного обстеження

Будівля закладу дошкільної освіти складається з двох поверхів. Дах плоский та має покриття руберойд. Стан системи водовідводу дощової та талої води незадовільний. Фасад закладу руйнується, в деяких місцях наявні тріщини та лущення обробної штукатурки. Відбувається руйнування цоколю. Стан зовнішніх огорожувальних конструкцій незадовільний. У будівлі присутні як старі дерев'яні вікна, так і замінені на сучасні металопластикові з двокамерним склопакетом. Будівля має дев'ять вхідних дверей (1 центральний вхід та 8 службових), кожен з яких виконано у вигляді тамбуру, що значною мірою зменшує тепловтрати через відкривання дверей.



Рисунок 1.2 – Вигляд зовнішніх огорожувальних конструкцій закладу



Рисунок 1.3 – Вигляд дошкільного навчального закладу

## 1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта

### 1.3.1 Система опалення

Теплопостачання Сумського ДНЗ № 6 здійснюється централізовано згідно договору про надання послуг з централізованого опалення, який укладено з ТОВ «Сумитеплоенерго» договір 1306 – Т від 19.02.2021 року. Ввід теплової мережі передбачений до теплового пункту, розміщеного у підвальному приміщенні (див. Додаток А) де є вільний доступ обслуговуючого персоналу до приладів, наявне освітлення, та відповідає вимогам Правил технічної експлуатації тепловикористовуючих устаткувань і теплових мереж. Трубопроводи тепломережі і деталі вузла обліку теплової енергії сталеві, ізольовані. Система теплової мережі дошкільного навчального закладу однотрубна, розподіл теплоносія відбувається знизу-вгору по стоякам; вхідне приєднання опалювальних приладів до розподільчої системи – нижнє. Магістральні трубопроводи до будівлі, прокладені під землею та під'єднуються в тепловому пункті до головних подавальних трубопроводів. В якості опалювальних приладів використовуються сталеві пластинчасті радіатори опалення. Опалювальні прилади розташовані під вікнами в кожному приміщенні. Доступ до опалювальних приладів необмежений.

У закладі встановлені старі нагрівальні прилади, що не дозволяють якісно обігрівати приміщення. Відсутній системи погодного регулювання теплоспоживання. Регулювання здійснюють у ручному режимі за допомогою запірної арматури. Наявне гаряче водопостачання цілий рік. Система тепlopостачання – централізована, надавач тепла та гарячої води ТОВ «Сумитеплоенерго».



Рисунок 1.4 – Опалювальні прилади в закладі



Рисунок 1.5 – Теплопункт закладу

### 1.3.2 Система електропостачання

Електропостачання в закладі здійснюється за II категорією надійності від двох незалежних взаєморезервуючих джерел живлення, а система протипожежного захисту – згідно з ДБН В.2.5-56. Електропостачання та розподільна мережа зовнішнього освітлення на території закладу здійснено кабельними лініями.[6]

### 1.3.3 Система водопостачання

Будівля закладу дошкільної освіти обладнана системою господарсько-питною, протипожежною, гарячим водопостачанням, системою водовідведення (каналізацією і водостоком) згідно з ДБН В.2.5-64. Якість питної води відповідає вимогам Санітарного регламенту для дошкільних навчальних закладів затвердженого наказом МОЗ України 24 березня 2016 року №34.

На вводі водопроводу від зовнішньої мережі водопостачання встановлено вузол комерційного обліку.[7]

### 1.3.4 Система вентиляції

У закладі є природна вентиляція та механічна у харчоблоці. Стан вентиляційної системи за час її експлуатації погіршився, природна вентиляція у приміщеннях відбувається лише завдяки нещільності в огорожувальних конструкціях, тому майже в усіх приміщеннях доводиться відкривати вікна для провітрювання. Таким чином корисна теплота під час відкриття вікон вивірюється з будівлі.

### 1.3.5. Система обліку енергоносіїв

У закладі впроваджено систему моніторингу теплоспоживання Сумського державного університету. У вузлу обліку теплової енергії за технічними умовами передбачено встановлення лічильника тепла SHARKY 775. Який з'єднаний з водолічильником PREMEX VM 7 V/1 Ду 25, встановлений на трубі з зовнішнім діаметром Dтр 34 та діаметром умовного проходу Ду 30.

Встановлено лічильнику обліку електричної енергії та води.

### 1.3.6. Існуючі тарифи на енергоносії та воду

На листопад 2021 року було прийнято тарифи для бюджетних установ такі:

- теплова енергія, постачальник ТОВ «Сумитеплоенерго» (з ПДВ) - 2630,57 грн/Гкал;
- водопостачання (водопостачання та водовідведення) (з ПДВ) – 27,12 грн/м<sup>3</sup>;
- електроенергія (з ПДВ) (в закладі встановлено тариф на послуги постачальника універсальних послуг, в тариф враховано розподіл електричної енергії, «Енера Суми» самі перераховують ПАТ «Сумиобленерго» кошти за розподіл електричної енергії) – 5,0192 грн/Вт.

## 1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води

### 1.4.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії

На рисунку 1.6 приведено динаміку споживання теплової енергії закладом дошкільної освіти за період 2018 -2020 років та не повного 2021 року.

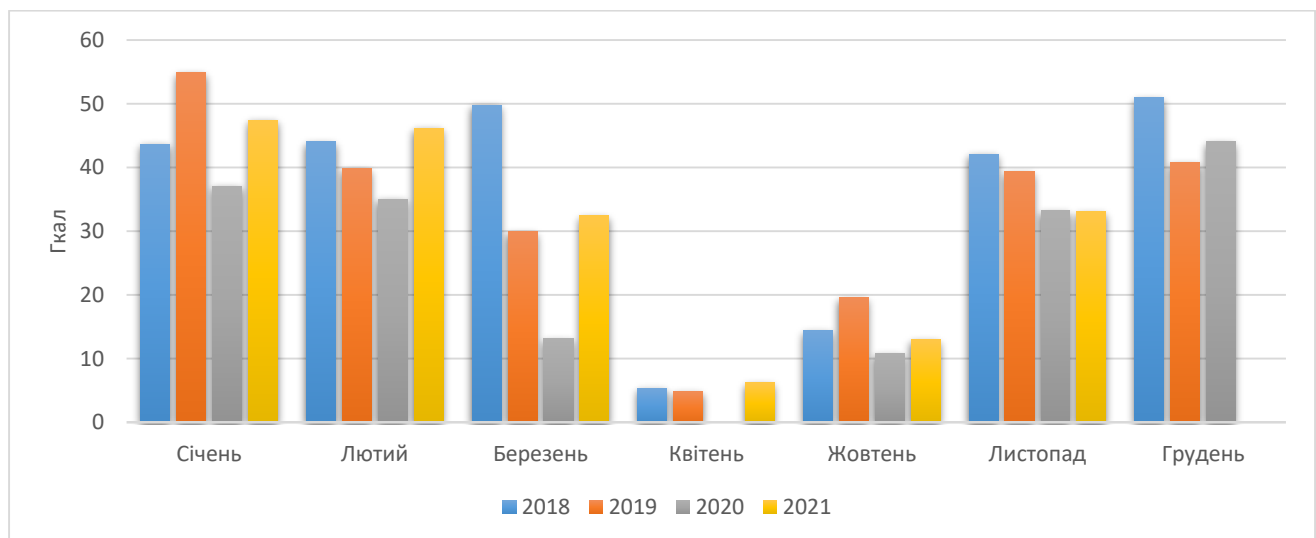


Рисунок 1.6 – Споживання теплової енергії 2018-2021 рр.

З діаграми видно, що максимум споживання теплової енергії на опалення приходить на грудень, січень і лютий, а мінімум – квітень та жовтень.

### 1.4.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії

На рисунку 1.7 приведено динаміку споживання електричної енергії закладом дошкільної освіти за період 2018 -2020 років та не повного 2021 року.

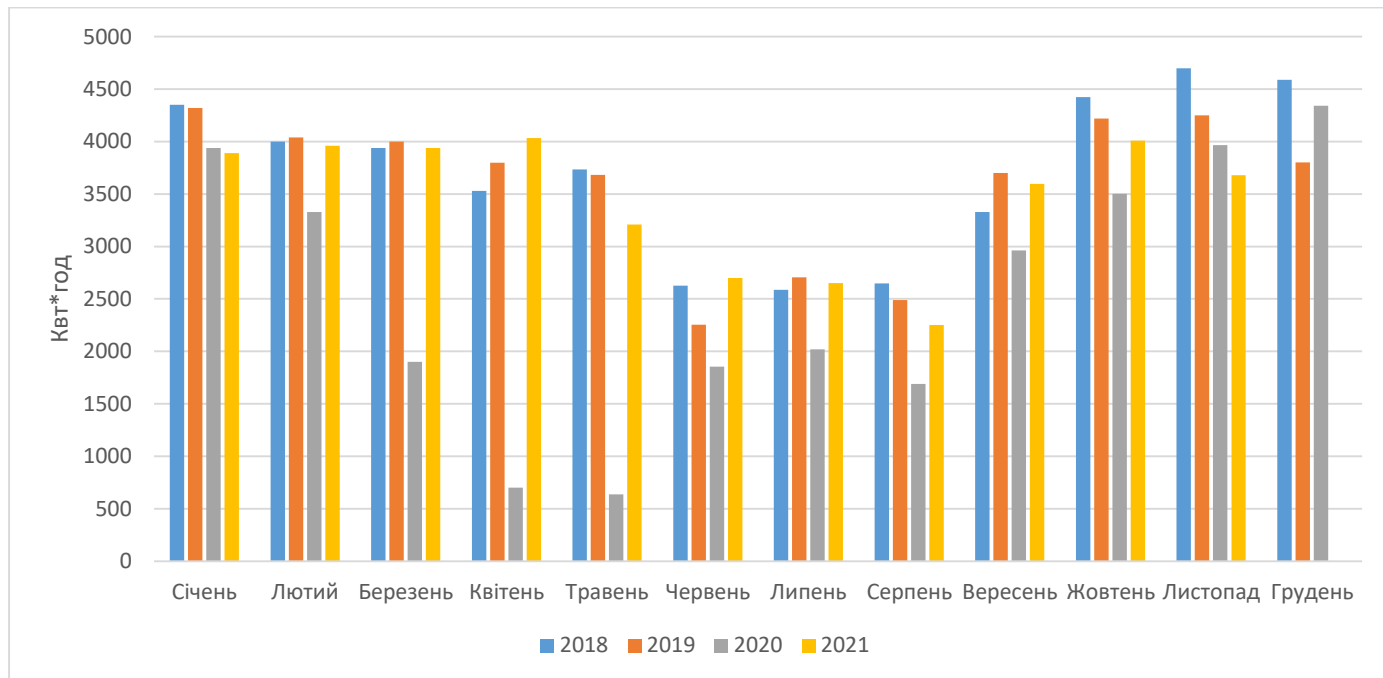


Рисунок 1.7 – Споживання електричної енергії за 2018-2021 рр.

З діаграми споживання видно, що максимум споживання приходить на усі місяці, крім літнього періоду, це може бути пов'язано з тим, що у літній період менше вихованців та персонал не вмикає допоміжні нагрівальні прилади.

### 1.4.3 Аналіз обсягів споживання води

На рисунку 1.8 приведено динаміку споживання води закладом дошкільної освіти за період 2018 -2020 років та не повного 2021 року.



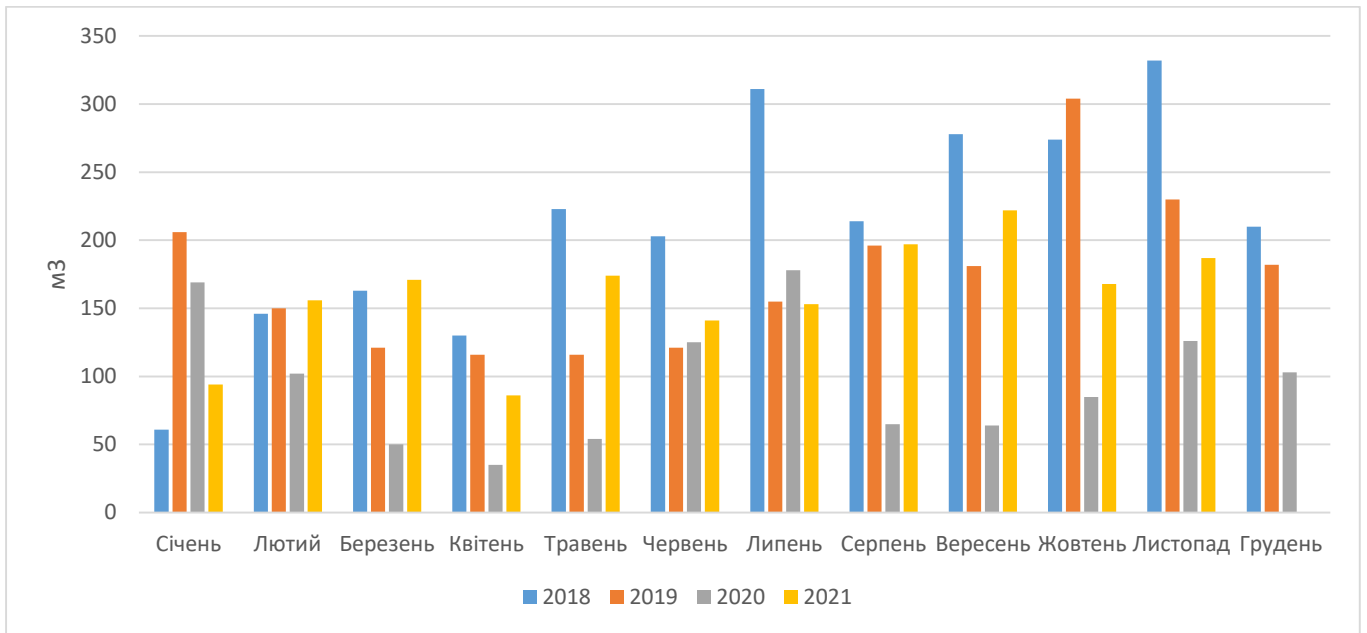


Рисунок 1.8 – Споживання води за 2018-2021 рр.

## 2 ВИЗНАЧЕННЯ ПИТОМОЇ ЕНЕРГОПОТРЕБИ НА ОПАЛЕННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ

Сертифікат розроблений на основі розрахунків за Методикою визначення енергетичної ефективності будівель, затвердженої Наказом МІНРЕГІОНУ № 169 від 11.07 2018. У сертифікаті встановлено відповідні значення питомого енергоспоживання при опаленні, охолодженні, гарячому водопостачанні, вентиляції та освітленні, надані значення питомого енергоспоживання первинної енергії та викидів парникових газів. За результатами енергоаудиту і відповідних розрахунків присвоєно клас енергетичної ефективності будівлі. Матеріали енергоаудиту передаються до Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України ДЕРЖЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ для підтвердження Замовнику енергетичного сертифікату будівлі у відповідності до встановленого Законом України «Про енергетичну ефективність будівель». Розрахунки виконані на основі Методики визначення енергетичної ефективності будівель згідно Наказу № 169 від 11.07.2018 МІНРЕГІОНУ та ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні» (далі – ДСТУ Б А.2.2-12:2015).[8]

**Дана робота повністю розрахована відповідно до ДСТУ Б А.2.2-12:2015.**

### 2.1 Характеристика передачі трансмісії

Сумарну теплопередачу трансмісією  $Q_{tr}$ , Вт год, розраховують для кожного місяця та для кожної зони за формулами:

- Для опалення:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int,set,H} - \theta_c) \cdot t \quad (1)$$

- Для охолодження :

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int,set,C} - \theta_c) \cdot t \quad (2)$$

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

$\theta_{int,set,H}$  - задана температура зони будівлі для опалення, °С = 22;

$\theta_{int,set,C}$  - задана температура зони будівлі для охолодження, °С=26;

$\theta_c$ - середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С;

t - тривалість місяця для якого проводиться розрахунок, год.

Значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією  $H_{tr,adj}$ , Вт/К, повинно бути розраховане згідно за формулою:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A \quad (3)$$

В загальному випадку  $H_X$ , що відображає  $H_D, H_g, H_U, H_A$ , складається з трьох доданків та розраховується за формулою:

$$H_X = b_{tr,x} \cdot \sum A_i \cdot U_i \quad (4)$$

де  $A_i$  - площа і-го елемента оболонки будівлі, м<sup>2</sup>;

$U_i$  - приведений коефіцієнт теплопередачі і-го елемента оболонки будівлі, Вт/(м<sup>2</sup> К). що становить  $U_i = 1/R_{\Sigma pri}$ ;

$R_{\Sigma pri}$  - приведений опір теплопередачі і-го елемента оболонки будівлі, м<sup>2</sup> К/Вт, що для непрозорих елементів визначають згідно з ДСТУ Б В.2.6-189. Для світлопрозорих елементів приймається за відповідними стандартами;

$b_{tr,x}$  - поправочний коефіцієнт, що становить 1.

Всі розрахунки зведено до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики теплопередачі трансмісією

№	Огороджувальна конструкція	$A_i$	$R_{\Sigma pri}$	$U_i$	$b_{tr,x,H}$	$H_{xH}$ , Вт/К
1.	Зовнішні стіни	969,144	0,82	1,22	1	1181,44
2.	Суміщене перекриття	1160	1,58	0,63	1	733,33

3.	Перекриття над неопалювальним підвалом	1160	0,37	2,72	1	3152,55
4.	Перекриття по ґрунту	1160	0,933	0,259	1	301,63
5.	Світлопрозорі конструкції	392,5	0,42	2,38	1	934,15
6.	Вхідні двері	3,36	0,497	0,497	1	0,00

Сумарна теплопередача трансмісією розрахована згідно з формулами (3) та (4) для кожного місяця і наведена в таблиці 2.5 для режиму опалення та в таблиці 2.6 для режиму охолодження.

## 2.2 Характеристика теплопередачі вентиляцією

Сумарну теплопередачу вентиляцією  $Q_{ve}$ , Вт год, розраховують для кожного місяця за формулами:

- для опалення:

$$Q_{veH} = H_{ve,adj} \cdot (\theta_{int,set,H,z} - \theta_e) \cdot t \quad (5)$$

- для охолодження:

$$Q_{veC} = H_{ve,adj}(\theta_{int,set,H,z} - \theta_e) \cdot t + \sum_{i=1}^N (\sum_{j=1}^{24} f_{ve,extra,j,k} \cdot H_{ve,extra,j,k}(\theta_{int,set,C,z} - \theta_e)) \quad (6)$$

де  $H_{ve,adj}$  - загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією, Вт/К;

$H_{ve,extra,j,k}$  - загальний коефіцієнт теплопередачі за рахунок додаткової вентиляції (нічна вентиляція та/або природне охолодження) від к-го елемента, Вт/К;

$\theta_{int,set,H,z}$  - задана температура зони будівлі для опалення, °С=22;

$\theta_{int,set,C,z}$  - задана температура зони будівлі для охолодження, °С=26;

$\theta_e$  - середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С;

$\theta_{e,j}$  - температура зовнішнього середовища, °С, для конкретної години доби, визначена на підставі погодинних значень репрезентативного дня місяця згідно з додатком А;

$t$  - тривалість місяця, для якого проводиться розрахунок, год;

$f_{ve,extra,j,k}$  - частка роботи для конкретної години доби  $i$ -го дня місяця від  $k$ -го елемента додаткової вентиляції (якщо нічна вентиляція та/або природне охолодження працює);

$f_{ve,extra,j,k} = 1$ , якщо не працює,  $f_{ve,extra,j,k} = 0$   $7 = 1$  до  $24$  - крок розрахунку в годинах;  $j = 1$  до  $N$  - крок розрахунку в добах ( $N = 31$  для січня).

Значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією  $H_{ve,adj}$ , Вт/К, розраховують за формулою:

$$H_{ve,adj} = \rho_a \cdot c_a \cdot (\sum b_{ve,k} \cdot q_{ve,k,mn}) \quad (7)$$

де  $\rho_a \cdot c_a$  - теплоємність повітря одиниці об'єму дорівнює 0,33 Вт год/(м К);

$q_{ve,k,mn}$  - усереднена за часом витрата повітря від  $k$ -го елемента, м<sup>3</sup>/год;  $b_{ve,k}$  - температурний поправочний коефіцієнт для  $k$ -ю елемента повітряного потоку зі значенням  $b_{ve,k} = 1$ ;

$k$  - представляє кожен із відповідних елементів повітряного потоку, таких як інфільтрація, природна вентиляція, механічна вентиляція тощо.

Усереднену за часом витрату повітря  $k$ -го елемента повітряного потоку  $q_{ve,k,mn}$ , м<sup>3</sup>/год, розраховують за формулою:

$$q_{ve,k,mn} = f_{ve,t,k} \cdot q_{ve,k} \quad (8)$$

де  $q_{ve,k}$  - витрата повітря  $k$ -го елемента повітряного потоку, м<sup>3</sup>/год, визначають за проектними даними або результатами ДСТУ 5 EN -15251;

$f_{ve,t,k}$  - частка роботи  $k$ -го елемента повітряного потоку, розрахована як частка від загальної кількості годин на добу (повний час:  $f_{ve,t,k} = 1$ ).

Центрального попереднього підігріву та охолодження вентиляційного повітря не передбачено.

Значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією становлять для опалювального періоду  $H_{ve,adj,n} = 2829,311$  Вт/К, для періоду охолодження

Сумарна теплопередача вентиляцією розрахована згідно формулами (5) та (6) для кожного місяця і наведена в таблиці 2.5 для режиму опалення та таблиці 2.6 для режиму охолодження.

### 2.3 Характеристика внутрішніх теплонадходжень

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у зоні будівлі, що розглядається,  $Q_{int}$ , Вт·год, для визначеного місяця розраховуються за формулою:

$$Q_{int} = (\sum_k \Phi_{int,mn,k} \cdot A_f) \cdot t \quad (9)$$

де  $\Phi_{int,mn,k}$  - усереднений за часом тепловий потік від к-го внутрішнього джерела, Вт/м<sup>2</sup>;

$A_f$  - кондиціонована площа зони будівлі, м<sup>2</sup>;

$t$  - тривалість періоду використання, виражена у годинах на місяць.

Згідно з методикою ДСТУ Б А.2.2-12 до уваги взяті наступні теплонадходження: внутрішній тепловий потік від людей, внутрішній тепловий потік від обладнання, внутрішній тепловий потік від освітлення. Відповідно загальна сумарна величина усередненого теплового потоку приймається згідно з таблицею 6 ДСТУ Б А.2.2-12 і становить  $\Phi_{int} = 17,0$  Вт/м<sup>2</sup>.

Значення внутрішніх теплонадходжень для кожного місяця наведені в таблиці 2.4. Наведені значення розраховані за формулою (9) з урахуванням графіка використання згідно з таблицею 6 ДСТУ Б А.2.2-12 та характеристиками періоду невикористання згідно з таблицею 7 ДСТУ Б А.2.2-12.

## 2.4 Характеристика сонячних теплонадходжень

Світлопрозорі конструкції, через які до будинку надходять сонячні теплонадходження, розташовані з усіх сторін фасаду. Середньомісячна сонячна радіація на відповідні площини визначена згідно з додатком А ДСТУ Б А.2.2-12 і наведена в таблиці 2.4 .

Теплонадходження від сонця до зони будівлі, що розглядається, для кожного місяця  $Q_{sol}$ , Вт год. розраховують за формулою:

$$Q_{sol} = (\sum_k \Phi_{sol,mn,k})t \quad (10)$$

$\Phi_{sol,mn,k}$  - усереднений за часом тепловий потік від k-го джерела сонячного випромінювання, Вт;

t - тривалість місяця, що розглядається, виражена у годинах.

Сонячні теплонадходження через k-ий елемент будівлі  $\Phi_{sol,k}$ , Вт, визначають за формулою:

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k} - F_{r,k} \cdot \Phi_{r,k} \quad (11)$$

де  $F_{sh,ob,k}$  - понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції k-ої поверхні;

$A_{sol,k}$  - еквівалентна площа інсоляції k-ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу у визначеній зоні чи об'ємі, м<sup>2</sup>;

$I_{sol,k}$  - сонячна радіація, значення енергетичної освітленості сприймаючої площі k-ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності Вт/м<sup>2</sup>;

$F_{r,k}$  - коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом, який приймають:  $Fr = 1$  - для незатіненого горизонтального даху,  $Fr = 0,5$  - для незатіненої вертикальної стіни;

$\Phi_{r,k}$  - додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу від k-го елемента будівлі, Вт.

Еквівалентну площу інсоляції зашкленого елемента оболонки (наприклад, вікна)  $A_{sol}$ , м<sup>2</sup>, розраховують за формулою:

$$A_{sol,k} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p} \quad (12)$$

де  $F_{sh,gl}$  - понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів. У випадку відсутності засобів рухомого затінення  $F_{sh,gl} = 1$ ;

$g_{gl}$  - загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини елемента;

$F_F$  - частка площі обрамлення, відношення площі проекції обрамлення до загальної площі проекції зашкленого елемента;

$A_{w,p}$  - загальна площа проекції зашкленого елемента (наприклад, площа вікна), м<sup>2</sup>.

Через те, що осереднений за часом загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії - це параметр, значення якого дещо нижче за  $g_n$ , то для його обчислення використовують поправочний коефіцієнт  $F_w$ , як наведено у формулі:

$$g_{gl} = F_w \cdot g_n \quad (13)$$

де  $F_w$  - поправочний коефіцієнт для нерозсіювального скління, приймають  $F_w = 0,90$ .

Частка обрамлення становить  $F_f = 0,3$ .

$$g_{gl} = 0,90 \cdot 0,75 = 0,675$$

Площа світлопрозорих конструкцій згідно з проектними даними становить:

- на північному сході – 56,6 м<sup>2</sup>;
- на південному сході – 110,1 м<sup>2</sup>;
- на південному заході – 108,1 м<sup>2</sup>;
- на північному заході – 117,7 м<sup>2</sup>.



В якості рухомих засобів затінення передбачено, що використовуються білі венеціанські жалюзі зсередини вікон низької ефективності (понижувальний коефіцієнт згідно з таблицею 9 ДСТУ Б А.2.2-12 дорівнює 0,45).

Відповідно понижувальний коефіцієнт затінення для засобів рухомого затінення визначають згідно з формулою.

$$F_{sh,gl} = \frac{[(1-f_{sh,with}) \cdot g_{gl} + f_{sh,with} \cdot g_{gl+sh}]}{g_{gl}} \quad (14)$$

де  $g_{gl}$  - загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії скління за відсутності сонячного затінення;

$g_{gl+sh}$  - загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії скління за наявності сонячного затінення, визначають множенням  $g_{gl}$  на понижувальний коефіцієнт, що залежить від типу рухомого затінення;

$f_{sh,with}$  - зважені інтервали часу, коли сонячне затінення використовується, наприклад, як функція інтенсивності падаючого сонячного випромінювання (яка залежить від клімату, сезону та орієнтації). Зважені інтервали часу, коли сонячне затінення використовується,  $f_{sh,with}$  визначають на основі проектних вхідних даних та погодинних моделей або за фактичним станом.

При цьому,  $g_{gl+sh} = 0,675 \cdot 0,1 = 0,0675$ , коефіцієнт затінення  $f_{sh,with}$  визначають згідно з таблицею 11 ДСТУ Б А.2.2-12 для відповідного місяця та відповідного напрямку.

Результат розрахунку  $F_{sh,gl}$  наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 Понижувальний коефіцієнт засобів рухомого затінення

Місяць року	$F_{sh,gl}$			
	Пн Сх	Пд Сх	Пд Зх	Пн Зх
Червень	1	0,919	0,586	0,676
Липень	1	0,838	0,55	0,667
Серпень	1	0,793	0,505	0,685

Для інших місяців року  $F_{sh,gl} = 1$ .

Непрозорі елементи, які піддаються інсоляції, - це зовнішні стіни чотирьох фасадів та покрівля. Площа непрозорих елементів згідно з проектними даними становить:

- на північно східному -  $A_{ПнСх} = 209,752 \text{ м}^2$ ;
- на південно східному фасаді -  $A_{ПдСх} = 304,37 \text{ м}^2$ ;
- на південному західному фасаді -  $A_{ПдЗх} = 158,252 \text{ м}^2$ ;
- на північно західному фасаді -  $A_{ПнЗх} = 296,77 \text{ м}^2$ ;
- покриття -  $A_{пк} = 1160 \text{ м}^2$ .

Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів  $A_{sol}$  розрахована за формулою (15) та наведена в таблиці 2.4. При цьому, безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною згідно з таблицею 10 ДСТУ Б А.2.2-12 становить:  $\alpha_{S,c} = 0,93$  - для кремової штукатурки та  $\alpha_{S,c} = 0,9$  - для руберойду.

$$A_{sol} = \alpha_{S,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \quad (15)$$

$\alpha_{S,c}$  - безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною;

$R_{se}$  - тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини,  $\text{м}^2 \text{ К/Вт}$ , приймають  $0,043 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$ ;

$U_c$  - коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$A_c$  - площа проекції непрозорої частини,  $\text{м}^2$ .

Додатковий тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу для відповідного елемента оболонки будівлі  $\Phi_r$ ,  $\text{Вт}$ , визначають за формулою:

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er} \quad (16)$$

де  $R_{se}$  - тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини,  $\text{м}^2 \text{ К/Вт}$ , приймають  $0,043 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$ ;

$U_c$  - коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, Вт/(м<sup>2</sup> • К);

$A_c$  - площа проекції елемента, м<sup>2</sup>;

$h_r$  - коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні, Вт/(м<sup>2</sup>• К);

$\Delta\theta_{er}$  - середня різниця між температурою зовнішнього повітря та уявною температурою атмосфери, °С, для помірних широт приймають = 11 К.

Таблиця 2.3- Елементи сонячних теплонадходжень  $A_{sol}$

Місяць року	$A_{sol}$ , м <sup>2</sup>					$F_r \cdot \Phi_r$ , Вт	$\Phi_{sol}$ Вт
	ПнСх	ПдСх	ПдЗх	ПнЗх	Гор		
Січень	266,352	414,47	266,352	414,47	1160	1895,30	4758,37
Лютий						1895,30	9524,76
Березень						1895,30	15500,92
Квітень						1895,30	19107,28
Травень						1895,30	44149,65
Червень						1895,30	22454,05
Липень						1895,30	21562,04
Серпень						1895,30	18394,87
Вересень						1895,30	28038,08
Жовтень						1895,30	9967,68
Листопад						1895,30	3777,62
Грудень						1895,30	3080,99

Таблиця 2.4- Розрахунок сонячних теплонадходжень

Місяць року	Параметр								
	$\theta_e, ^\circ\text{C}$	t, год	$Q_{int}, \text{кВт}\cdot\text{год}$	$I_{sol,Пн} \text{Вт/м}^2$	$I_{sol,Сх} \text{Вт/м}^2$	$I_{sol,Пд} \text{Вт/м}^2$	$I_{sol,3х} \text{Вт/м}^2$	$I_{sol,гор} \text{Вт/м}^2$	$Q_{sol}, \text{кВт}\cdot\text{го}$
Січень	-6,6	744	6714,0	13	35	37	13	29	3540,2
Лютий	-5,8	672	6714,0	24	58	61	24	58	6400,6
Берез	-0,8	744	7193,6	40	83	87	41	102	11532,7
Квіт	8,1	720	6953,8	54	96	91	53	152	13757,2
Трав	14,6	744	6714,0	78	111	107	76	211	18631,5
Черв	17,9	720	6953,8	88	112	109	86	230	16166,9
Лип	19,5	744	2158,1	85	114	111	82	224	16042,2
Серп	18,4	744	4555,9	67	112	111	65	189	13685,8
Верес	13,0	720	7193,6	41	99	99	41	134	13010,7
Жовт	6,7	744	7433,4	21	65	63	20	70	7416
Лист	0,4	720	7193,6	10	30	31	10	29	2719,9
Груд	-4,3	744	7433,4	8	28	29	8	20	2292,3

## 2.5 Динамічні параметри

Для кожної зони будівлі та для кожного місяця сумарну теплопередачу,  $Q_{ht}$ , Вт год, ( $Q_{H,ht}$ - для режиму опалення,  $Q_{C,ht}$  - для режиму охолодження) визначають за формулою:

$$Q_{ht} = Q_{tr} + Q_{ve} \quad (17)$$

де  $Q_{tr}$  - сумарна теплопередача трансмісією, Вт год;

$Q_{ve}$  - сумарна теплопередача вентиляцією, Вт год.

Сумарні теплові надходження,  $Q_{gn}$ , Вт год, ( $Q_{H,gn}$ - для режиму опалення,  $Q_{C,gn}$  - для режиму охолодження) для кожної зони будівлі для кожного місяця визначають за формулою:

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol} \quad (18)$$

де  $Q_{int}$  - сума внутрішніх теплонадходжень протягом даного періоду, Вт год;

$Q_{sol}$ - сума сонячних теплонадходжень протягом даного періоду, Вт год.

Часова константа будівлі характеризує внутрішню теплову інерцію будівлі. Будівля є важкою, відповідно згідно з таблицею 15 ДСТУ Б А.2.2-12 внутрішня теплоємність будівлі на одиницю площі становить  $C = 80 \text{ Вт}\cdot\text{год}/(\text{м}^2 \text{ К})$ .

Внутрішня теплоємність будівлі розрахована згідно з формулою і становить:

$$C_m = C \cdot A_f \quad (19)$$

де  $C$  - внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі на одиницю площі,  $\text{Вт}\cdot\text{год}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$A_f$  - кондиціонована площа будівлі або зони будівлі,  $\text{м}^2$ .

$$C_m = 80 \cdot 1975,5 = 158040 \text{ Вт} \cdot \frac{\text{ГОД}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Часова константа будівлі розраховується за формулою і становить:

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj} + H_{ve,extra,adj}} \quad (20)$$

де  $C_m$  - внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі,  $\text{Вт год}/\text{К}$ ;

$H_{tr,adj}$  - репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією,  $\text{Вт}/\text{К}$ ;

$H_{ve,adj}$  - репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією,  $\text{Вт}/\text{К}$ ;

$H_{ve,extra,adj}$  - репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі за рахунок додаткової вентиляції від нічного та/або природного охолодження,  $\text{Вт}/\text{К}$ , приймають  $H_{ve,extra,adj} = 0$  - для режиму опалення та для режиму охолодження

- для режиму опалення  $\tau = 17,9$ ;

- для режиму охолодження  $\tau = 17,9$ .

Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення та охолодження  $\eta_{H,gn}$  та  $\eta_{C,gn}$  розрахований для кожного місяця згідно з формулами на

підставі співвідношення надходжень і втрат теплоти і числового параметра  $\gamma_H$  і  $\gamma_C$ , наведений у таблицях 2.5 і 2.6. Безрозмірний числовий параметр  $a_H$  та  $a_C$  визначається за формулами (20) та (21) і становить:

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} \quad (20)$$

$$a_H = 2,2$$

$a_{H,0}$  - довідковий безрозмірний числовий параметр, який дорівнює 1,0;

$\tau$  - часова константа зони будівлі, год;

$\tau_{H,0}$ -довідкова часова константа, яку приймають 15 год.

$$a_C = a_{C,0} + \frac{\tau}{\tau_{C,0}} \quad (21)$$

$$a_C = 2,2$$

$a_{C,0}$  - довідковий безрозмірний числовий параметр, який дорівнює 1,0;

$\tau$  - часова константа зони будівлі, год;

$\tau_{C,0}$ -довідкова часова константа, яку приймають 15 год.

## 2.6 Внутрішні умови

Задана температура на опалення прийнята згідно з таблицею 16 ДСТУ Б А.2.-12 і становить  $\theta_{int,H,set} = 22$  °С.

Задана температура на охолодження прийнята згідно з таблицею 16 ДСТУ Б А.2.-12 і становить  $\theta_{int,H,set} = 26$  °С.

## 2.7 Енергопотреби на опалення та охолодження

Енергопотреби для опалення розраховані для кожного місяця згідно з формулою (22) та наведені в таблиці 2.5. Енергопотреби для охолодження розраховані для кожного місяця згідно з формулою (23) та наведені в таблиці 2.6.

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn} \quad (22)$$

$Q_{H,nd,cont}$  - енергопотреба для постійного опалення будівлі, Вт год, повинна бути більше чи дорівнювати 0;

$Q_{H,ht}$  - сумарна теплопередача в режимі опалення, Вт год;

$Q_{H,gn}$  - сумарні теплонадходження в режимі опалення, Вт год;

$\eta_{H,gn}$  - безрозмірний коефіцієнт використання надходжень.

$$Q_{C,nd} = Q_{C,nd,cont} = Q_{C,ht} - \eta_{C,gn} \cdot Q_{C,gn} \quad (23)$$

$Q_{C,nd,cont}$  - енергопотреба для постійного охолодження будівлі, Вт год, повинна бути більше чи дорівнювати 0;

$Q_{C,ht}$  - сумарна теплопередача в режимі охолодження, Вт год;

$Q_{C,gn}$  - сумарні теплонадходження в режимі охолодження, Вт год;

$\eta_{C,gn}$  - безрозмірний коефіцієнт використання надходжень.

Питома енергопотреба на опалення, охолодження, постачання гарячої води розраховується за формулою для громадських будівель

$$EN = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd})/V \quad (26)$$

Розрахунок наведено у таблиці 3.9

Таблиця 2.5 - Розрахунок енергопотребы для опалення

Місяць року	$Q_{H,tr}$ , кВт·год	$Q_{H,ve}$ , кВт·год	$Q_{H,ht}$ , кВт·год	$Q_{H,int}$ , кВт·год
Січень	67038,6	60203,21	127241,82	6714,0
Лютий	58857,3	52856,06	111713,32	6714,0
Березень	53443,4	47994,17	101437,54	7193,6
Квітень	15765,3	14157,87	29923,21	3596,8
Травень				
Червень				
Липень				
Серпень				
Вересень				
Жовтень	24294,5	21817,38	46111,88	3596,8
Листопад	48997,3	44001,45	92998,76	7193,6
Грудень	61647,4	55361,70	117009,09	7433,4

Продовження таблиці 2.5 - Розрахунок енергопотребы для опалення

Місяць року	$Q_{H,gn}$ кВт·год	$\gamma_H$	$\eta_{H,gn}$	$Q_{H,nd}$ кВт·год
Січень	10254,24	0,08	0,996	117024,6
Лютий	13114,65	0,12	0,992	98702,71
Березень	18726,27	0,18	0,980	83084,11
Квітень	10475,41	0,35	0,933	20148,55
Травень				
Червень				
Липень				
Серпень				
Вересень				
Жовтень	8620,50	0,19	0,980	37667,36
Листопад	9913,47	0,11	0,994	83149,65
Грудень	9725,63	0,08	0,996	107320,9



Таблиця 2.6 Розрахунок енергопотребі на охолодження

Місяць року	$Q_{C,tr}$ кВт·год	$Q_{C,ve}$ , кВт·год	$Q_{C,ht}$ кВт·год	$Q_{C,int}$ кВт·год
Січень				
Лютий				
Березень				
Квітень				
Травень				
Червень	12744	-	12744	48054
Липень	9715	-	9715	49656
Серпень	12090	-	12090	49656
Вересень				
Жовтень				
Листопад				
Грудень				

Продовження таблиці 2.6 - Розрахунок енергопотребі на охолодження

Місяць року	$Q_{C,gn}$ кВт·год	$\gamma_c$	$\eta_{C,gn}$	$Q_{C,nd}$ кВт·год
Січень				
Лютий				
Березень				
Квітень				
Травень				
Червень	23120,71	0,90	0,6491	6374,467
Липень	18200,23	0,93	0,6627	5249,108
Серпень	18241,72	0,75	0,5828	4000,057
Вересень				
Жовтень				
Листопад				
Грудень				

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ПИТОМОГО ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

3.1 Тривалість опалювального періоду та періоду охолодження для діяльності сезонозалежних технічних засобів

Тривалість опалювального періоду прийнято фіксованою згідно з ДБН В.2.6-31 як для I температурної зони України, що становить 4500 год.

Тривалість періоду охолодження визначена згідно даних таблиці А.6 додатка А ДСТУ Б А.2.2-12 для м. Суми і становить 744 год.

#### 3.2 Розрахунок енергоспоживання при опаленні

Питоме енергоспоживання при опаленні ( $EP_{H,use}$ ), кВт·год/м<sup>3</sup> розраховується за формулою для громадських будівель:

$$EP_{H,use} = Q_{H,use}/V \quad (27)$$

де  $Q_{H,use}$  - річне енергоспоживання будівлі на опалення, кВт·год, що розраховується за формулою (28);

$V$  - та кондиціонований (опалювальний) об'єм для громадської будівлі (або її частини), м<sup>3</sup>.

Для кожної функціональної складової системи визначається необхідна на ввіді теплота шляхом додавання розрахованих тепловтрат в ній та теплоти на виході з неї.

Річне енергоспоживання при опаленні ( $Q_{H,use}$ ), кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{H,use} = E Q_{H,gen,out,t} + E Q_{H,gen,ls,i} \quad (28)$$

де  $Q_{H,gen,out,t}$  - енергія виходу з підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж і-го місяця, кВт·год, що розраховується за формулою (29);

$Q_{H,gen,Is,i}$  - загальні тепловтрати підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж і-го місяця, кВт·год, що розраховуються за формулою (30).

Загальні тепловтрати підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж і-го місяця ( $Q_{H,gen,out,t}$ ), кВт·год, розраховуються за формулою:

$$Q_{H,gen,out,t} = Q_{H,dis,in,i} \quad (29)$$

$Q_{H,dis,in,i}$  - енергія входу в підсистему розподілення упродовж і-го місяця, кВт·год, що розраховується за формулою (31).

Загальні тепловтрати підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж і-го місяця ( $Q_{H,gen,Is,i}$ ), кВт·год, розраховуються за формулою:

$$Q_{H,gen,Is,i} = Q_{H,gen,out,i} \cdot (1 - \eta_{H,gen}) / \eta_{H,gen} \quad (30)$$

де  $\eta_{H,gen}$  - показники ефективності підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти, що приймаються згідно з даними значень сезонної ефективності виробництва/генерування теплоти, наведених у додатку 1 до Методики.

Енергія входу в підсистему розподілення упродовж і-го місяця ( $Q_{H,dis,in,i}$ ), кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{H,dis,in,i} = Q_{H,dis,Is,nrvd,i} + Q_{H,dis,out,i} \quad (31)$$

де  $Q_{H,dis,Is,nrvd,i}$  - неутилізовані тепловтрати підсистеми розподілення упродовж і-го місяця, кВт·год, розраховується за формулою (32);

$Q_{H,dis,out,i}$  - енергія виходу з підсистеми розподілення упродовж і-го місяця, кВт·год, розраховується за формулою (33).

Неутилізовані тепловтрати підсистеми розподілення упродовж і-го місяця,  $Q_{H,dis,is,nrvd,i}$ , кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{H,dis,is,nrvd,i} = Q_{H,dis,is,nrbl,i} + (Q_{H,dis,is,rbl,i} - Q_{H,dis,is,rvd,i}) \quad (32)$$

$Q_{H,dis,is,nrvd,i}$  - неутілізаційні тепловтрати, кВт·год, розраховується за формулою (36);

$Q_{H,dis,is,nrbl,i}$  - утилізаційні тепловтрати, кВт·год, розраховується за формулою (36);

$Q_{H,dis,is,rvd,i}$  - утилізовані тепловтрати, кВт·год, розраховується за формулою (37);

Неутилізаційними вважають тепловтрати підсистем розподілення, що знаходяться в усіх неопалювальних об'ємах. Утилізаційними вважають тепловтрати підсистем розподілення в усіх опалюваних об'ємах.

Тепловтрати підсистем розподілення впродовж і-го місяця, кВт·год, розраховують за формулою:

$$Q_{H,dis,is,i} = e\psi_{L,j} \cdot (\theta_{m,i} - \theta_{i,j}) \cdot L_j \cdot t_{op,an,i} \quad (33)$$

де  $e$  - лінійний коефіцієнт теплопередачі j-го трубопроводу, кВт/(м·К), визначається відповідно до типових значень лінійного коефіцієнта теплопередачі  $\psi$ , Вт/(м·К), для нових та існуючих будівель, наведених у додатку 2 до Методики;

$\theta_{m,i}$  - середня температура теплоносія в зоні упродовж і-го місяця, °С; визначають за температурним графіком регулювання теплоносія за погодними умовами при середньомісячній температурі зовнішнього середовища відповідного місяця, що визначається згідно з таблицею А.2 ДСТУ Б А.2.2-12;

$\theta_{i,j}$  - температура оточуючого середовища упродовж і-го місяця, °С;

$L_j$  - довжина j-го трубопроводу, м;

$t_{op,an,i}$  - години опалення упродовж і-го місяця, години;

$j$  - індекс, що позначає трубопроводи з однаковими граничними умовами.

Довжина  $j$ -го трубопроводу:

$$L_V = 144,26 \text{ м}$$

$$L_S = 246,68 \text{ м}$$

$$L_A = 1750,62 \text{ м}$$

Утилізовані тепловтрати, кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{H,dis,rs,rvd,i} = Q_{H,dis,rs,rvt,i} \cdot 0,9 \cdot \eta_{H,gn,i} \quad (34)$$

$\eta_{H,gn,i}$  - безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення впродовж і-го місяця розрахований згідно з пунктом 12.2 ДСТУ Б А.2.2-12.

Енергія виходу з підсистеми розподілення упродовж і-го місяця, ( $Q_{H,dis,out,i}$ ), кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{H,dis,out,i} = Q_{H,em,in,i} \quad (35)$$

$Q_{H,em,in,i}$  - енергія входу, необхідна для підсистеми тепловіддачі впродовж і-го місяця кВт·год, розраховується за формулою (36);

Енергія входу, необхідна для підсистеми тепловіддачі впродовж і-го місяця ( $Q_{H,em,in,i}$ ), кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{H,em,in,i} = Q_{H,em,out} + Q_{H,em,rs,i} \quad (36)$$

де  $Q_{H,em,out}$  - енергія виходу підсистеми тепловіддачі за і-й місяць, кВт·год, розраховується за формулою (37);

$Q_{H,em,rs,i}$  - загальні тепловтрати підсистем тепловіддачі/виділення впродовж і-го місяця, які вважаються 100 % придатними для утилізації, кВт·год, розраховуються за формулою (38).

Енергія виходу підсистеми тепловіддачі за  $i$ -й місяць дорівнює енергопотребі, розраховується за формулою:

$$Q_{H,em,out} = Q_{H,nd,i} \quad (37)$$

де  $Q_{H,nd,i}$  - теплота, яку необхідно подати до кондиціонованого об'єму для підтримки температури упродовж визначеного періоду часу, без урахування інженерних систем теплозабезпечення будівлі, кВт·год визначається згідно з підпунктом 7.2.1 розділу 7 ДСТУ Б А.2.2-12.

Загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі/виділення за конкретний місяць ( $Q_{H,em,is,i}$ ), кВт·год, розраховуються за формулою:

$$Q_{H,em,is,i} = \left( \frac{f_{hydr} \cdot f_{im} \cdot f_{rad}}{\eta_{em}} - 1 \right) \cdot Q_{H,em,out} \quad (38)$$

$f_{hydr}$  - коефіцієнт, що враховує гідравлічне налагодження системи, що визначається відповідно до коефіцієнтів ефективності, наведених у додатку 3 до Методики;

$f_{im}$  - коефіцієнт, що враховує застосування періодичного теплового режиму приміщення;

$f_{rad}$  - коефіцієнт, що враховує променеву складову теплового потоку (тільки для променевих систем опалення) і визначається згідно із додатком 3 до Методики

$\eta_{em}$  - загальний рівень ефективності для тепловіддавальної складової системи у приміщенні розраховується за формулою:

$$\eta_{em} = \frac{1}{(4 - (\eta_{str} + \eta_{ctr} + \eta_{emb}))} \quad (39)$$

де  $\eta_{str}$  - складова загального рівня ефективності, яка враховує вертикальний профіль температури повітря приміщення, визначається згідно з додатком 3 до Методики;

$\eta_{ctr}$  - складова загального рівня ефективності, яка враховує регулювання температури приміщення, розраховується згідно з додатком 3 до Методики;

$\eta_{emb}$  - складова загального рівня ефективності, яка враховує питомі втрати зовнішніх огорожень (для вбудованих систем), визначається згідно з додатком 3 до Методики.

$$\eta_{em} = \frac{1}{(4 - (0,89 + 0,88 + 1))} = 0,81$$

Усі розрахунки наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Енергоспоживання при опаленні

Місяць року	$Q_{H,em,is,i}$ кВт·год	$Q_{H,em,in,i}$ кВт·год	$Q_{H,dis,is,rvd,i}$ кВт·год	$Q_{H,dis,is,i}$ кВт·год
Січень	31235,35	148259,94	16349,2	18231,57
Лютий	26345,00	125047,72	13675,0	15315,92
Березень	22176,20	105260,31	7649,1	8671,65
Квітень	5377,90	25526,46	934,0	1112,12
Травень	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0
Жовтень	10053,90	47721,26	2895,2	3283,92
Листопад	22193,70	105343,35	4746,3	5308,08
Грудень	28645,32	135966,25	7774,4	8671,65

Продовження таблиці 3.1 – Енергоспоживання при опаленні

Місяць року	$Q_{H,dis,ns,nrvd,i}$ кВт·год	$Q_{H,dis,in,i}$ кВт·год	$Q_{H,gen,out,t}$ кВт·год	$Q_{H,use}$ кВт·год
Січень	20113,95	168373,89	168373,89	171810,10
Лютий	16956,87	142004,59	142004,59	144902,65
Березень	9694,21	114954,52	114954,52	117300,53
Квітень	1290,29	26816,74	26816,74	27364,02
Травень	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0
Жовтень	3672,64	51393,90	51393,90	52442,76
Листопад	5869,91	111213,26	111213,26	113482,91
Грудень	9568,89	145535,14	145535,14	148505,24



### 3.3 Визначення питомого енергоспоживання при охолодженні

Питоме енергоспоживання при охолодженні ( $EP_{C,use}$ ), кВт·год/м<sup>3</sup>, розраховується за формулою для громадських будівель:

$$EP_{C,use} = Q_{C,use}/V \quad (40)$$

де  $Q_{C,use}$  - річне енергоспоживання при охолодженні, кВт·год, розраховується за формулою (41).

$V$  - кондиціонований об'єм для громадської будівлі (або її частини), м<sup>3</sup>.

Річне енергоспоживання при охолодженні ( $Q_{C,use}$ ), кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{C,use} = Q_{C,gen,is} + Q_{C,gen,out} \quad (41)$$

де  $Q_{C,gen,is}$  - загальні тепловтрати підсистеми виробництва/генерування та акумулювання, кВт·год, розраховується за формулою (42);

$Q_{C,gen,out}$  - енергія виходу від підсистем виробництва/генерування та акумулювання, кВт·год, розраховується за формулою (43).

Загальні тепловтрати підсистеми виробництва/генерування та акумулювання ( $Q_{C,gen,is}$ ), кВт·год, розраховуються за формулою

$$Q_{C,gen,is} = Q_{C,gen,out} \cdot (1 - \eta_{C,gen})/\eta_{C,gen} \quad (42)$$

де  $\eta_{C,gen}$  - показник ефективності підсистеми виробництва/генерування та акумулювання, визначений відповідно до показників річної ефективності (SEER) окремих охолоджувальних машин, наведених у додатку 4 Методики.

Загальна енергія виходу з підсистем виробництва/генерування та акумулювання при охолодженні ( $Q_{C,gen,out}$ ), кВт·год, розраховується за формулою

$$Q_{C,gen,out} = Q_{C,dis,in}/\eta_{C,oc} \quad (43)$$

де  $\eta_{C,oc}$  - ефективність автоматичного управління/регулювання, залежно від класу ефективності системи;

$Q_{C,dis,in}$  - енергія входу в підсистему розподілення, кВт·год, визначена згідно з формулою (44).

У разі відсутності системи охолодження в будівлі, з метою визначення енергетичної ефективності будівлі приймається значення 0,93 для ефективності автоматичного управління/регулювання ( $\eta_{C,gen}$ ) та значення 2,4 для показника ефективності підсистеми виробництва/генерування ( $\eta_{C,oc}$ )

Енергію входу, яка необхідна для підсистеми розподілення визначають за формулою:

$$Q_{C,dis,in} = \frac{\sum_i Q_{C,dis,out,i}}{1000} + Q_{C,dis,is} \quad (44)$$

де  $Q_{C,dis,out,i}$  - енергію виходу для підсистеми розподілення упродовж і-го місяця, Вт·год, приймають рівною енергопотребі для охолодження у даному місяці  $Q_{C,nd,i}$  та для даної комбінації зон, яку обслуговує та сама підсистема виділення/тепловіддачі та розподілення, Вт·год, визначена згідно з підрозділом 7.2.2 розділу 7 ДСТУ Б А.2.2-12;

$Q_{C,dis,is}$  - річні тепловтрати підсистемою розподілення охолодженого повітря, кВт·год, визначені згідно з формулою (45).

Річні тепловтрати підсистемою розподілення охолодження, кВт·год, визначають за формулою:

$$Q_{C,dis,is} = Q_{C,nd}((1 - \eta_{C,ce}) + (1 - \eta_{C,ce,sens}) + (1 - \eta_{C,d})) \quad (45)$$

де  $Q_{C,nd}$  - річні енергопотреби для охолодження, кВт·год, визначені згідно з розділом 14 ДСТУ Б А.2.2-12;

$\eta_{C,ce}$  - ступінь утилізації теплообміну при охолодженні в системі охолодження приймають згідно з показниками усереднених річних коефіцієнтів систем охолодження;

$\eta_{C,ce,sens}$  - ступінь явної утилізації теплообміну при охолодженні в системі охолодження;

$\eta_{C,d}$  - ступінь утилізації підсистеми розподілення.

Таблиця 3.2 – Розрахунок енергоспоживання при охолодженні

Місяць року	$Q_{C,dis,is}$ кВт·год	$Q_{C,dis,in}$ кВт·год	$Q_{C,gen,out}$ кВт·год	$Q_{C,gen,is}$ кВт·год	$Q_{C,use}$ кВт·год
Січень	0	0	0	0	0
Лютий	0	0	0	0	0
Березень	0	0	0	0	0
Квітень	0	0	0	0	0
Травень	0	0	0	0	0
Червень	1466,1	1472,502	1583,335	0,0000	1583,335
Липень	1207,3	1212,544	1303,811	0,0000	1303,811
Серпень	920,0	924,013	993,563	0,0000	993,563
Вересень	0	0	0	0	0
Жовтень	0	0	0	0	0
Листопад	0	0	0	0	0
Грудень	0	0	0	0	0

### 3.4 Розрахунок питомого енергоспоживання при освітленні

Питоме енергоспоживання при освітленні ( $EP_{W,use}$ ), кВт·год/м<sup>2</sup>, розраховується за формулою

$$EP_{W,use} = W_{use}/A_f \quad (46)$$

$$EP_{W,use} = \frac{1413075}{1975,5} = 715,3 \text{ кВт·год/м}^2$$

де  $W_{use}$  - річний обсяг енергоспоживання при освітленні кВт·год, розраховується за формулою (46);

$A_f$  - кондиціонована (опалювана) площа будівлі, м.

Річний обсяг енергоспоживання при освітленні ( $W_{use}$ ), кВт·год, розраховується за формулою

$$W_{use} = W_L + W_P \quad (47)$$

$$W_{use} = 1401222,15 + 11853 = 1413075$$

де  $W_L$  - енергія, необхідна для виконання функції штучного освітлення в будівлі, кВт·год, розраховується за формулою (48);

$W_P$  - енергія, необхідна для забезпечення заряду акумуляторів світильників аварійного освітлення, та енергія для управління/регулювання освітленням в будівлі, кВт·год, визначається згідно з наступним пунктом.

Обсяг енергії, необхідної для виконання функції штучного освітлення в будівлі ( $W_L$ ), кВт·год, розраховується за формулою

$$W_L = (P_N \cdot F_C) \cdot ([t_D \cdot F_0 \cdot F_D + t_N \cdot F_0]) \cdot A_f / 1000 \quad (48)$$

$$W_L = (354,65 \cdot 1) \cdot ([1800 \cdot 1 \cdot 1 + 200 \cdot 1]) \cdot \frac{1975,50}{1000} = 1401222,15$$

де  $P_N$  - питома потужність встановленого штучного освітлення в будівлі, Вт/м<sup>2</sup>, встановлюється за проектними даними або при виявленні фактичного стану будівлі для забезпечення освітленості згідно з нормативними значеннями;

$F_C$  - постійний коефіцієнт яскравості, що відноситься до використання встановлення освітлення при функціонуєчому контролі сталої освітленості зони та розраховується згідно з показниками типових значень для розрахунку енергоспоживання при освітленні, наведених у додатку 9 до Методики;

$F_0$  - коефіцієнт використання освітлення, який є відношенням використання загальної встановленої потужності штучного освітлення до періоду використання зони, та приймається згідно з додатком 9 до Методики, або розраховується відповідно до фактичних потужностей освітлювальних приладів;

$F_D$  - коефіцієнт природного освітлення, який є відношенням використання загальної встановленої потужності штучного освітлення до наявного природного освітлення зони, та приймається згідно з додатком 9 до Методики;

$t_D$  - час використання природного освітлення протягом року (години), приймається згідно з додатком 9 до Методики або визначається розрахунковим шляхом враховуючи фактичну тривалість використання штучного освітлення;

$t_N$  - час використання природного освітлення протягом року (години), приймається згідно з додатком 9 до Методики або розраховується відповідно до фактичного періоду роботи освітлювальних приладів.

Енергія, необхідна для забезпечення заряду акумуляторів світильників аварійного освітлення, та енергія для управління/регулювання освітленням в будівлі  $W_p$ , кВт·год, розраховуються за формулою:

$$W_p = (P_{em} + P_{pc}) \cdot A_f \quad (49)$$

$$W_p = (1 + 5) \cdot 1975,5 = 11853$$

$P_{em}$  - загальна встановлена питома потужність заряду акумуляторів світильників аварійного освітлення, кВт·год/м (приймають згідно з додатком 9 до Методики);

$P_{pc}$  - загальна встановлена питома потужність усіх систем управління приладами освітлення зони в час, коли лампи не використовують, кВт·год/м (приймають згідно з додатком 9 до Методики).

### 3.5 Проведення розрахунків первинної енергії та викидів парникових газів

Первинна енергія ( $E_p$ ), кВт·год, обчислюється для кожного енергоносія та розраховується за формулою:

$$E_p = \sum(E_{del,I} \cdot f_{p,del}) \quad (50)$$

де  $E_{del,I}$  - поставлена енергія, кВт·год;

$f_{p,del}$  - фактор первинної енергії для і-го поставленого енергоносія.

Поставлена енергія ( $E_{del,I}$ ) розраховується за формулою:

$$E_{del,I} = Q_{H,use} + Q_{C,use} + EP_{W,use} \quad (51)$$

Питомий показник споживання первинної енергії ( $e_p$ ), кВт·год/м<sup>2</sup>, розраховується за формулою:

$$e_p = E_p/A_f \quad (52)$$

$$e_p = \frac{4363316}{1975,50} = 2208,7 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$$

Маса викидів парникових газів ( $m_{CO_2}$ ), кг, розраховується з поставленої та експортованої енергії для кожного енергоносія за формулою:

$$m_{CO_2} = \sum(E_{del,I} \cdot K_{del,I})/1000 \quad (53)$$

де  $E_{del,I}$  - поставлена енергія і-го енергоносія, кВт·год;

$K_{del,I}$  - коефіцієнт викидів CO<sub>2</sub> для поставленого і-го енергоносія, г/кВт·год.

Коефіцієнти викидів парникових газів (CO<sub>2</sub>) включають всі викиди парникових газів (CO<sub>2</sub>), пов'язані з первинною енергією, яка використовується в будівлі.

Фактори первинної енергії ( $f_{p,n,ren}$ ) та коефіцієнти викидів парникових газів (CO<sub>2</sub>) (K), г/кВт·год, приймаються згідно з показниками факторів первинної енергії і коефіцієнтів викидів парникових газів (CO<sub>2</sub>), наведених у додатку 10 до Методики.

$$m_{CO_2} = 223242192,4$$

Клас енергетичної ефективності будівель визначається за показником загального питомого енергоспоживання при опаленні, охолодженні (EP), кВт·год/м.

Загальний показник питомого енергоспоживання при опаленні, охолодженні (EP), кВт·год/м розраховується за формулою

$$EP = EP_{H,use} + EP_{C,use} \quad (54)$$

Класифікація будівель за енергетичною ефективністю встановлюється згідно з класифікацією будівель залежно від функціонального призначення будівлі, наведеної у додатку 11 до Методики.

У відповідності до таблиці 1 додатку (11) Методики нормативне значення загального показника питомого енергоспоживання при опаленні, охолодженні та гарячому водопостачанні становить для класу «Е» повинно становити < 48 кВт·год/м<sup>2</sup>. Таким чином, дошкільний навчальний заклад, оскільки **EP 70,233 кВт·год/м<sup>2</sup> < 48 кВт·год/м<sup>2</sup>, відноситься до класу енергоефективності «Е».**

Таблиця 3.4 – Питоме енергоспоживання

<b>Питома енергопотреба опалення, охолодження, ГВП</b>	$EN$	0,046	кВт·год/м <sup>3</sup>
<b>Питоме енергоспоживання систем опалення</b>	$EP_{H,use}$	69,9	кВт·год/м <sup>3</sup>
<b>Річне енергоспоживання систем опалення</b>	$Q_{H,use}$	856341,16	кВт·год
<b>Питоме енергоспоживання систем охолодження</b>	$EP_{C,use}$	0,317	кВт·год/м <sup>3</sup>
<b>Річне енергоспоживання систем охолодження</b>	$Q_{C,use}$	3880,709	кВт·год
<b>Питоме енергоспоживання при освітленні</b>	$EP_{W,use}$	0,7153	кВт·год/м <sup>2</sup>
<b>Річне енергоспоживання при освітленні</b>	$Q_{W,use}$	1413,075	кВт·год
<b>Питома первинна енергія</b>	$e_p$	2208,7	кВт·год/м <sup>2</sup>
<b>Питомі викиди парникових газів CO<sub>2</sub></b>	$M_{CO_2}$	113	Кг/м <sup>2</sup>



#### 4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Пропонується виконати утеплення зовнішніх стін та цоколю. Додаткова теплова ізоляція дозволить зменшити наднормовані втрати тепла через стіни та покращити зовнішній вигляд будівлі. Обираємо утеплювач – спінений полістирол EPS з додаванням графіту (коефіцієнт теплопровідності 0,031 Вт/(м\*К).

Основні вимоги: проект розробити відповідно до діючих норм ДБН А.2.2-3-2014, ДБН А.2.1-1-2014, ДБН В.2.6-33:2018, також ДБН В.2.6.31-2016 та нормативні максимальні тепловтрати об'єктів, а також мінімально допустимий опір теплопередачі огорожувальних конструкцій (з урахуванням санації), повинні відповідати вимогам ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» відповідно призначення будинків.

Також, для повної термомодернізації рекомендується виконати додаткову теплову ізоляцію даху за допомогою піноулітаренові плити та мембранне покриття для зменшення додаткових надмірних втрат теплоти.

При розрахунку економії та терміну окупності послідовно розраховуємо фактичні витрати енергоресурсів до заходів, потім після енергоефективних заходів запропонованих енергоаудитором. Розраховуємо простий термін окупності множенням зекономленої енергії в кВт\*год на вартість енергоносія. Так як, найбільше енергоспоживання це тепла енергія. Для зменшення втрат через огорожувальні конструкції пропонується їх утеплити.

Таблиця 4.1 - Економія за рахунок енергоносія.

Економія в рік в Гкал	Вартість енергоносія, грн за Гкал	Економія, грн
220,936	2630,57	581187,7

Таблиця 4.2 - Період окупності за рахунок інвестицій

Інвестиції для реалізації заходів, грн	Економія енергоносіїв за рік, грн	Термін окупності, роки
9 300 000	581 187,7	16

## 5 МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛООВОГО СТАНУ ВУЗЛА КУТОВОГО СПОЛУЧЕННЯ

Будуємо вузол кутового сполучення стіни, утеплювача та штукатурки. Кожен елемент повинен бути окремим тілом для правильного розрахунку проходження тепла через стінки кутового сполучення. Побудову виконуємо через 3D графічного редактора SolidWorks, зберігаємо створений об'єкт у форматі STEP.

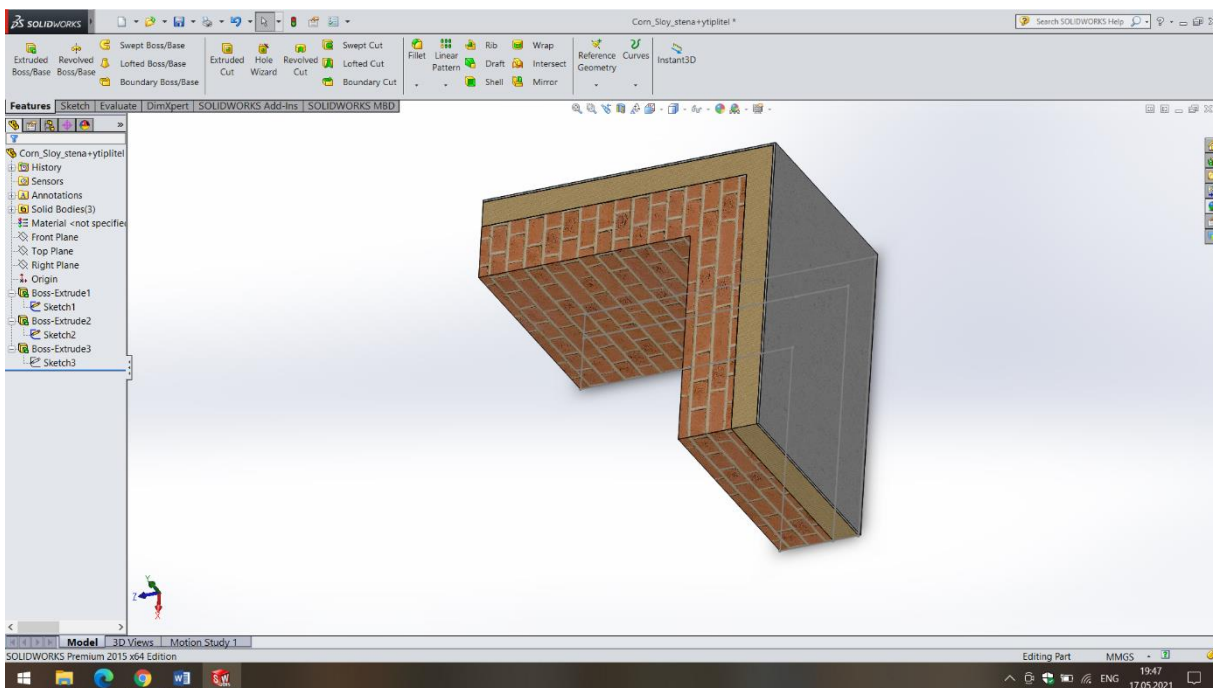


Рисунок 5.1 – Видгляд вузла кутового сполучення

Для виконання чисельного дослідження повинна бути побудована розрахункова сітка. Побудова розрахункової сітки – це процес ділення розрахункової області на велику кількість окремих комірок.

Комірками сітки є многогранники, зазвичай тетраедри, гексаедри, призми або піраміди. Кромки цих осередків (комірок) являють собою лінії розрахункової сітки, а точки, розташовані на кромках, або в центрі осередків (комірок), - вузли розрахункової сітки. В результаті чисельного рішення рівнянь математичної моделі саме у вузлах розрахункової сітки і визначаються шукані параметри течії.

Основна вимога до розрахункової сітки – вона повинна бути досить густою, щоб визначити фізичні ефекти, які мають місце усередині розрахункової області. Для досягнення рівномірної точності розрахунку вузли сітки повинні якомога більш густіше розташовуватися у місцях значної зміни параметрів течії, зокрема у стінок. Крім того, при побудові сітки необхідно уникати отримання надмірно витягнутих або перекошених осередків (комірок), форма яких занадто сильно відрізняється від правильних многогранників, при наявності таких осередків (комірок) може істотно затруднитися отримання рішення, що сходиться.

Для побудови структурованої сітки розрахункова область розбивається на блоки згідно деякої топології розбиття, яка задається користувачем, і в межах кожного блока будується розрахункова сітка, на вузли якої можна посилатися за номерами 3-мірного масиву. Застосування такої сітки дозволяє організувати найбільш економічні алгоритми розрахунку.

Для розробки даної моделі нам потрібно відкрити Ansysworkbench та вибираємо модуль Steady-State Thermal. Підводимо мишу до вкладки Geometry і натискаємо праву клавішу миші. З випадаючого меню вибираємо NewDesignModeler Geometry.

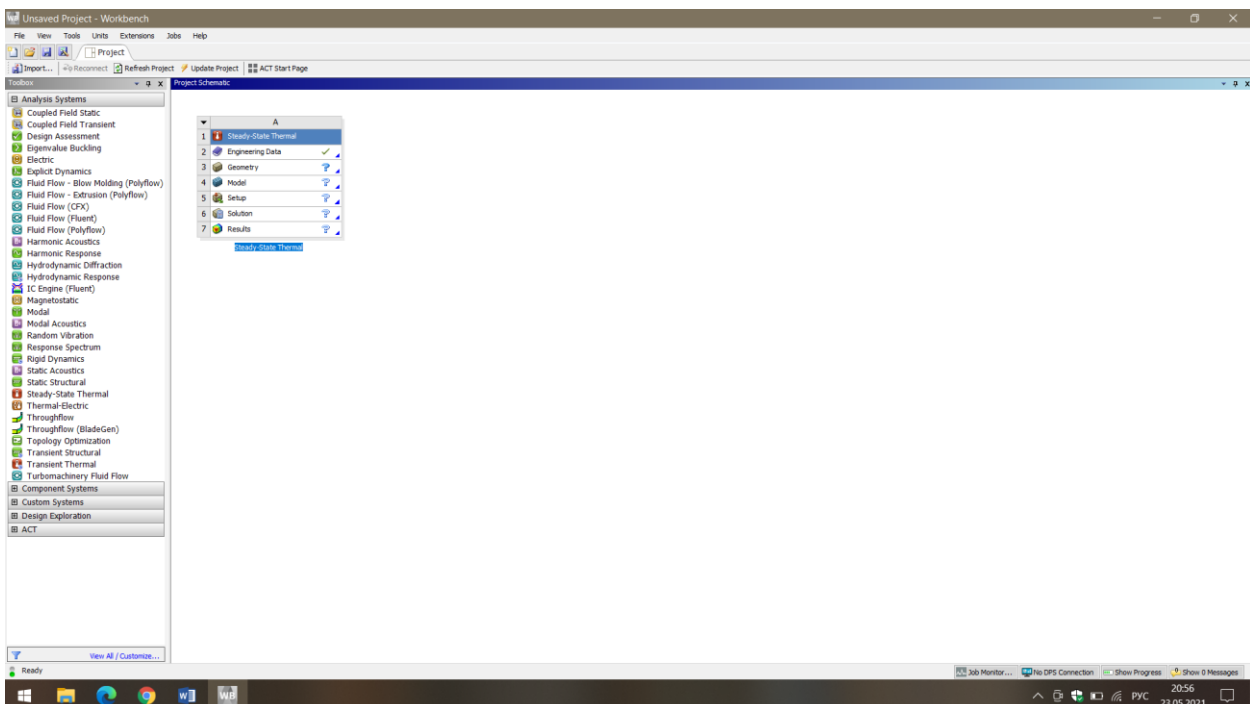


Рисунок 5.2 – Робоче вікно Ansysworkbench

В меню File вибираємо закладку Import External Geometry File. Обираємо формат файла STEP. Після цього натискаємо команду Generate. З'являється імпортована геометрія

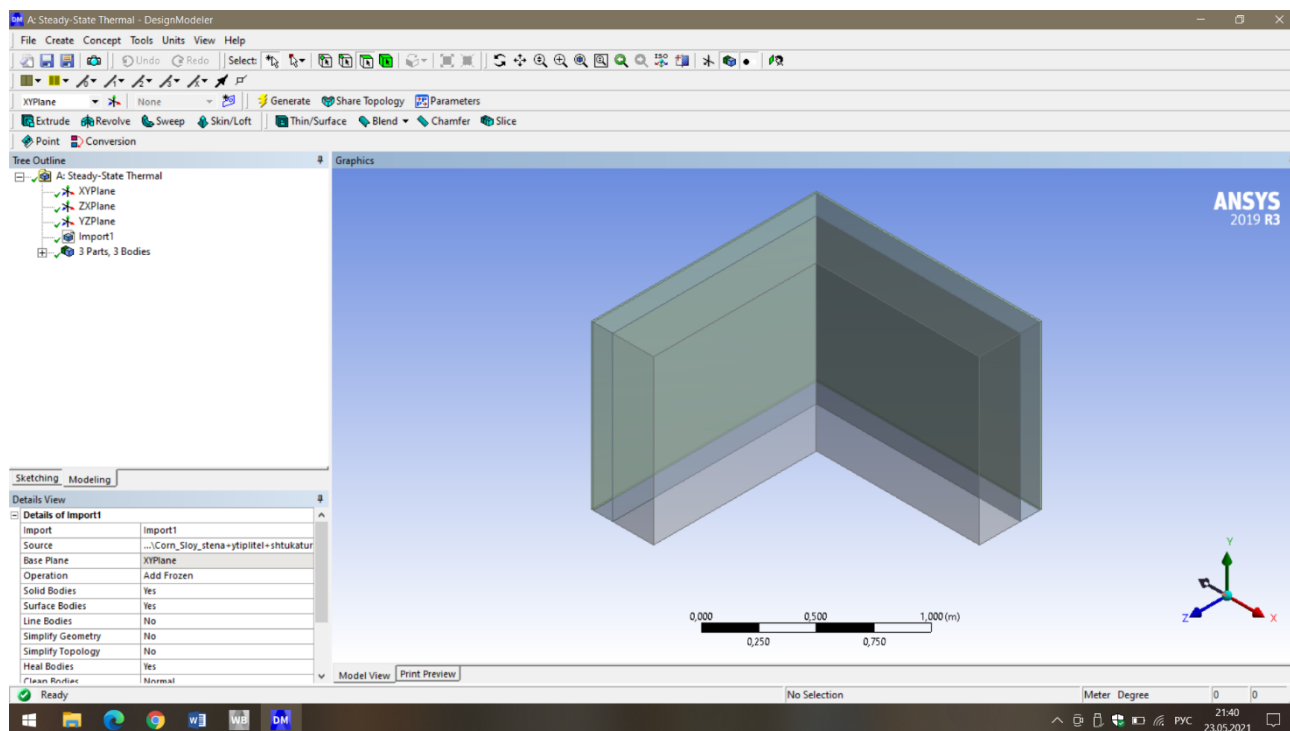


Рисунок 5.3 - Геометрія

Далі нам потрібно визначити і імпортувати ті матеріали, які ми будемо використовувати в моделі.

Для цього ми заходимо в редагування вкладки EngineeringData, натискаємо праву клавішу миші, і вибираємо команду Edit. Заходимо в EngineeringData Source. Заходимо в General Materials і додаємо потрібний матеріал: Concrete. Якщо потрібно, то додаємо і інші матеріали. Додали, і можна закрити вікно матеріалів.

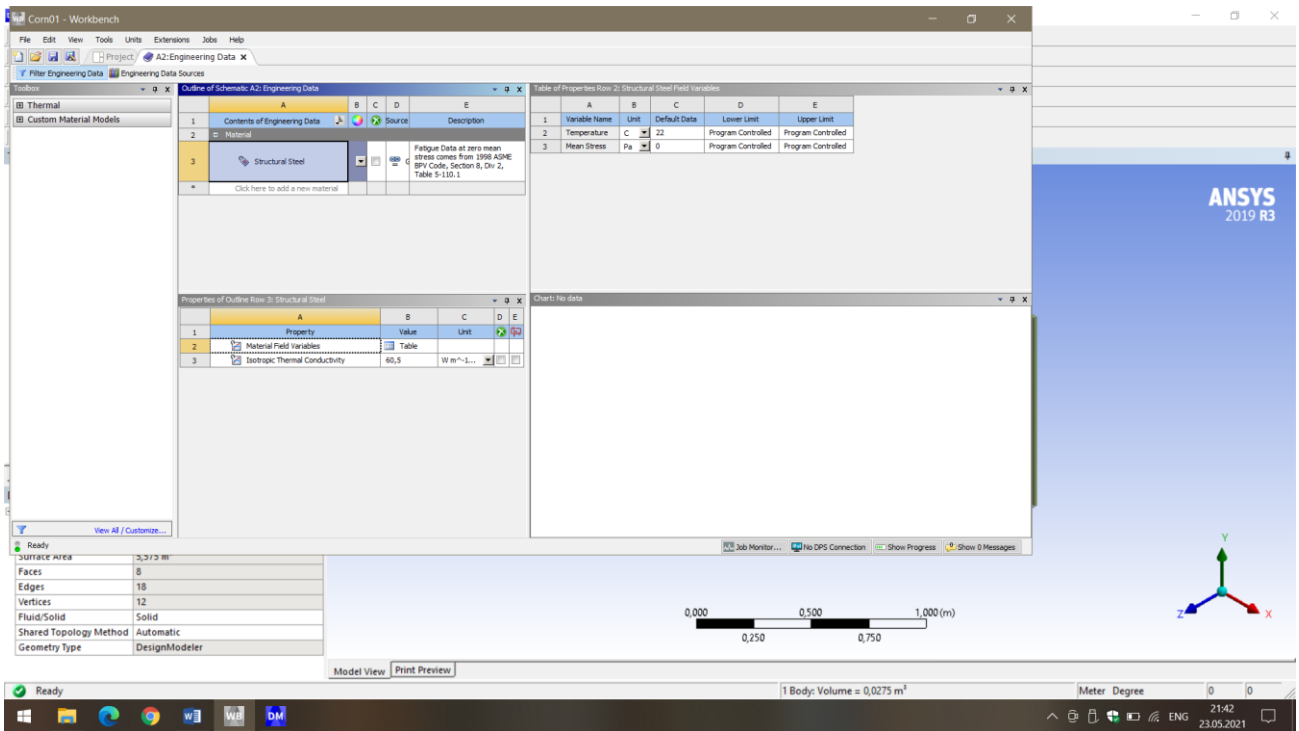


Рисунок 5.4 – Обирання матеріалів

Тепер можна задати матеріали для окремих частин моделі. Вибираємо в закладці Geometry кожен частину і у вікні внизу вибираємо потрібний матеріал.

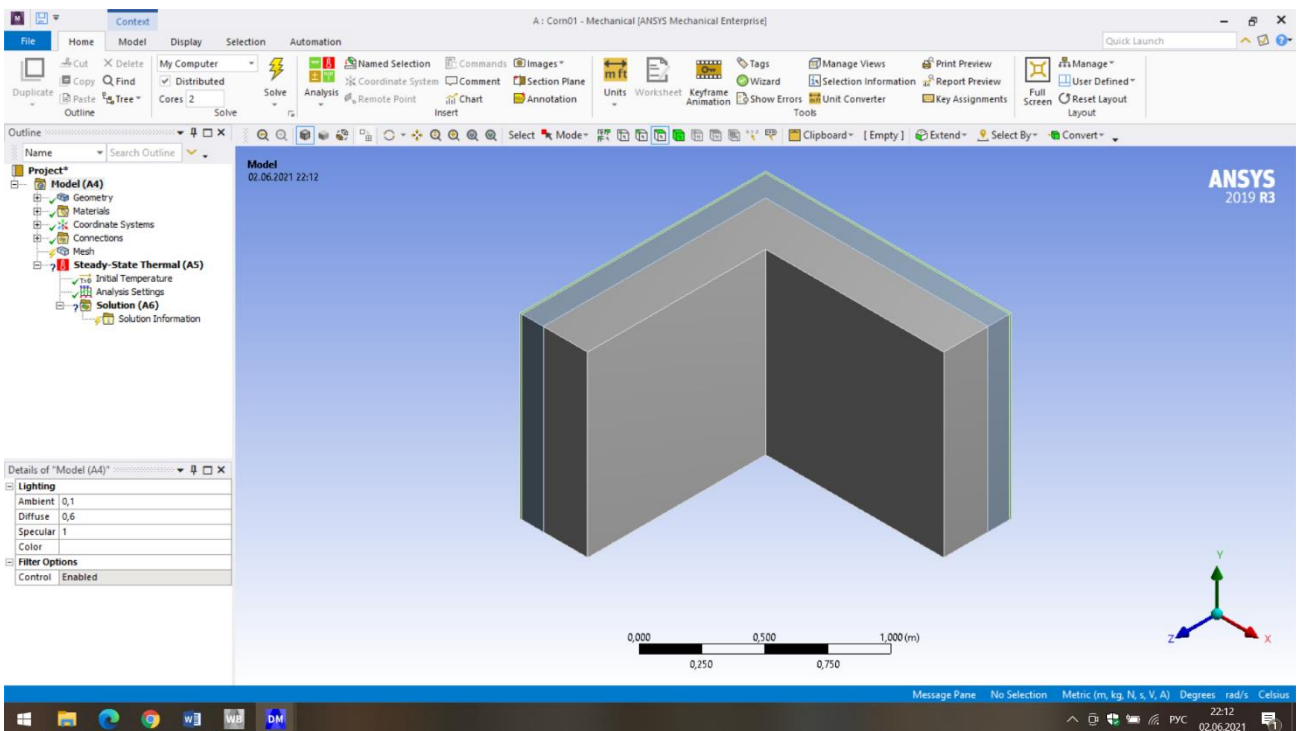


Рисунок 5.5 – Модель вузла

Далі ми переходимо до створення розрахункової сітки. Ставимо курсор за закладці Mesh, і у нижньому вікні вибираємо у якості Physics Preference –

Mechanical. Розміри спочатку залишаємо по умовчання, і натискаємо Generate Mesh. Отримуємо таку сітку.

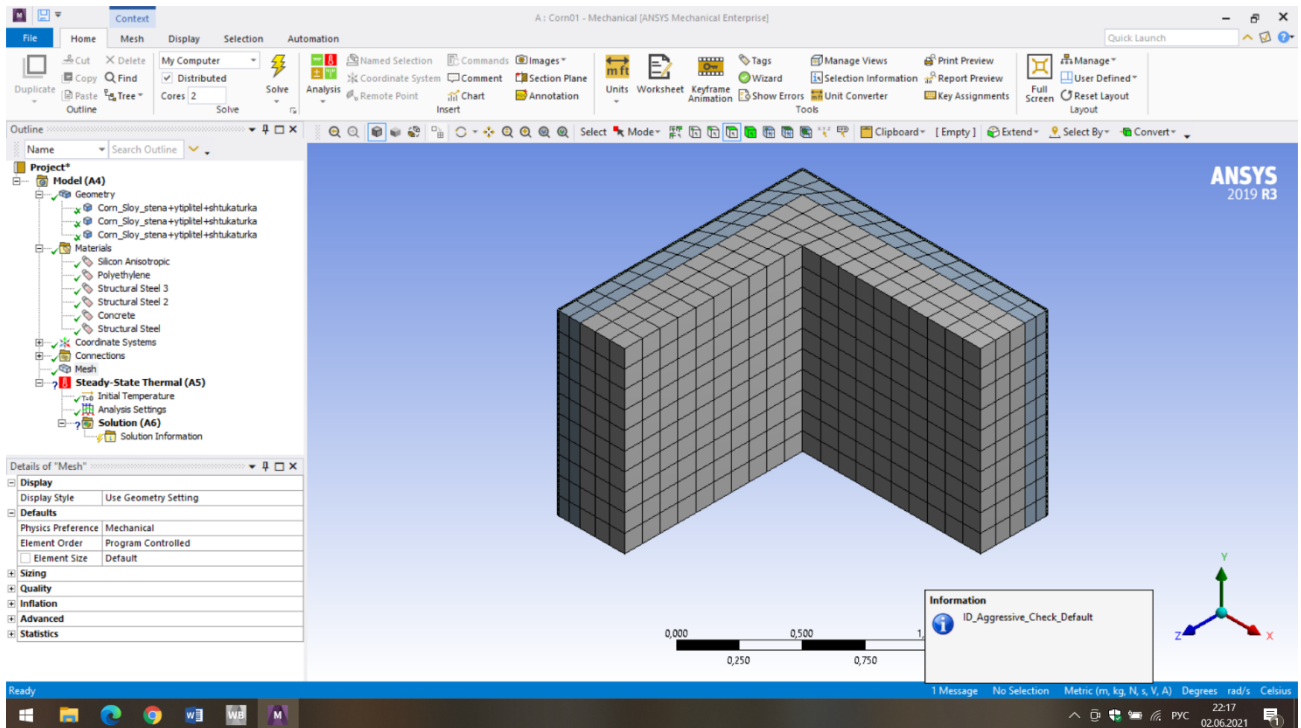


Рисунок 5.6 - Сітка

Зменшимо розмір елемента до 30 мм і отримуємо сітку. Прокрутивши курсором донизу можна побачити статистичні дані – кількість елементів і вузлів.

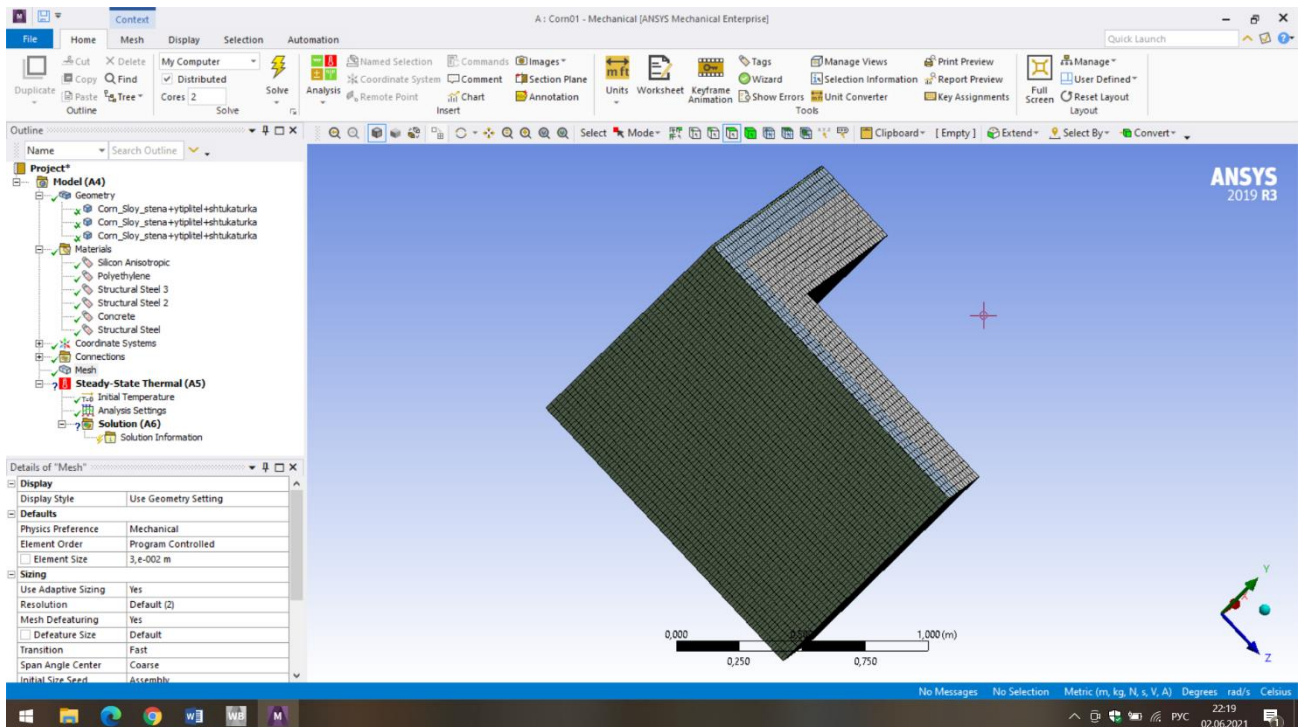


Рисунок 5.7 – Кількість елементів вузлів

І тепер треба визначити граничні умови. Ми розглядаємо задачу теплообміну за рахунок теплопровідності. Нам потрібно задати температуру на внутрішніх поверхнях стін, та на зовнішній поверхні. Ми натискаємо правою кнопкою на вкладці Steady-State Thermal – Insert. І бачимо ті граничні умови, які ми можемо задавати.

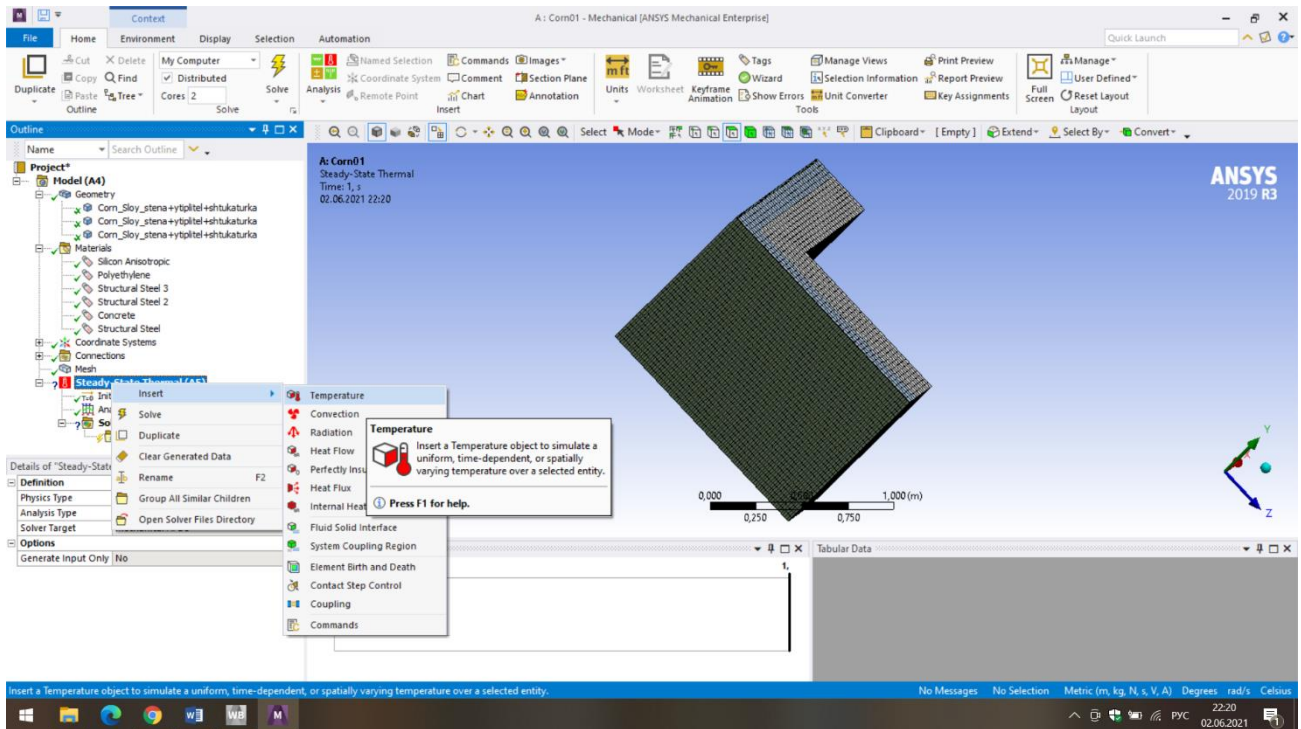


Рисунок 5.8 – Задана температура

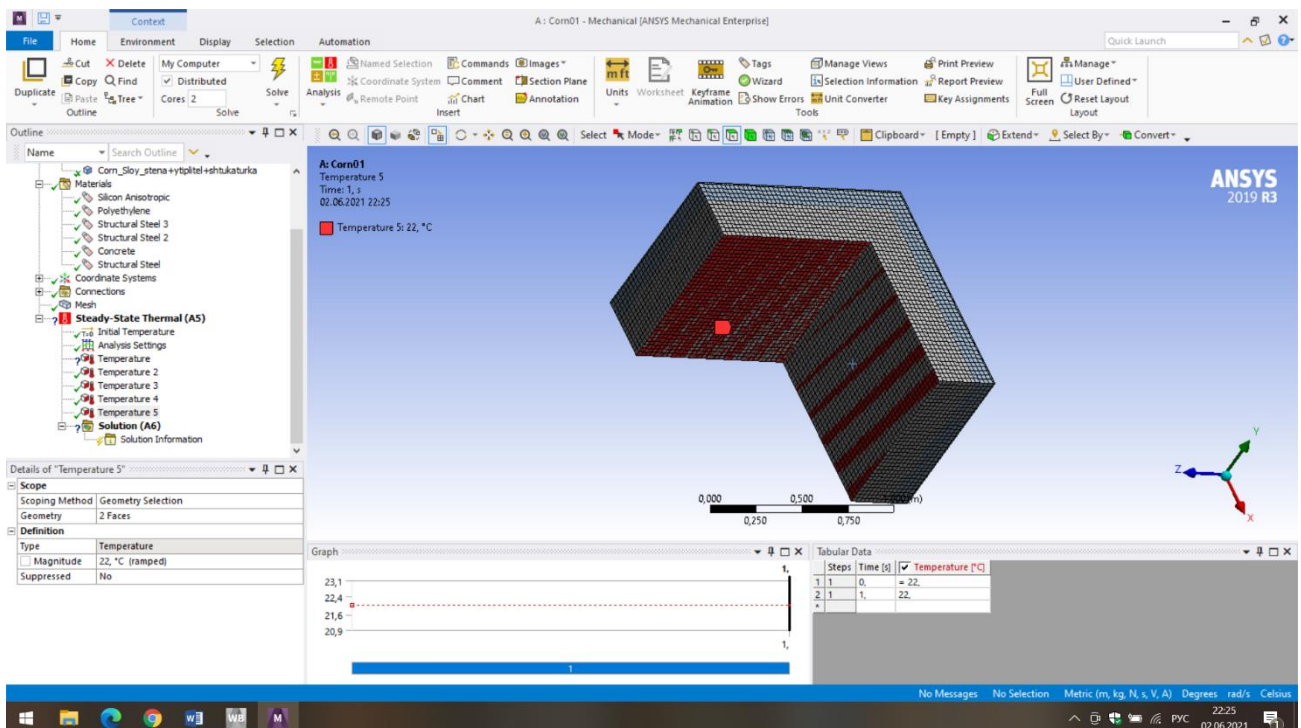


Рисунок 5.9 – Задана температура

І одразу виберемо, що ми будемо бачити як результати. Вибірємо температуру та тепловий потік. Контакт між різними частинами визначився за умовчанням. Запускаємо розрахунок.

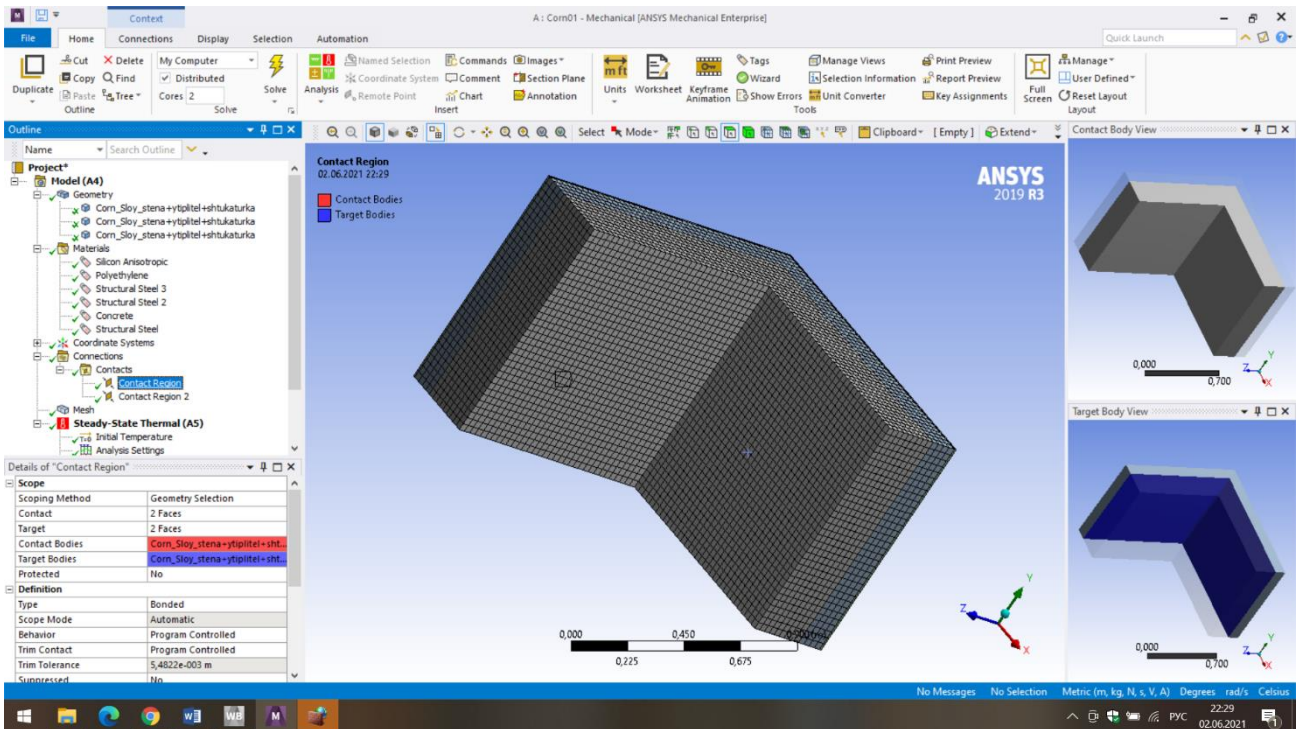


Рисунок 5.9 – Визначення теплового потоку

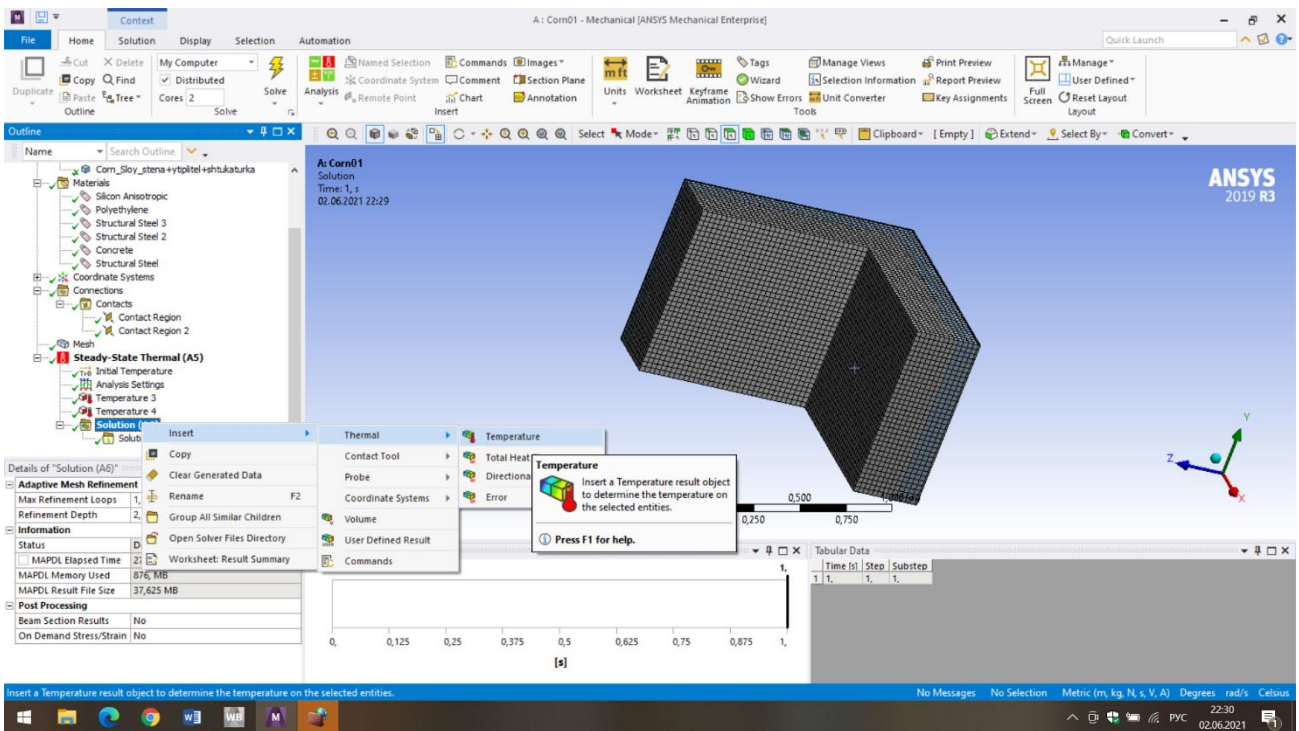


Рисунок 5.10 – Визначення теплового потоку



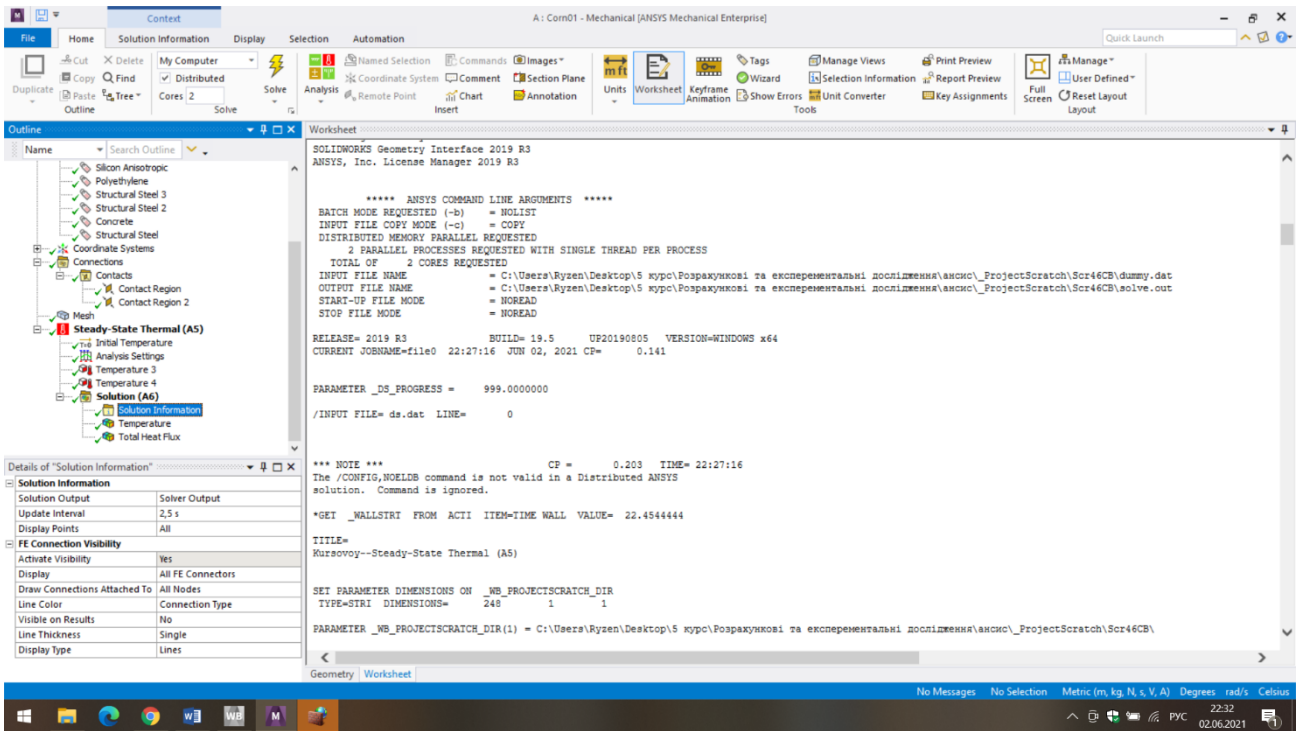


Рисунок 5.11 – Розрахунок

Для отримання результату потрібно два рази клацнути на вкладці Temperature.

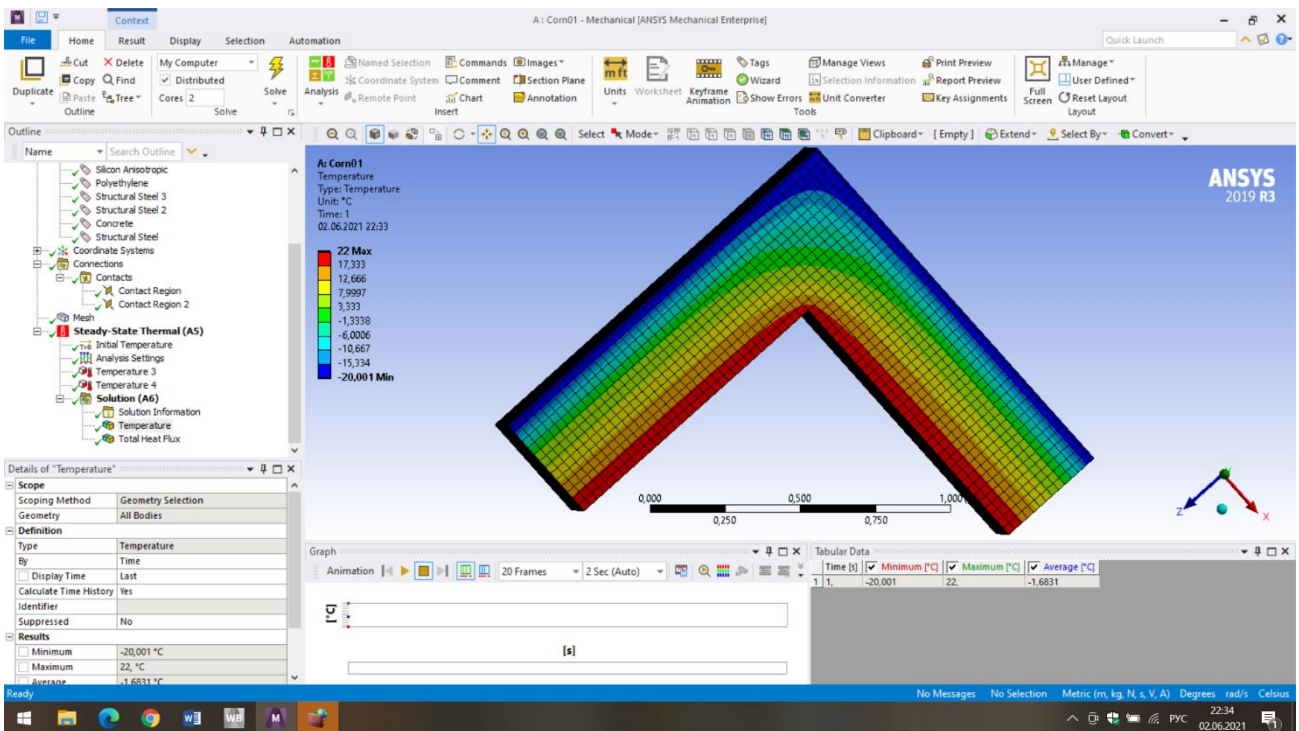


Рисунок 5.12 – Температурний потік

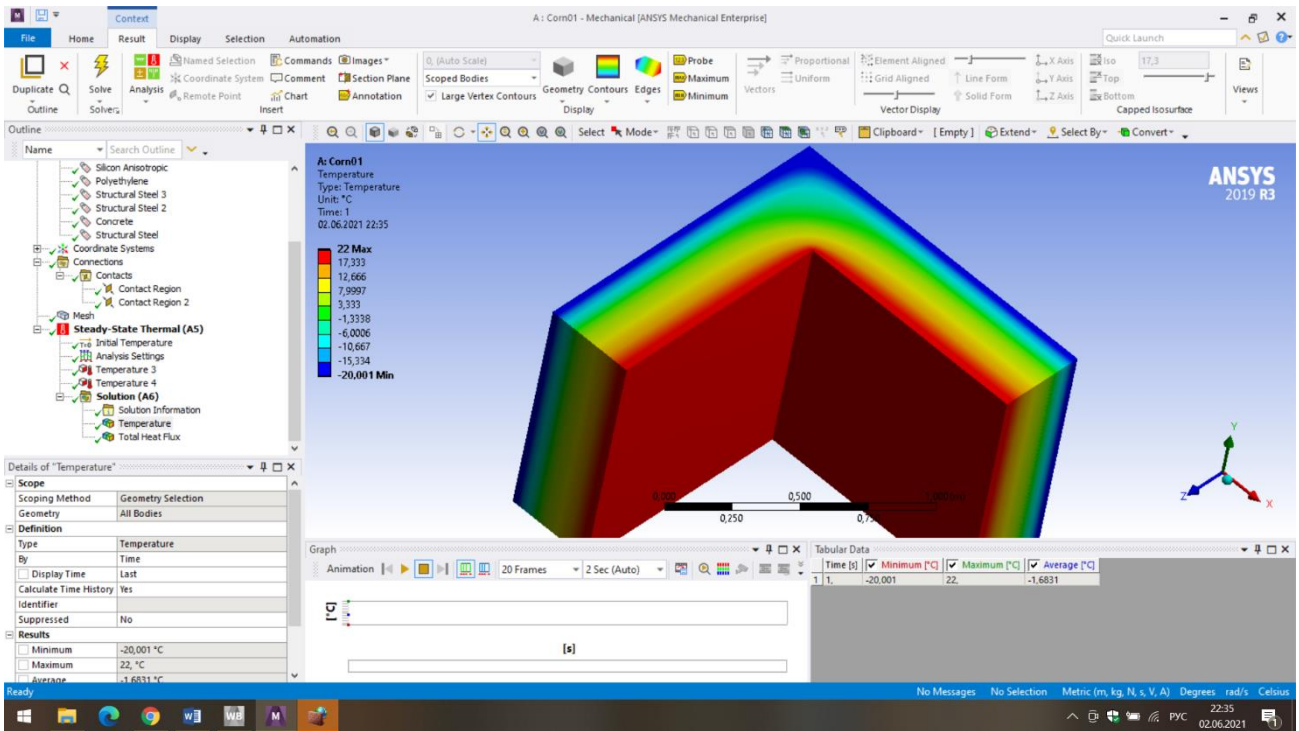


Рисунок 5.13 – Температурний потік

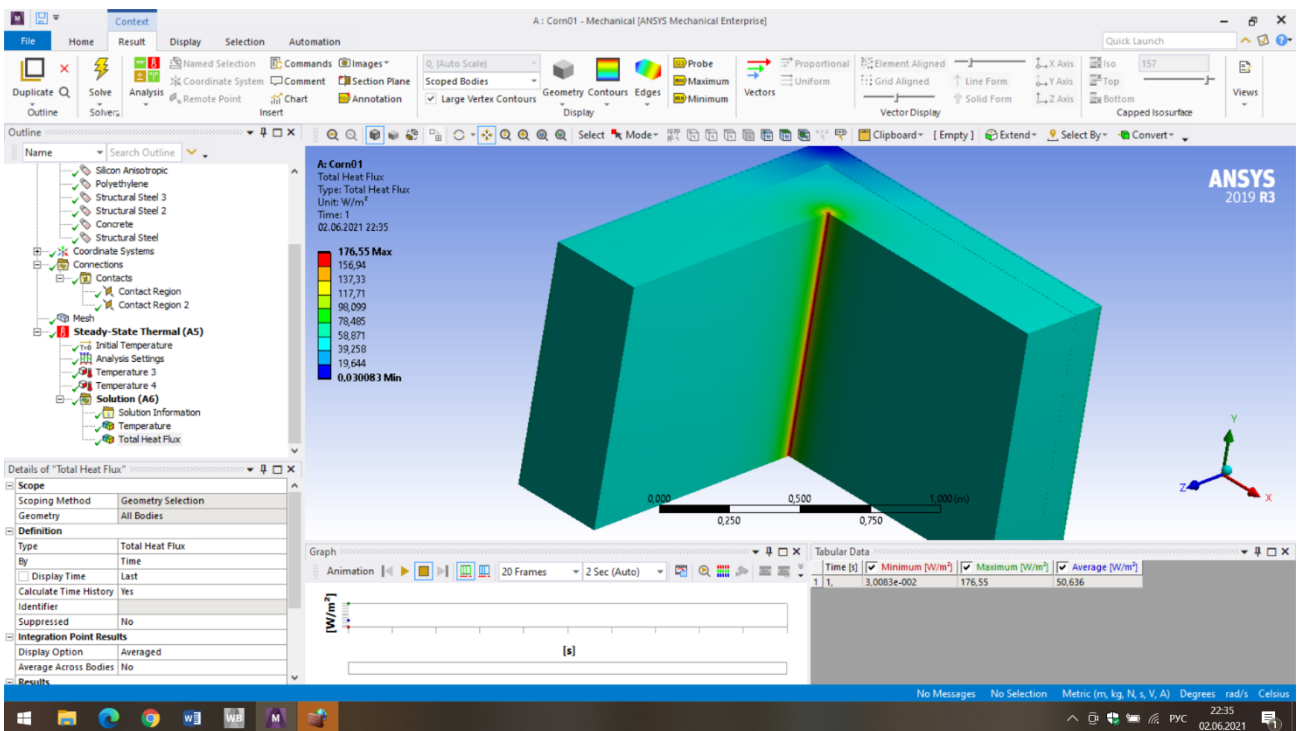


Рисунок 5.14 – Температурний потік

По закінченню розрахунку ми можемо побачити, що всі функції відмічені «галочками», це значить, що всі розрахунки виконано правильно.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Даний витяг з інструкції з охорони праці в адміністративному кабінеті ДНЗ розроблена на виконання Закону України № 2695-ХІІ від 14.10.92 «Про охорону праці» в редакції від 12.02.2015р, Положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці в закладах, установах, організаціях, підприємствах, підпорядкованих Міністерству освіти і науки України, затвердженого наказом МОНУ 18.04.2006 № 304 (в редакції від 26.03.2013р, наказ № 378), Положення про розробку інструкцій з охорони праці, затвердженого Наказом Комітету по нагляду за охороною праці Міністерства праці та соціальної політики України від 29.01.1998р № 9 (в редакції від 30.03.2017р., наказ № 526).

Дія інструкції з охорони праці в адміністративному кабінеті ДНЗ поширюється на всіх працівників дошкільного навчального закладу, які мають для виконання своїх посадових обов'язків кабінет, в якому не здійснюється навчання дітей (завідувач ДНЗ, заступники, працівники бухгалтерії, практичний психолог, вчитель-логопед, педагог-організатор, соціальний педагог, ІТП при здійсненні адміністративної роботи тощо).

До роботи в кабінеті допускаються працівники:

- не молодші 18 років, які пройшли обов'язковий періодичний медичний огляд і не мають медичних протипоказань для виконання роботи на відповідній посаді;
- пройшли обов'язковий вступний інструктаж та первинний інструктаж на робочому місці;
- пройшли обов'язковий вступний інструктаж з електробезпеки з присвоєнням групи допуску, що відповідає займаній посаді співробітника;
- пройшли необхідне навчання з охорони праці і техніки безпеки з експлуатації відповідного обладнання, пристосувань та інструментів, які використовуються в адміністративному кабінеті.

Небезпечні чинники на робочому місці можуть бути:

- фізичні фактори (небезпечна напруга в електричній мережі; система вентиляції);
- психофізіологічні фактори (напруга органів зору й уваги; інтелектуальні й емоційні навантаження; тривалі статичні навантаження і монотонність роботи).

Про всі несправності електропроводки і побутової техніки працівник дошкільного навчального закладу зобов'язаний терміново повідомити інженеру з охорони праці та свого безпосереднього керівника, а у разі їх відсутності – черговому адміністратору і головному інженеру закладу, обов'язково зробити запис у журналі заявок.

Працівник дошкільного навчального закладу зобов'язаний неухильно дотримуватися вимог пожежної безпеки. Для забезпечення пожежної безпеки на видному легкодоступному місці повинен завжди перебувати справний вогнегасник. Для надання долікарської медичної допомоги на видному легкодоступному місці повинна знаходитися аптечка. Усі вікна адміністративного кабінету повинні бути не заграбовані, або мати решітки, що відкриваються, ключі від яких зберігаються у легкодоступному місці. За порушення даної *інструкції з охорони праці в адміністративному кабінеті ДНЗ* працівник дошкільного навчального закладу несе сувору персональну відповідальність згідно з чинним законодавством.

#### Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях

При виявленні працівником обриву проводів живлення або порушення цілісності їх ізоляції, несправності заземлення та інших пошкоджень електрообладнання в адміністративному кабінеті, появи запаху гару, іскріння, кіптяви, сторонніх звуків в роботі обладнання та тестових сигналів несправності, негайно припинити свою роботу і відключити несправне обладнання, повідомити про це завідувача ДНЗ (при відсутності - завгоспа) або чергового адміністратора.

У разі загоряння устаткування в адміністративному кабінеті необхідно терміново знеструмити обладнання, при наявності в приміщенні людей, вивести їх в безпечне місце, повідомити до пожежної частини за телефоном 01 (101) та безпосередньому завідувачу дошкільним навчальним закладом, після чого приступити до самостійного гасіння пожежі наявними засобами пожежогасіння.

При отриманні травми необхідно надати собі першу долікарську допомогу або покликати на допомогу, звернутися до медичної сестри, повідомити про те, що трапилося завідувачу дошкільним навчальним закладом (за його відсутності – іншій посадовій особі). При отриманні травми іншою особою, надати їй першу долікарську допомогу, викликати медичну сестру або транспортувати постраждалого до

медичного кабінету, проінформувати завідувача ДНЗ (за його відсутності – іншу посадову особу).

При аварії (прориві) в системі опалення, водопостачання необхідно терміново вивести людей з адміністративного кабінету, проінформувати заступника завідувача з адміністративно-господарської роботи (завгоспа).

У разі загрози або виникнення небезпечного впливу техногенного характеру слід керуватися відповідними інструкціями та Планом евакуації.[10]

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Енергетичний менеджмент. URL: <https://ukrenergoaduit.com/ru/energomenedzhment>
2. О.В. Бондар-Підгурська. Науково-методичні підходи до оцінки енергоефективності як фактора конкурентоспроможності промислової продукції в інноваційній моделі розвитку України. URL: [http://kntu.kr.ua/doc/zb\\_22\(2\)\\_ekon/stat\\_20\\_1/13.pdf](http://kntu.kr.ua/doc/zb_22(2)_ekon/stat_20_1/13.pdf)
3. ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель»
4. Енергетичний сертифікат, для чого він потрібен. Міністерство розвитку громад та територій України. URL: <https://www.minregion.gov.ua/press/news/energetychnyj-sertyfikat-dlya-osbb-dlya-chogo-vin-potriben-ta-yak-jogo-vygotovyty-rozhasnyuye-minregion/>
5. Б. Федяй. Енергетичний аудит систем опалення, охолодження, гарячого водопостачання та систем вентиляції будівель. Алгоритм розрахунку: матеріали навчальної платформи., м. Варшава, 2021.
6. Система водопостачання. ДБН В.2.2-4:2018 «Заклади дошкільної освіти».
7. Система електропостачання. ДБН В.2.2-4:2018 «Заклади дошкільної освіти».
8. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні».
9. Розслідування нещасних випадків на виробництві комісією підприємства. URL: <http://vinfpo.org.ua/index.php>
10. Охорона праці на робочому місці ДНЗ. URL: <https://osvita-docs.com/node/18>.
11. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель: наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11.07.2018 № 169.

# ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ

Адреса (місцезнаходження) будівлі:

м.Суми, Харківська, 10

Функціональне призначення та назва:

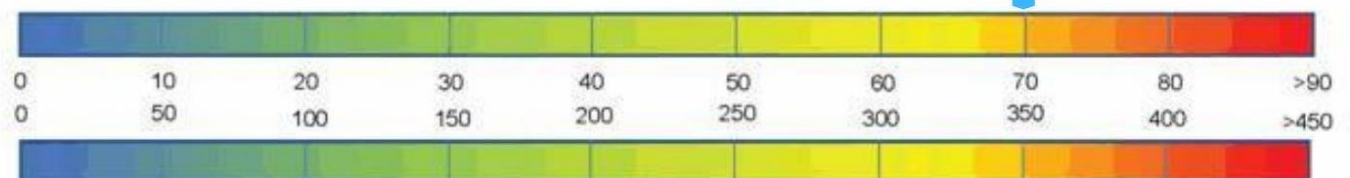
Дошкільний навчальний заклада (ясла-садок) №6  
"Метелик" м.Суми, Сумської області

Відомості про конструкцію будівлі:

опалювана площа, м <sup>2</sup> :	1975,5	опалюваний об'єм, м <sup>3</sup> :	12248,1
кількість поверхів:	2	рік прийняття в експлуатацію:	1974

Шкала класів енергетичної ефективності	Клас енергетичної ефективності
<p>Високий рівень енергоефективності</p> <p>Низький рівень енергоефективності</p>	
<p>Питоме споживання енергії на опалення, гаряче водопостачання, охолодження будівлі</p>	

Питоме споживання первинної енергії, кВт x год/м<sup>2</sup> за рік 70,233



Питомі викиди парникових газів, кг/м<sup>2</sup> за рік: 113