

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

1

**Дослідження
температурного режиму
вузлів стін
при термомодернізації
житлових будівель**



Автор – студент групи 2мБП Перетяка В.С.

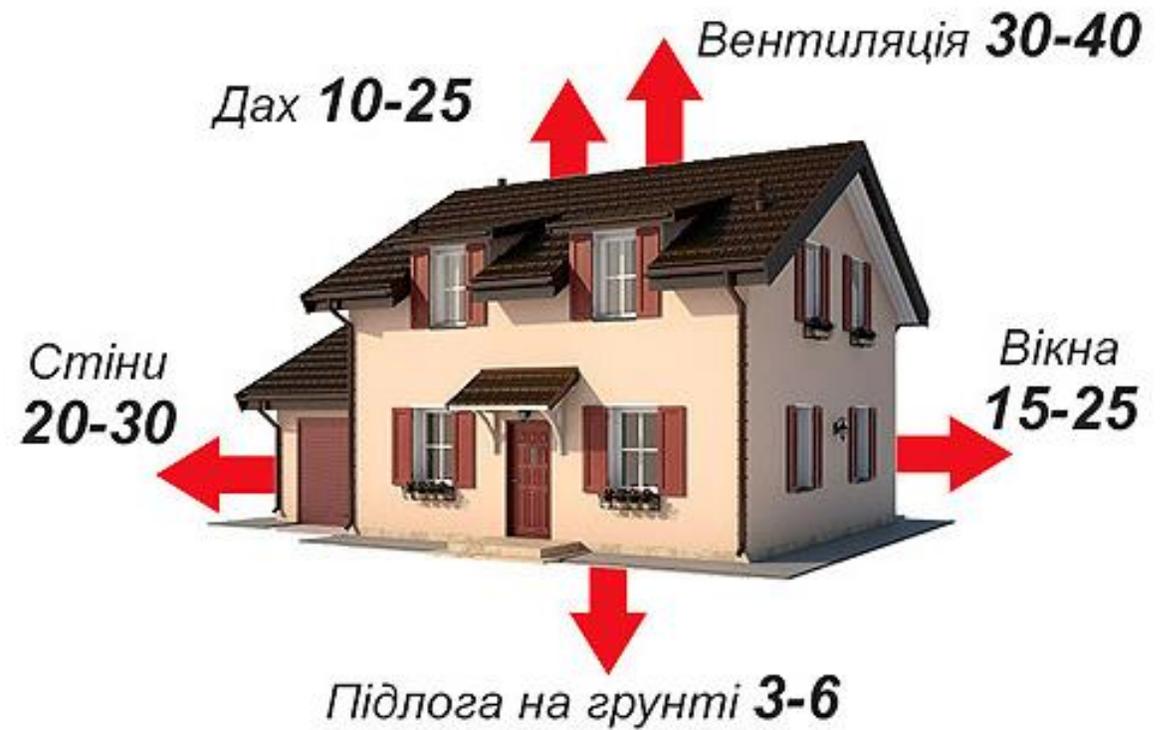
Керівник – д.т.н., професор Філоненко О.І.

м. Полтава-2021

ЗАГАЛЬНІ ТЕПЛОВТРАТИ БУДІВЕЛЬ



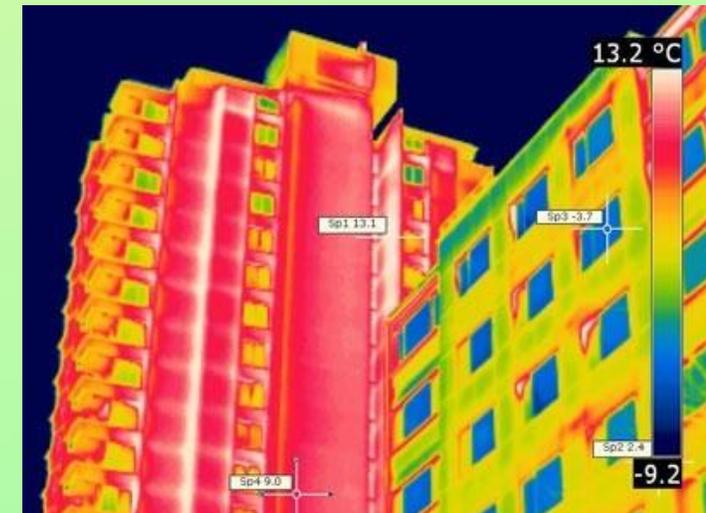
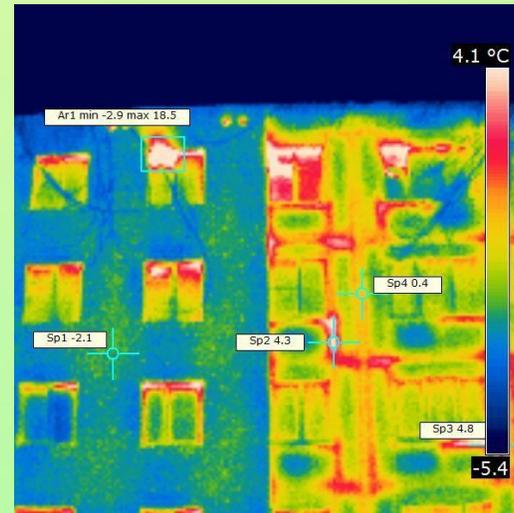
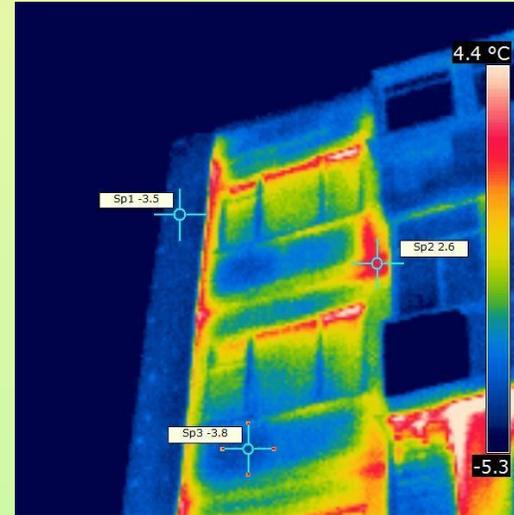
Втрати тепла (%) в традиційному домі



В багатоповерхових будівлях

В індивідуальних будівлях

ТЕПЛОВТРАТИ ЧЕРЕЗ ВУЗЛИ ПРИМИКАННЯ ВІКОН З³ ПВХ ДО ЗОВНІШНІХ СТІН ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ



МЕТА, ОБ'ЄКТ І ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ:

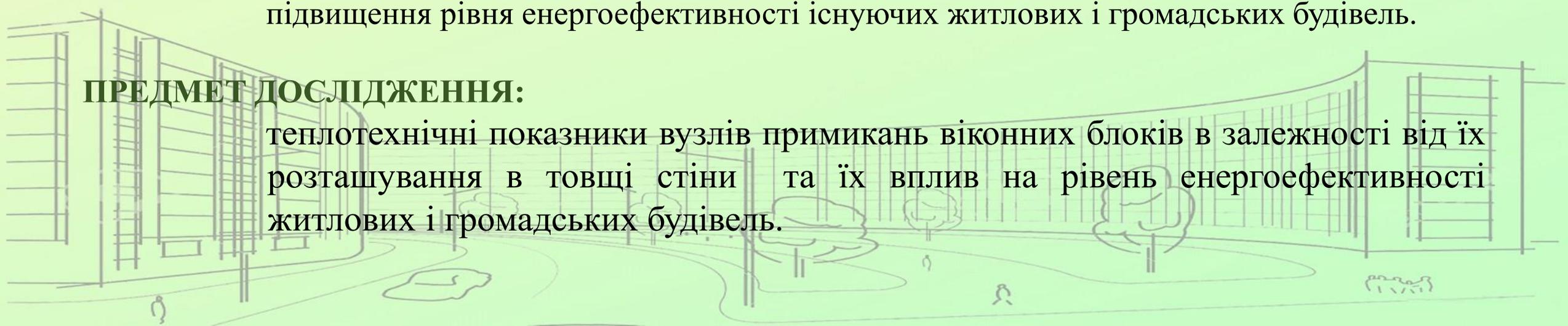
дослідження місця положення вікон з ПВХ в товщі стін різного конструктивного матеріалу, з метою створення методики для визначення положення вікон різних типів у зовнішніх стінах різної конструкції, для різних умов будівництва, що в свою чергу дозволить знизити тепловтрати у вузлах примикання вікон до зовнішніх стін і підвищити енергоефективність існуючих та нових будівель.

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ:

підвищення рівня енергоефективності існуючих житлових і громадських будівель.

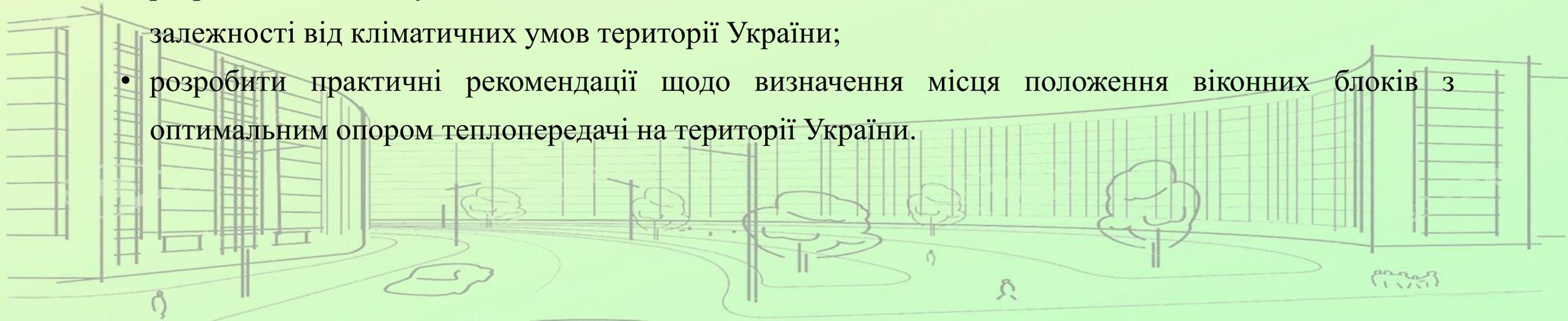
ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ:

теплотехнічні показники вузлів примикань віконних блоків в залежності від їх розташування в товщі стіни та їх вплив на рівень енергоефективності житлових і громадських будівель.

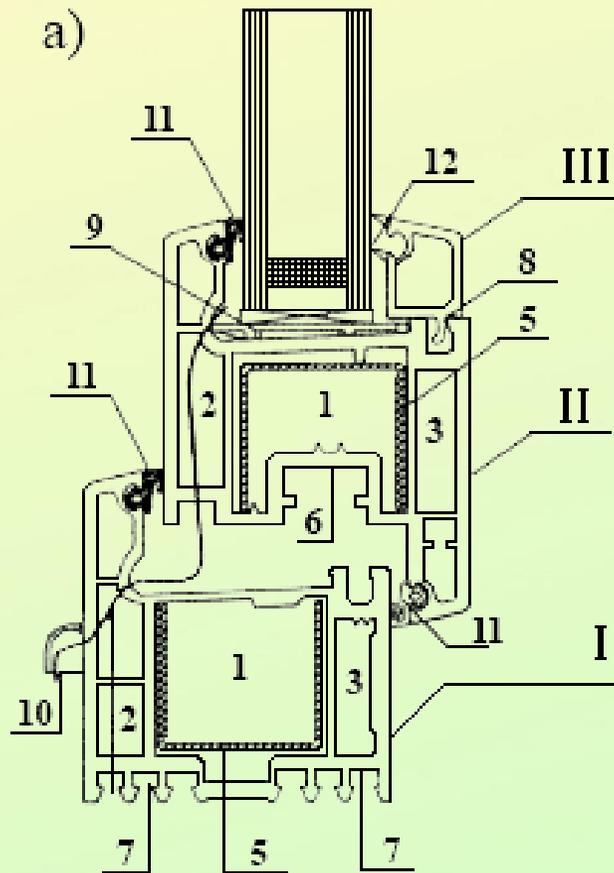


ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

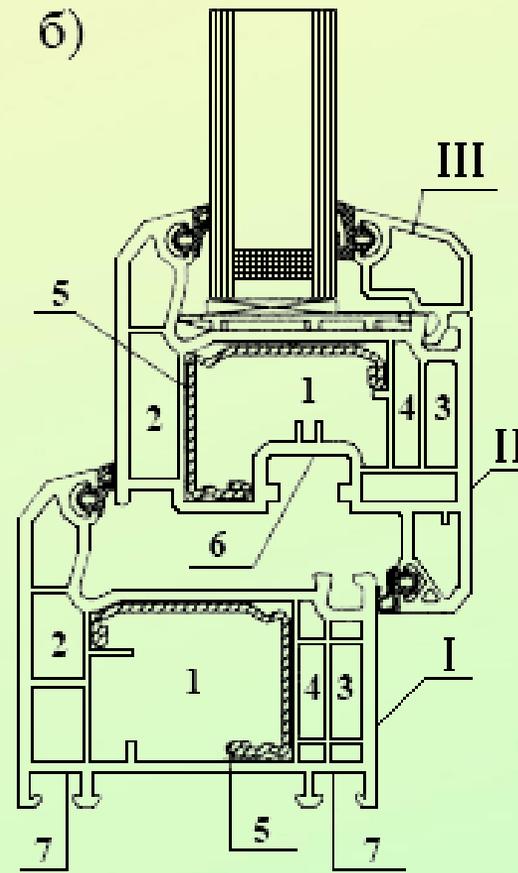
- виконати огляд літератури з питань забезпечення енергоефективності будівель та виявлення шляхів їх вдосконалення;
- виконати огляд житлових активів України існуючих і зводимих будівель;
- узагальнити кліматичні параметри, необхідні для розрахунків втрат тепла через вузли примикання вікон до зовнішніх стін, за температурними зонами ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010;
- виконати дослідження процесу теплопередачі через вузли примикання віконних блоків, в залежності від їх розташування в товщі зовнішніх стін;
- розробити методику визначення оптимального положення віконних блоків в товщі стін, в залежності від кліматичних умов території України;
- розробити практичні рекомендації щодо визначення місця положення віконних блоків з оптимальним опором теплопередачі на території України.



КОНСТРУКЦІЯ ВІКОННИХ ПРОФІЛІВ З ПВХ



а) трикамерні рама і стулка

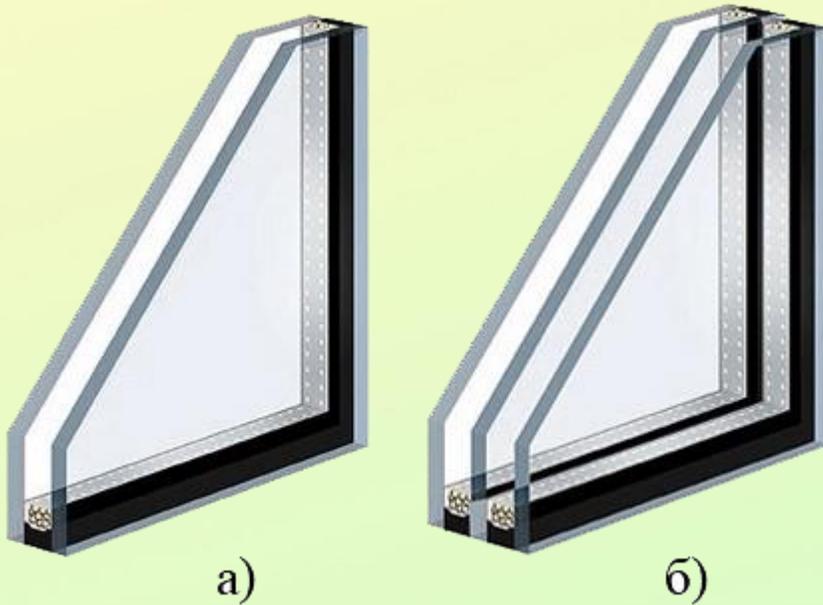


б) чотирикамерні рама і стулка

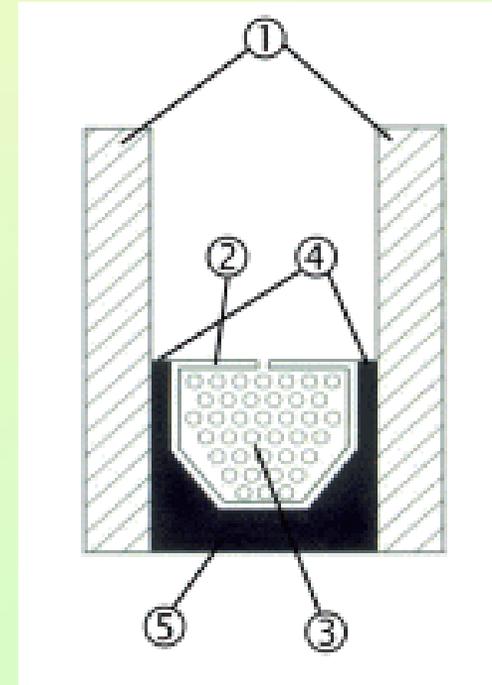
I - профіль коробки (рама), II - профіль стулки (стулка), III - штапик.

- 1 - основна камера,
- 2 - дренажна камера (передкамера),
- 3 - камера для кріплення фурнітури,
- 4 - додаткова камера для збільшення термічного опору,
- 5 - армування,
- 6 - паз для кріплення фурнітури,
- 7 - пази для кріплення додаткових профілів,
- 8 - паз для кріплення штапика,
- 9 - похилий фальц для відведення води,
- 10 - водовідведення,
- 11 - ущільнення,
- 12 - підкладка під склопакет

СКЛОПАКЕТ ТА ЙОГО КОНСТРУКЦІЯ



Види склопакетів:
а) – однокамерний,
б) – двокамерний



Конструкція склопакета:
1 – скло, 2 – дистанційна рамка, 3
– осушувач, 4 – внутрішній
герметик, 5 – зовнішній герметик.

ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ ВІКОН З ПВХ

ПЕРЕВАГИ ВІКОН З ПВХ:

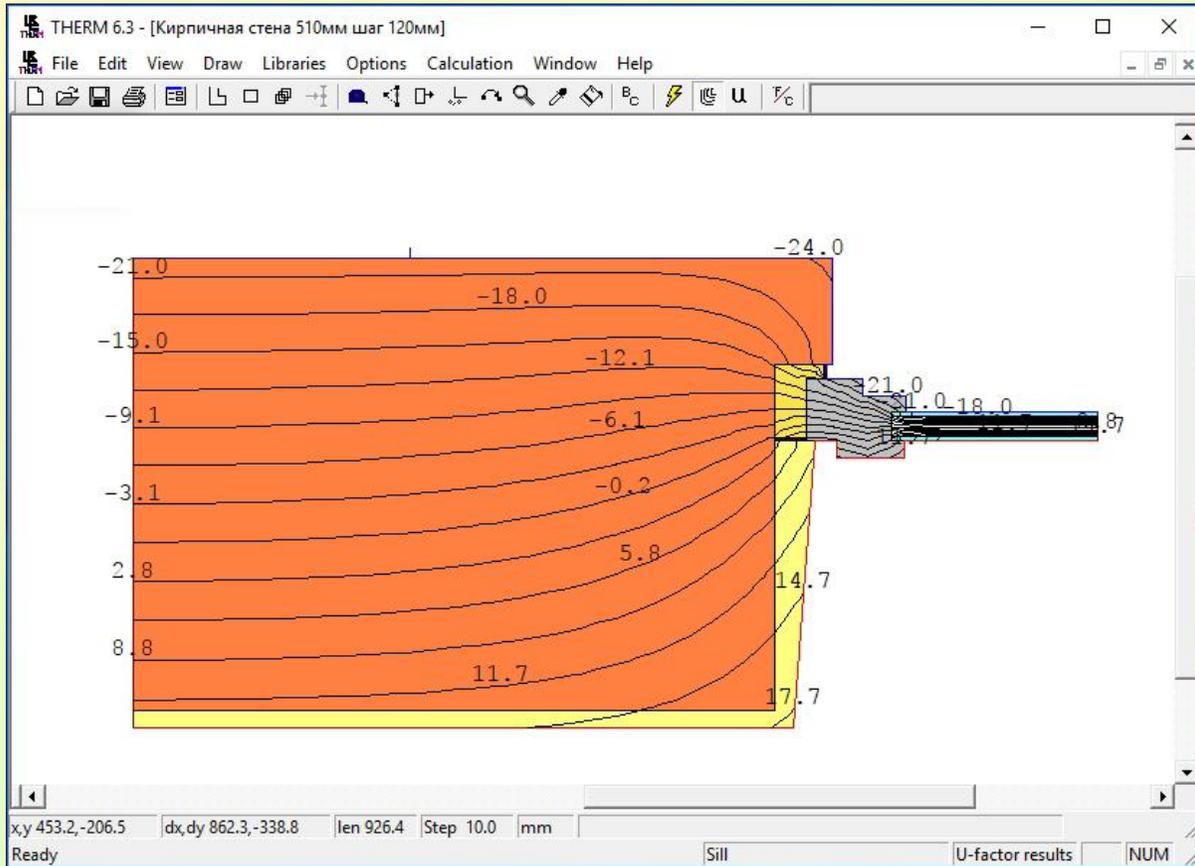
- тривалий термін служби. Довговічність досягається завдяки використанню матеріалів, з яких виготовляється дана продукція.
- висока герметичність. Ретельно підігнані гумові ущільнювачі сприяють герметичності, захищаючи приміщення від пилу, шуму і проникнення холодного або гарячого повітря.
- зручність в обслуговуванні. Відпадає потреба ремонту, забарвлення і лакування рам. Прибирання здійснюється звичайними миючими засобами.

НЕДОЛІКИ ВІКОН З ПВХ:

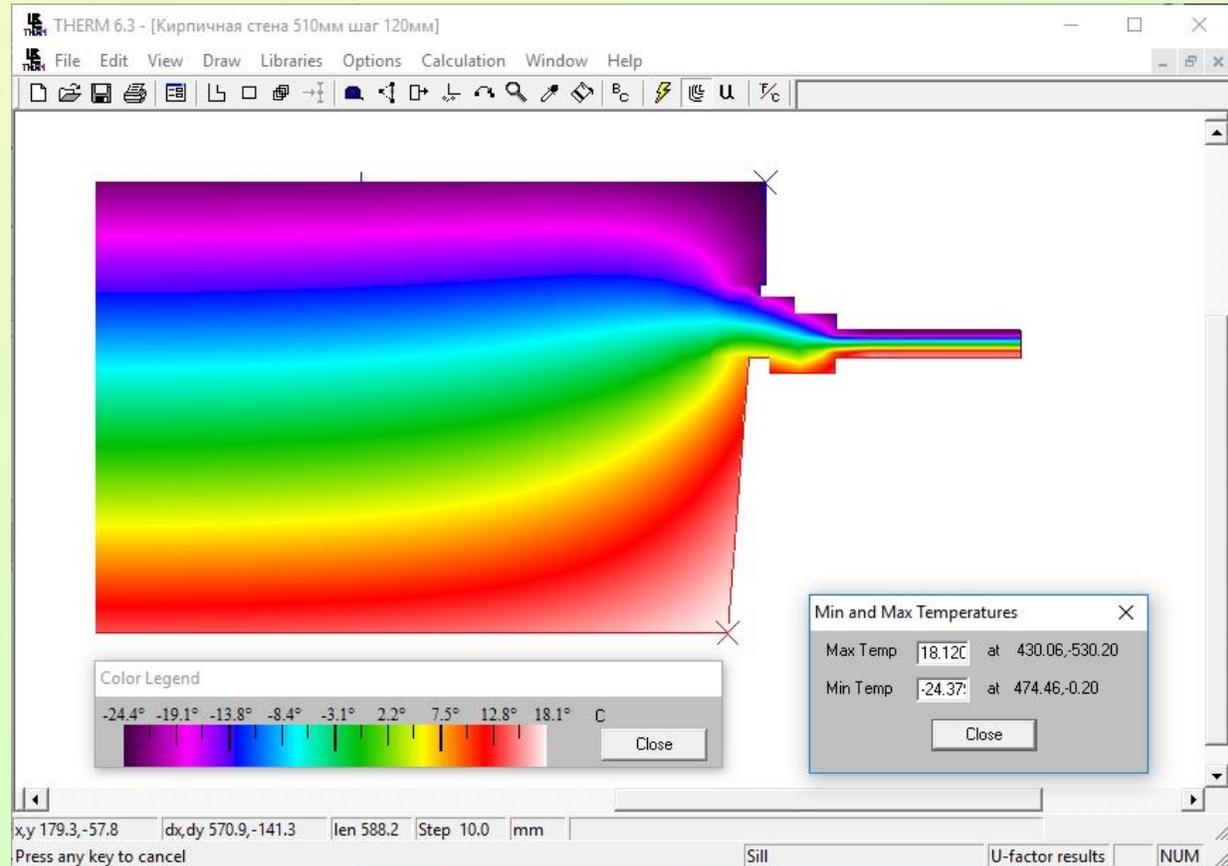
- герметичність. Щільно закриті вікна та двері, якщо не провітрювати приміщення, сприяють створенню парникового ефекту.
- схильність пошкоджень. Сліди таких нанесених «каліцтв», як подряпини, потертості і пролом рами - не «заживають». Для їх усунення доведеться викликати фахівців

КЛІМАТИЧНА КАРТА УКРАЇНИ



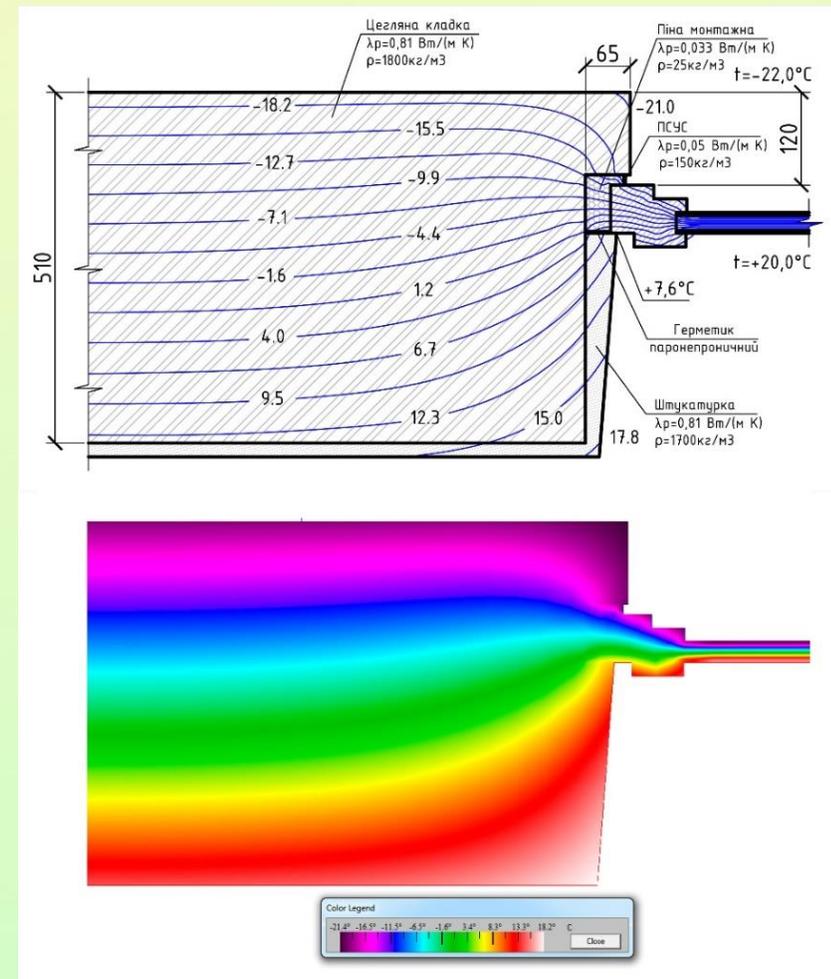
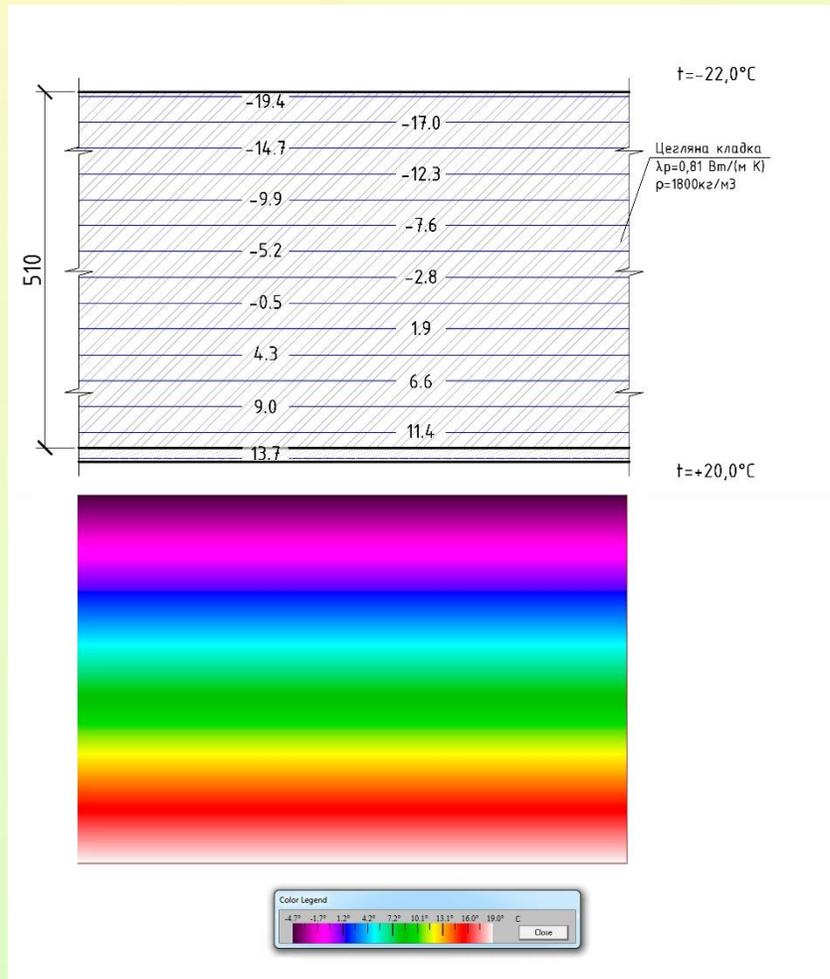


Результати розрахунку в
формі ізотерм



Відображення результатів
розрахунку в інфрачервоному
випромінюванні

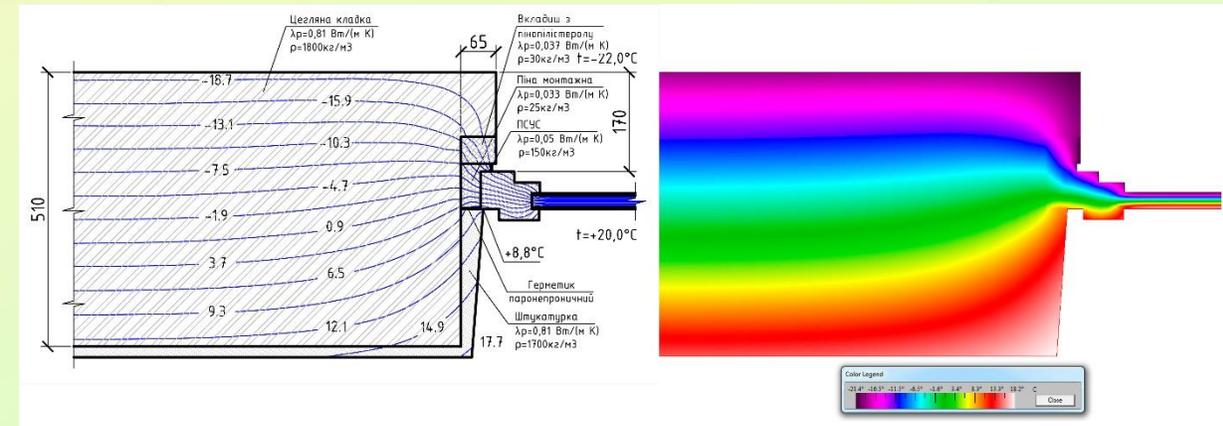
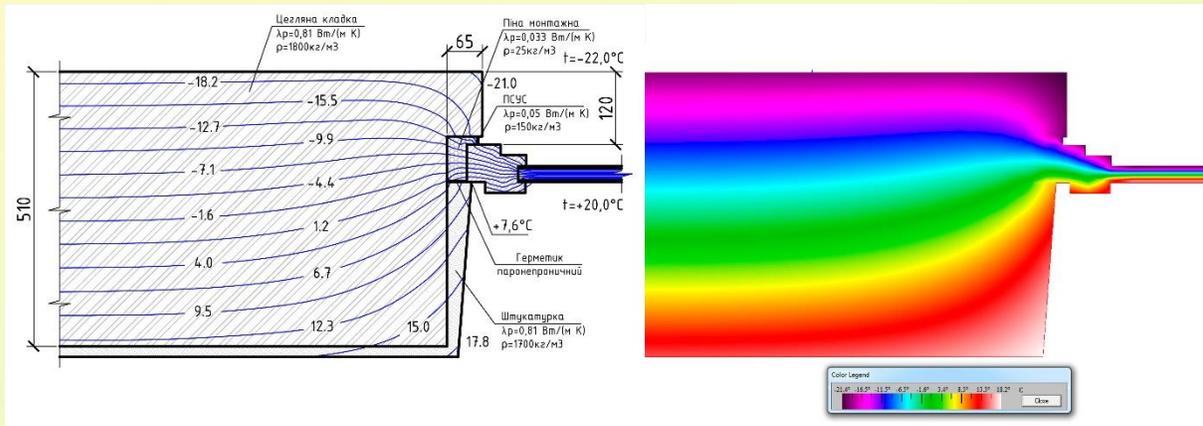
КОНСТРУКЦІЯ ТА ТЕМПЕРАТУРНІ ПОЛЯ В ЦЕГЛЯНІЙ СТІНІ



Одношарова суцільна цегляна стіна для температурного режиму зовнішнього повітря -22°C

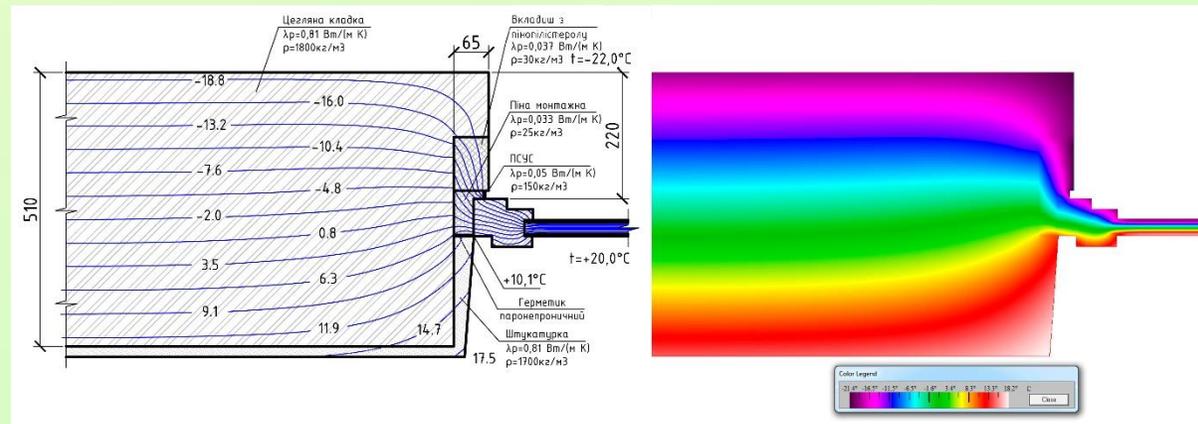
Одношарова суцільна цегляна стіна з примиканням до неї вікна для температурного режиму зовнішнього повітря -22°C

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУР ВНУТРІШНЬОГО ВІДКОСУ ВІД ПОЛОЖЕННЯ ВІКНА ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНОЇ ЗОНИ -22°C



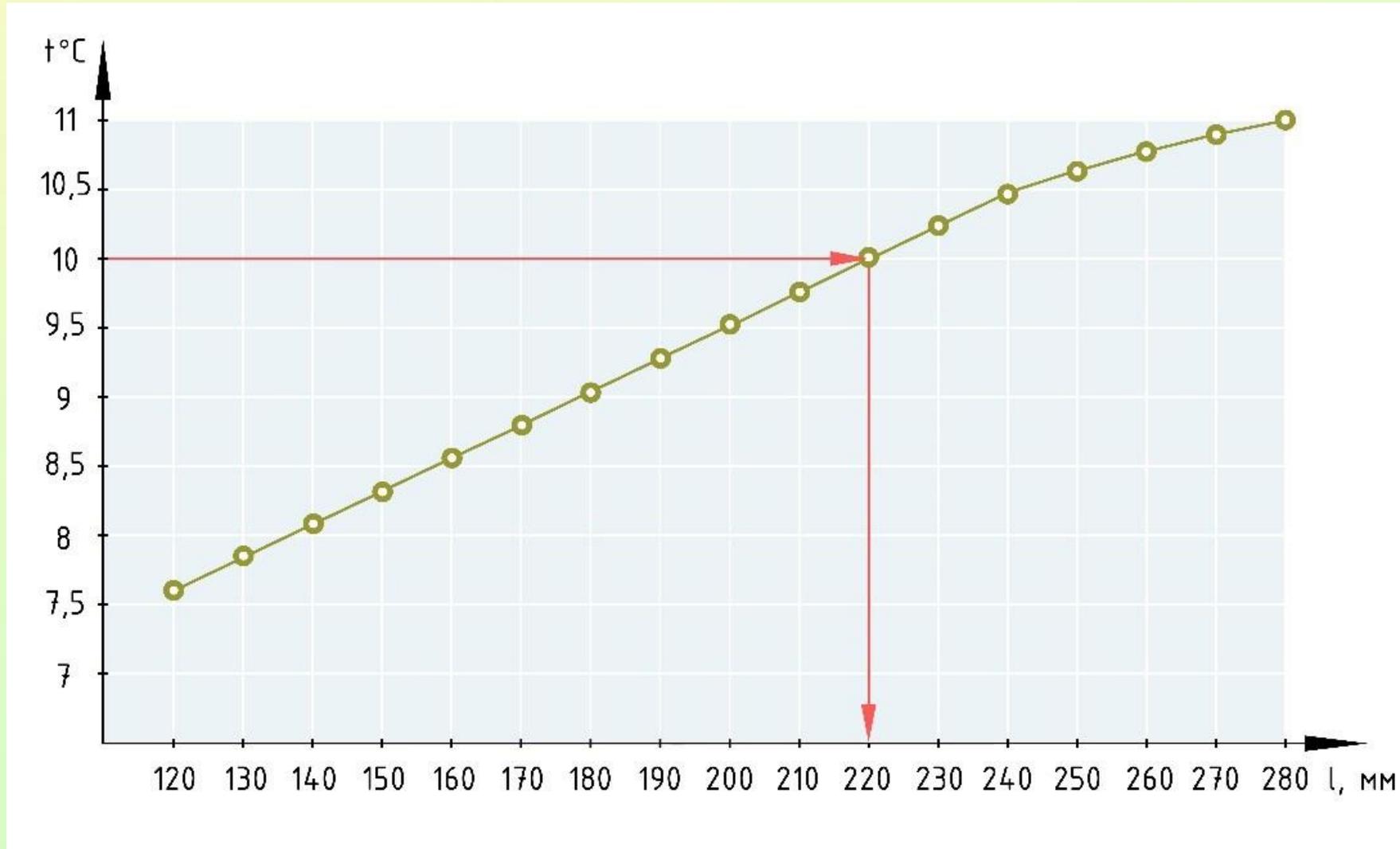
Традиційне розташування віконного блоку відразу за чвертю

Розташування віконного блоку зі зміщенням у бік приміщення (на відстань 50 мм)



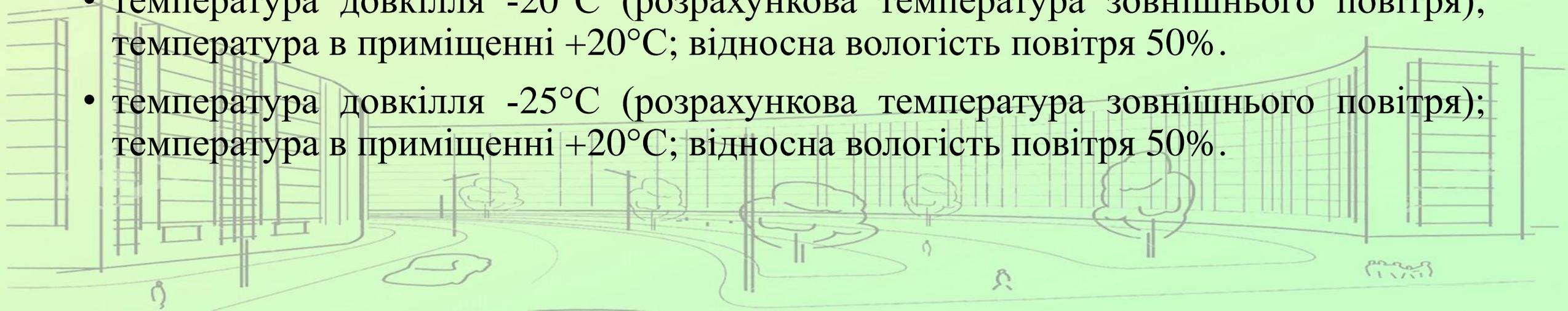
Розташування віконного блоку зі зміщенням у бік приміщення (на відстань 100 мм)

Графік залежності температури у вузлі примикання вікна до одношарової суцільної цегляної стіни та розташування вікна у товщі стіни для температурної зони -22°C



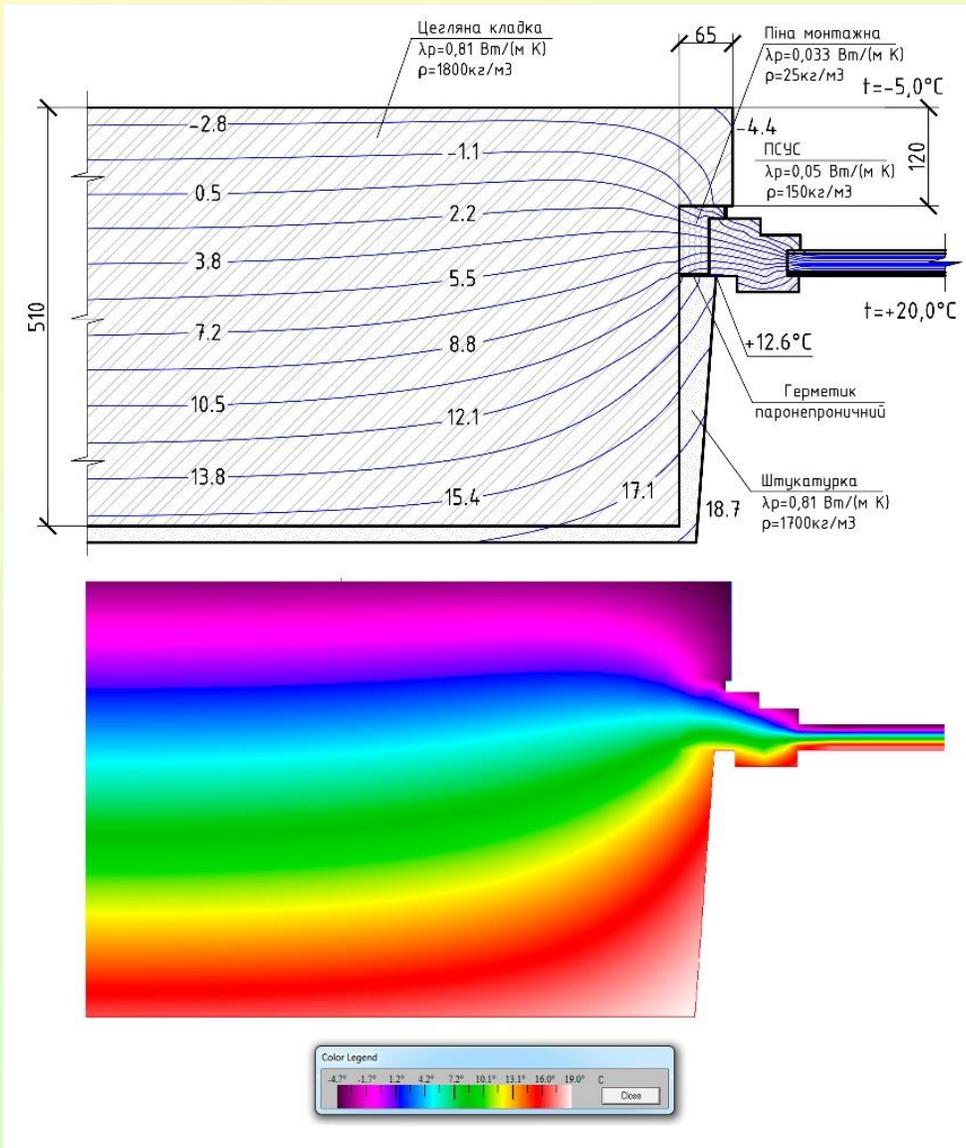
Граничні кліматичні умови прийняті для п'яти температурних зон України з кроком 5°C

- температура довкілля -5°C (розрахункова температура зовнішнього повітря); температура в приміщенні $+20^{\circ}\text{C}$; відносна вологість повітря 50%.
- температура довкілля -10°C (розрахункова температура зовнішнього повітря); температура в приміщенні $+20^{\circ}\text{C}$; відносна вологість повітря 50%.
- температура довкілля -15°C (розрахункова температура зовнішнього повітря); температура в приміщенні $+20^{\circ}\text{C}$; відносна вологість повітря 50%.
- температура довкілля -20°C (розрахункова температура зовнішнього повітря); температура в приміщенні $+20^{\circ}\text{C}$; відносна вологість повітря 50%.
- температура довкілля -25°C (розрахункова температура зовнішнього повітря); температура в приміщенні $+20^{\circ}\text{C}$; відносна вологість повітря 50%.



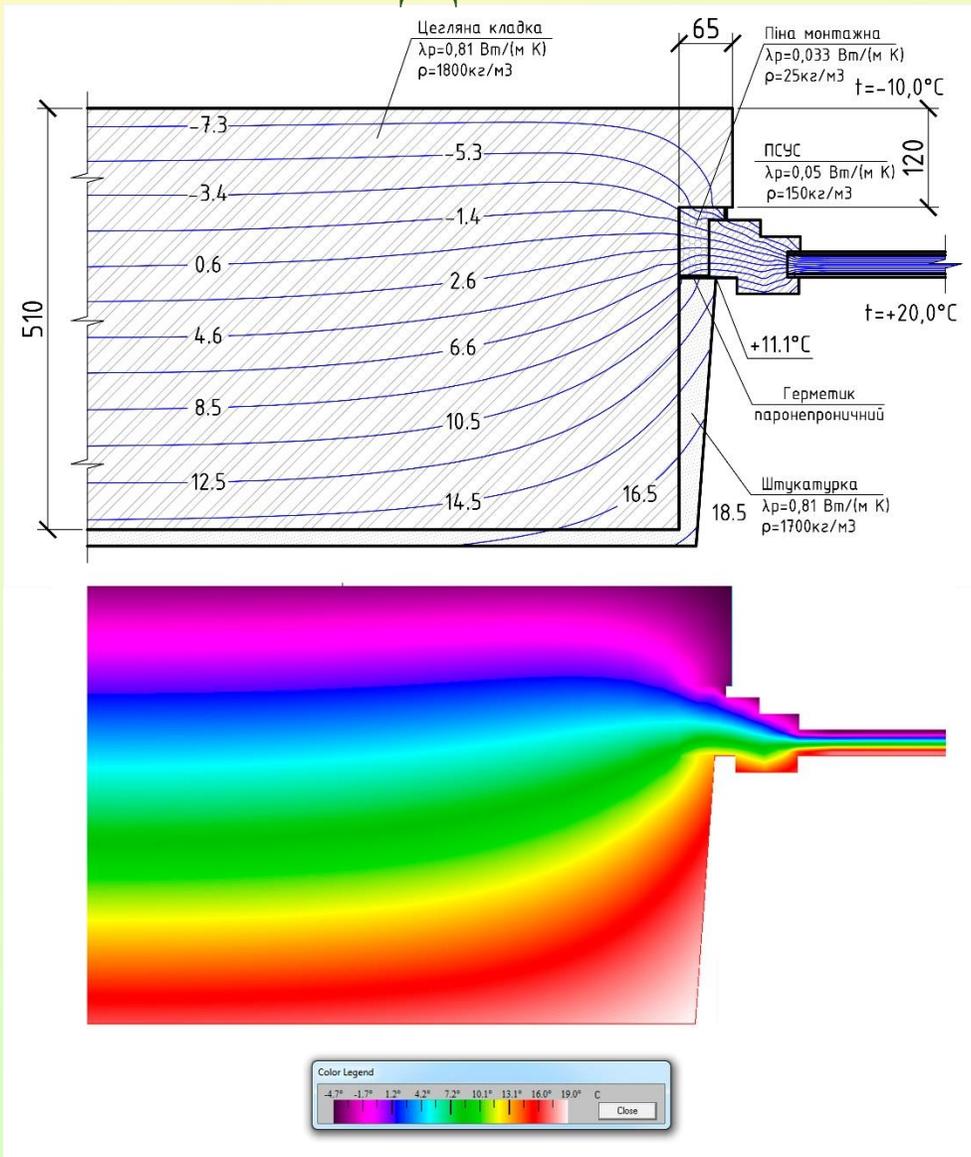
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНОЇ ЗОНИ -5°C

15



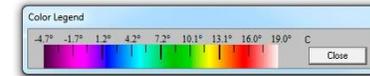
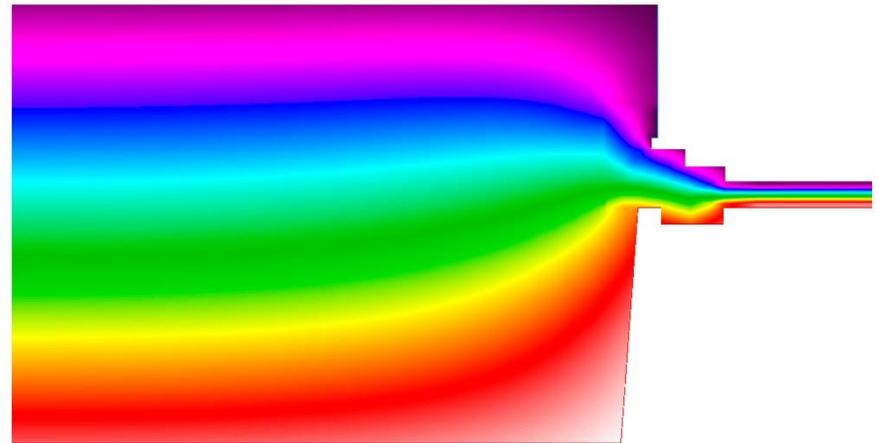
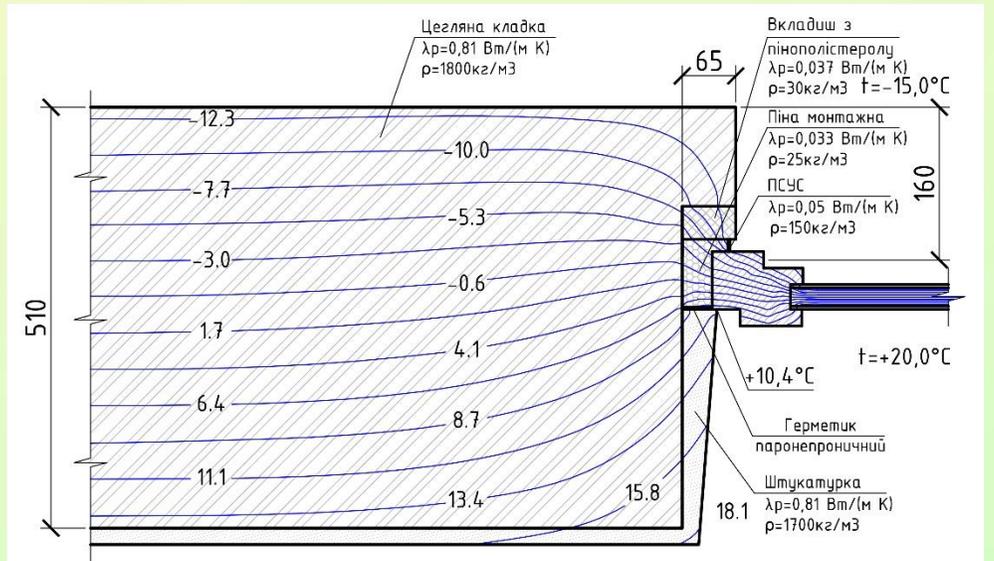
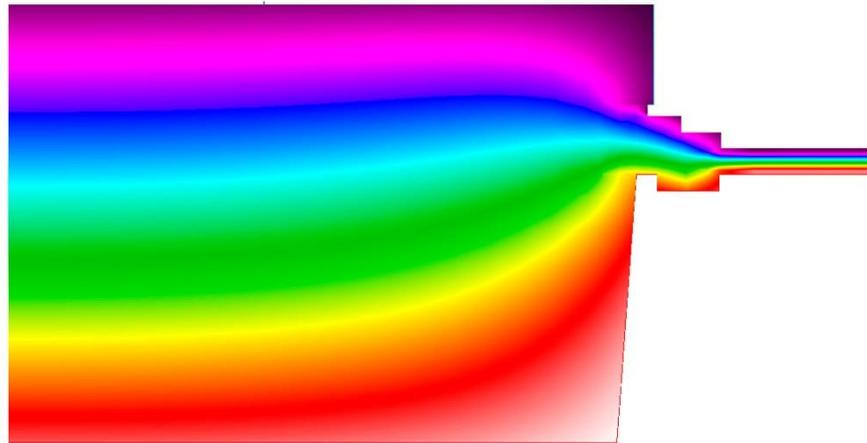
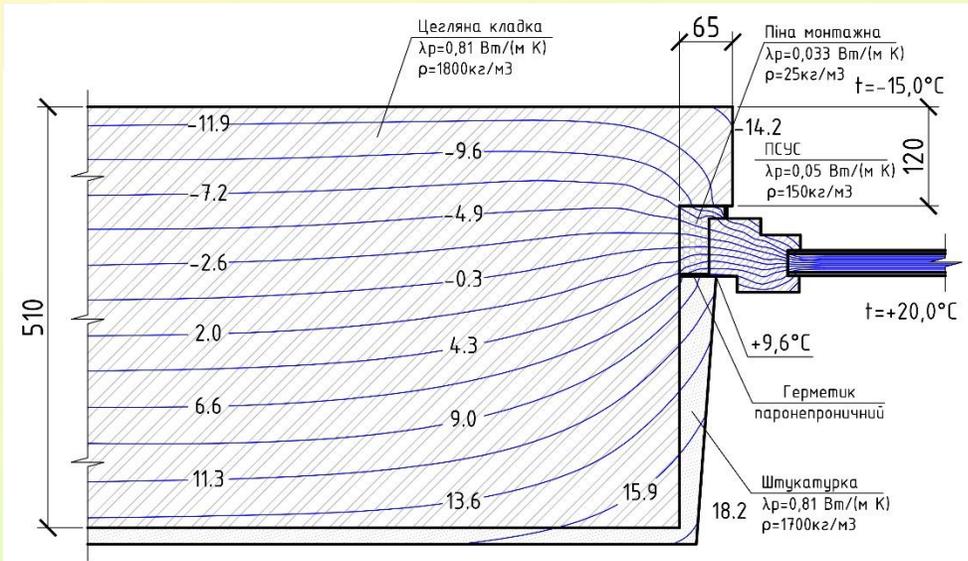
Відповідно виконаних досліджень для першої температурної зони вікно знаходиться в інтервалі додатних температур навіть при стандартному розташуванні віконного блоку на відстані 120 мм від зовнішньої поверхні стіни, що виключає утворення конденсату і промерзання вузла примикання вікна і відкосу. Подальше переміщення віконного блоку в товщі стіни викликає підвищення температури в вузлі примикання блоку зі стіною з температури $12,6^\circ\text{C}$ до $14,6^\circ\text{C}$, що знижує тепловтрати через вузли примикання вікон в будівлі.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНОЇ ЗОНИ -10°C

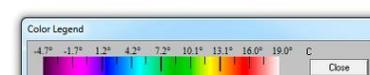
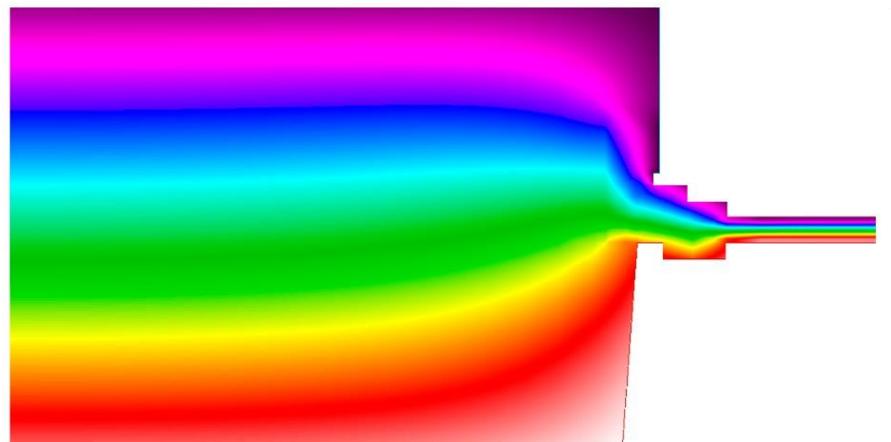
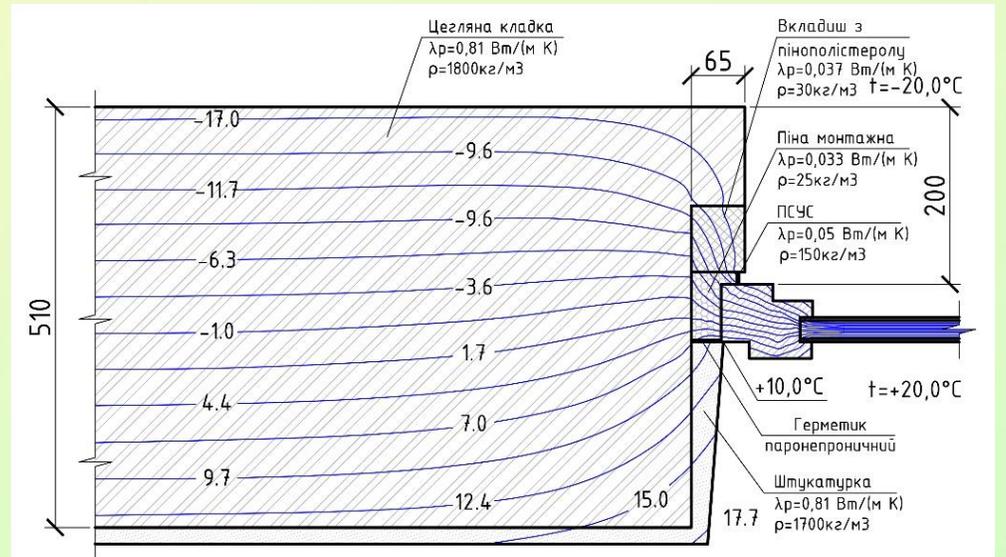
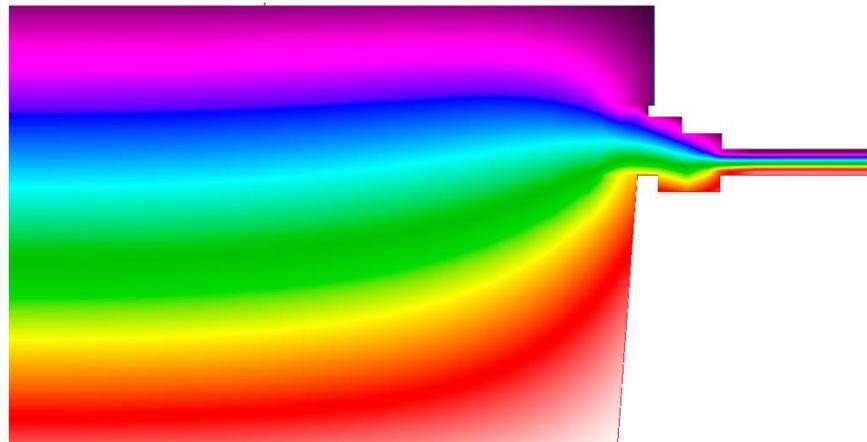
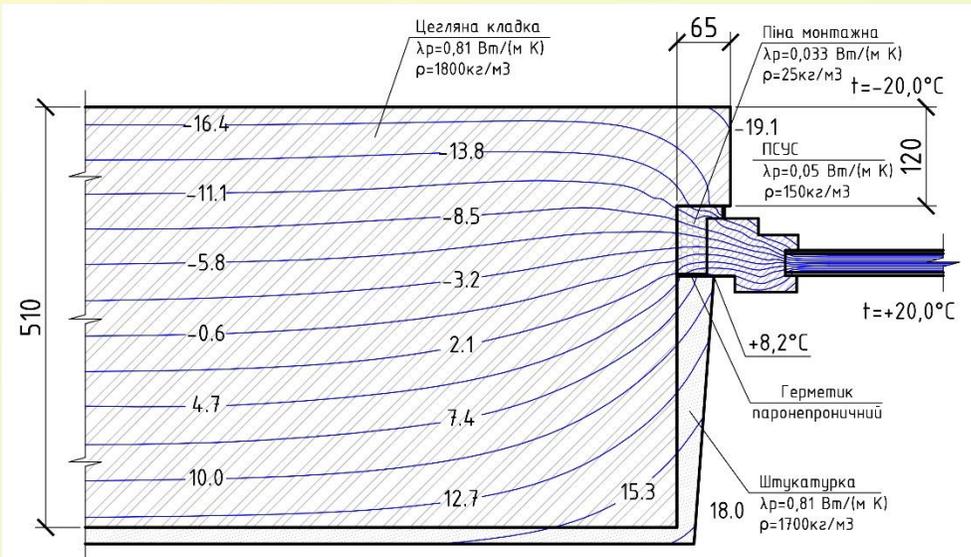


Відповідно виконаних досліджень для другої температурної зони вікно знаходиться в інтервалі додатних температур навіть при стандартному розташуванні віконного блоку на відстані 120 мм від зовнішньої поверхні стіни, що виключає утворення конденсату і промерзання вузла примикання вікна і відкосу. Подальше переміщення віконного блоку в товщі стіни викликає підвищення температури в вузлі примикання блоку зі стіною з температури $11,1^\circ\text{C}$ до $13,6^\circ\text{C}$, що знижує тепловтрати через вузли примикання вікон в будівлі.

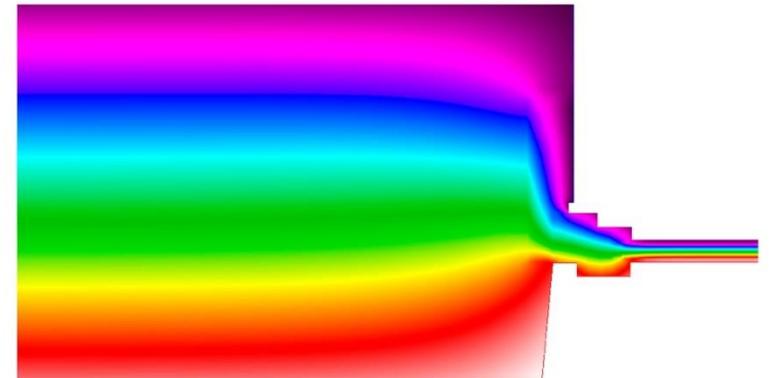
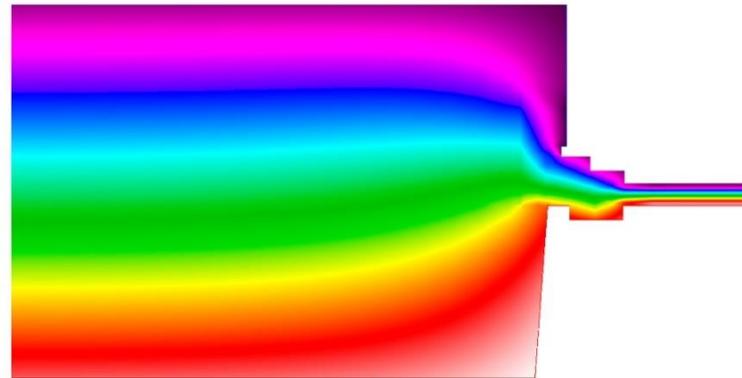
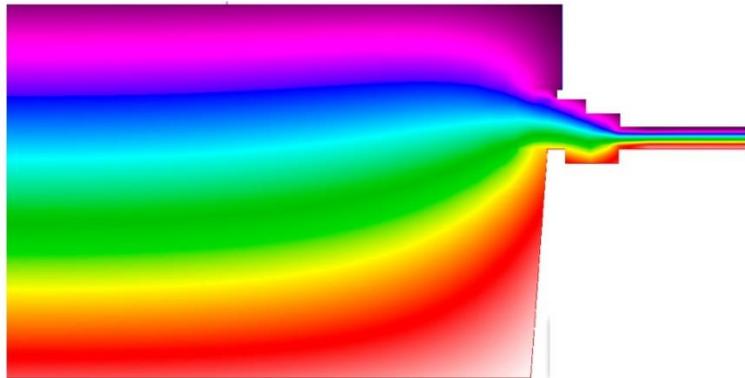
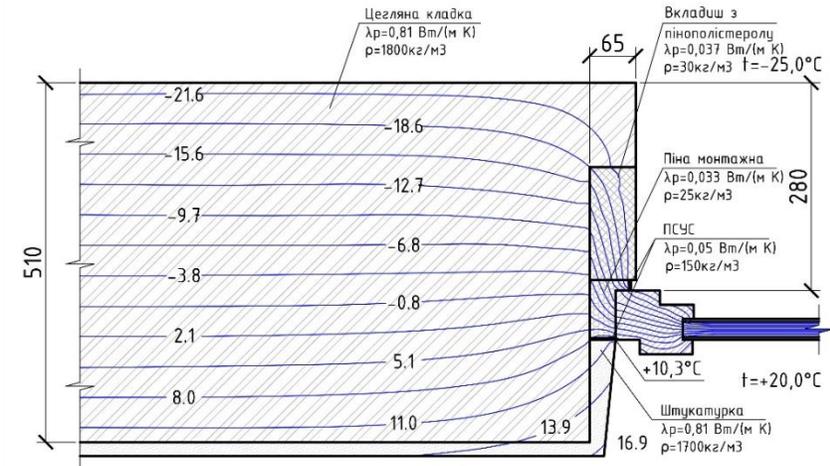
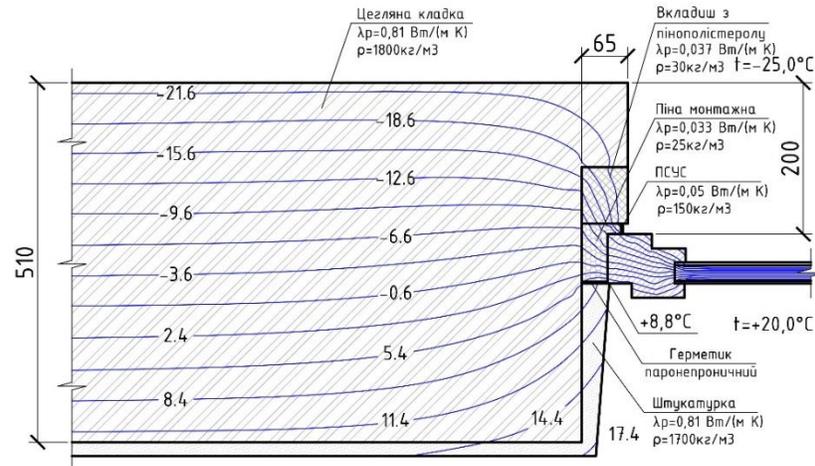
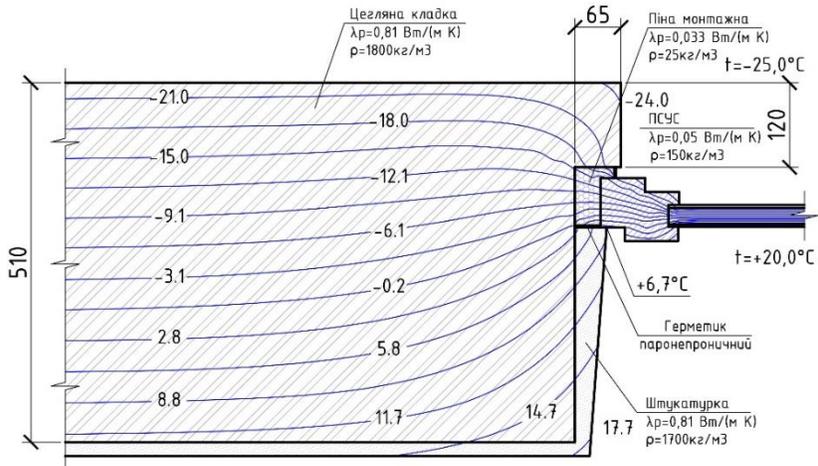
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНОЇ ЗОНИ -15°C



РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНОЇ ЗОНИ -20°C

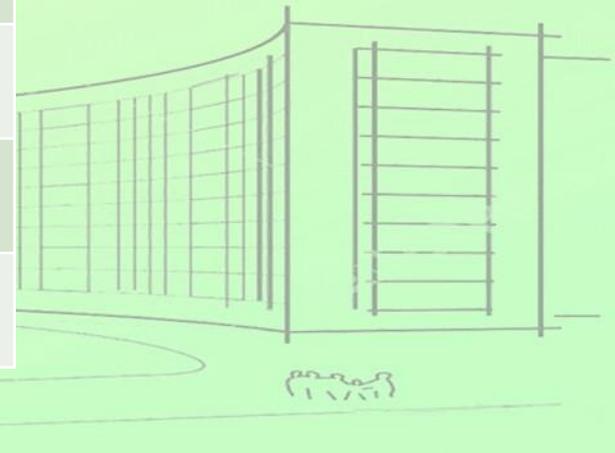


РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНОЇ ЗОНИ -25°C 19



ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВЕРХНІ ВНУТРІШНЬОГО ВІДКОСУ ВІД ПОЛОЖЕНЬ ВІКОННОГО БЛОКУ У ТОВЩІ СТІНИ І ТЕМПЕРАТУРИ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ НАЙХОЛОДНІШОЇ П'ЯТИДЕНКИ

Температури зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки, °С	Температура поверхні внутрішнього відкосу, °С, при відстані до віконного блоку, мм				
	120	160	200	240	280
-25	6,7	7,7	8,8	9,8	10,3
-20	8,2	9,0	10,0	10,9	11,4
-15	9,6	10,4	11,3	12,0	12,5
-10	11,1	11,8	12,5	13,2	13,6
-5	12,6	13,1	13,8	14,3	14,6

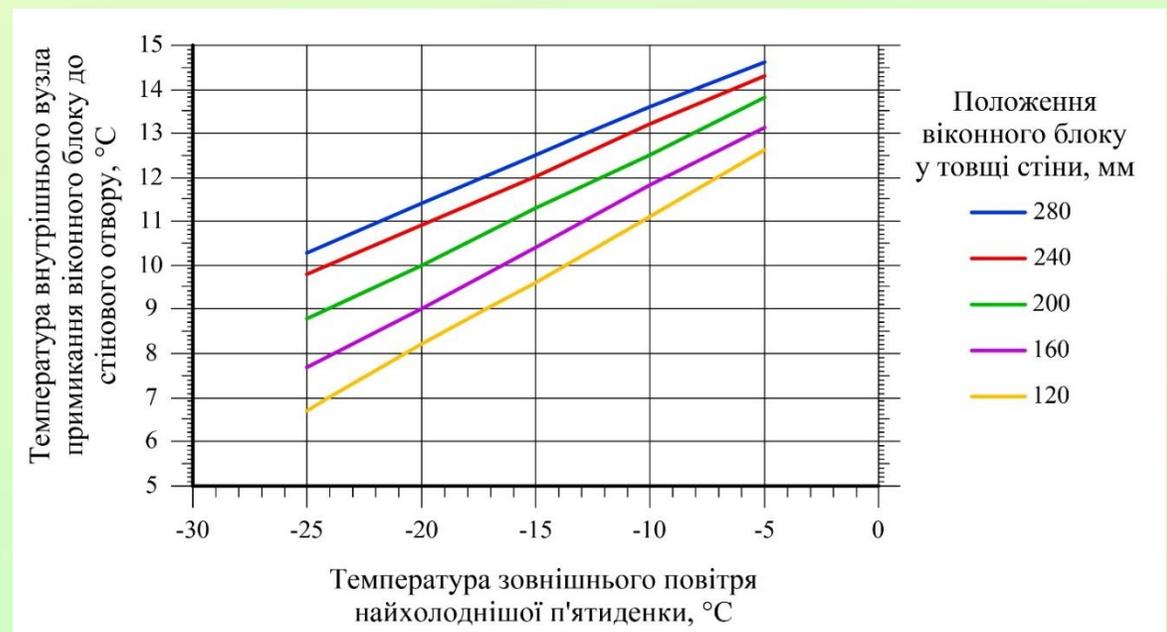
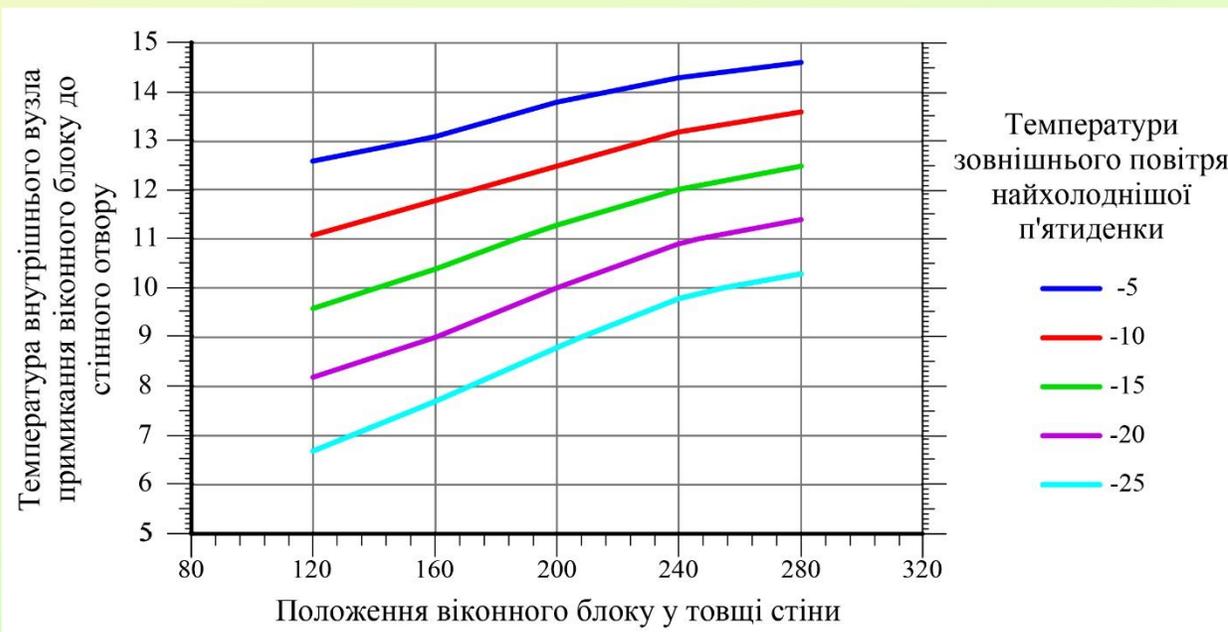


ЗАЛЕЖНІСТЬ ТЕМПЕРАТУРИ ВНУТРІШНЬОГО ВУЗЛА ПРИМИКАННЯ ВІКОННОГО БЛОКУ ДО СТІНОВОГО ОТВОРУ

21

від положення віконного блоку
у товщі стіни

від температури зовнішнього
повітря найхолоднішої п'ятиденки



АНАЛІТИЧНА ЗАЛЕЖНІСТЬ, ЯКА ДОЗВОЛЯЄ ОБЧИСЛИТИ ТЕМПЕРАТУРУ У ВУЗЛІ ПРИМИКАННЯ ВІКОННОГО БЛОКУ ДО ЗОВНІШНЬОЇ СТІНИ ЗАЛЕЖНО ВІД ПОЛОЖЕННЯ ВІКНА І ТЕМПЕРАТУРИ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ КОЖНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ В °С:

$$t_b = A + B \cdot t_3 + C \cdot x + D \cdot t_3 \cdot x$$

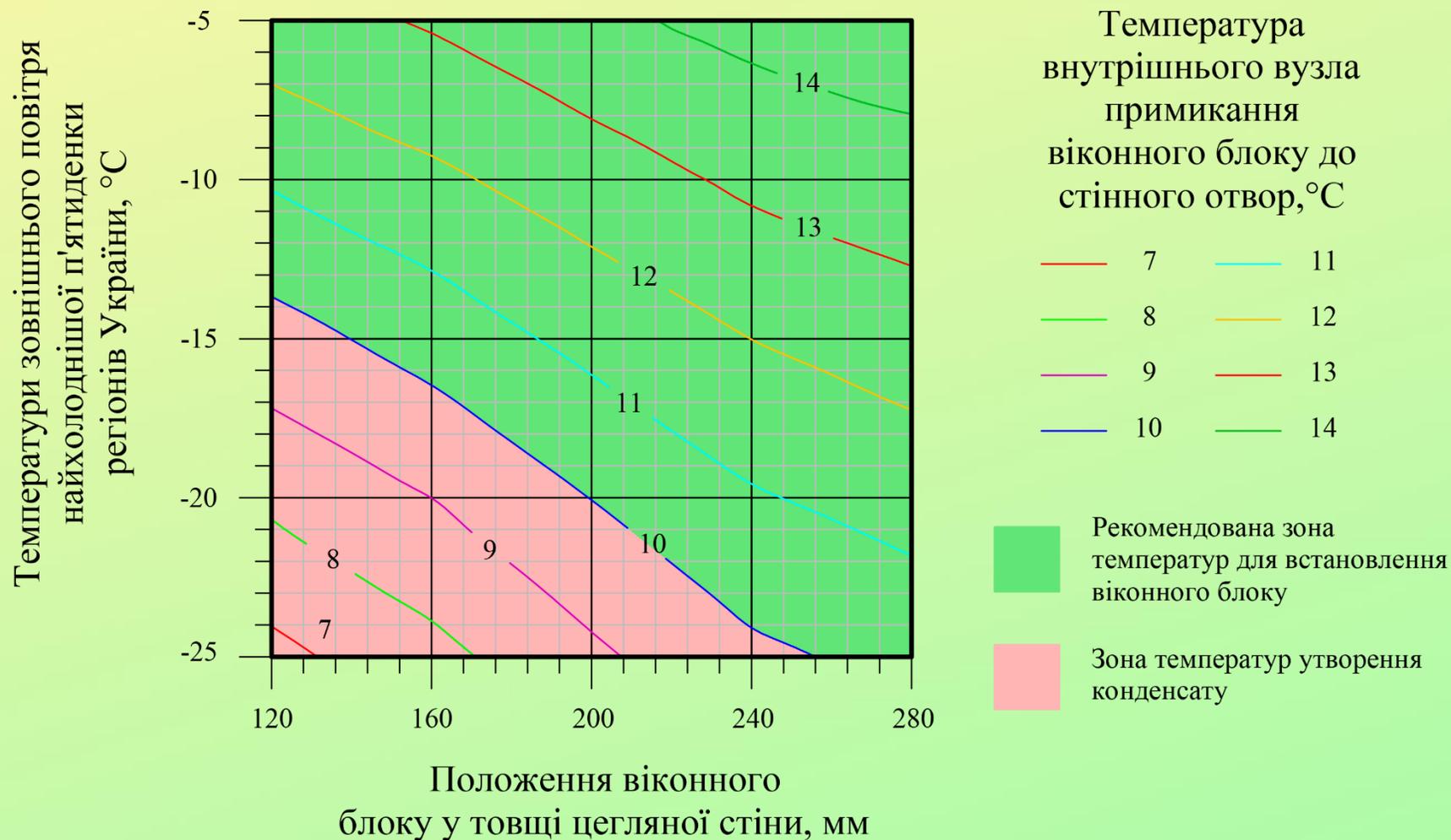
РОЗРАХУНКОВА ФОРМУЛА ПІСЛЯ ВИКОНАННЯ ОБЧИСЛЕНЬ В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ EXCEL:

$$t_b = 12,6 + 0,36t_3 + 0,012x - 0,00056t_3x$$

АНАЛІТИЧНА ЗАЛЕЖНІСТЬ, ЯКА ДОЗВОЛЯЄ ВИЗНАЧИТИ МІСЦЕ ПОЛОЖЕННЯ ВІКОННОГО БЛОКУ В ТОВЩІ ЗОВНІШНЬОЇ СТІНИ В ММ:

$$x = \frac{-t_b + 12,6 + 0,36t_3}{-0,012 + 0,00056t_3}$$

ДІАГРАМА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ВІКОННОГО БЛОКУ У ТОВЩІ ЗОВНІШНЬОЇ СТІНИ ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ЗОН УКРАЇНИ



ЗАЛЕЖНІСТЬ ТЕМПЕРАТУР ВНУТРІШНЬОГО ВУЗЛА ПРИМИКАННЯ ВІКОННОГО БЛОКУ ДО СТІНОВОГО ОТВОРУ ВІД ПОЛОЖЕННЯ ВІКОННОГО БЛОКУ У ТОВЩІ ЦЕГЛЯНОЇ СТІНИ ТА ТЕМПЕРАТУРИ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ НАЙХОЛОДНІШОЇ П'ЯТИДЕНКИ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

1. За результатами аналізу літератури та виконаних теплотехнічних розрахунків для аналізу вибрано конструкцію стіни з цегли товщиною 510 мм, вікна ПВХ з шириною коробки 70 мм.
2. Визначено основні напрямки досліджень вузлів примикань віконних блоків, а саме визначити оптимальні місця розташування вікон в товщі стіни з метою зниження тепловтрат і підвищення енергоефективності існуючих та нових будівель.
3. В якості апарату для досліджень температурних полів і передачі тепла для вузлів примикань віконних блоків до стін вирішено використовувати програму THERM. Викладена методика використання програмного комплексу THERM на українській мові.
4. Для більш детального охоплення усіх температурних зон України була складена кліматична карта з позначенням на ній 57 міст з вказаними температурами найхолоднішого періоду. Розрахункові значення температури зовнішнього повітря прийняті в межах від -25°C до -5°C з кроком дослідження 5°C .
5. Розроблена методика визначення оптимального положення віконних блоків у товщі зовнішньої стіни з умови найменших тепловтрат у вузлах примикання вікон, для прийнятих температурних зон України.
6. Отримані аналітичні залежності які дозволяють визначити місце положення віконного блоку в товщі зовнішньої стіни та обчислити температуру у вузлі примикання віконного блоку до зовнішньої стіни залежно від положення вікна і температури зовнішнього повітря кожного регіону України.
7. Розроблена графічна діаграма залежностей, яка дозволяє визначити місце установки вікна в товщі зовнішніх стін, в залежності від зовнішньої температури для всієї території України, що дасть змогу підвищити енергоефективність існуючих та нових будівель.
8. За результатами досліджень встановлено, отримані аналітичні залежності для встановлення положення вікна і температури у вузлі примикання дають похибки які не перевищують 5,6% і співпадають з отриманою графічною діаграмою.
9. Економічний аналіз отриманих результатів показав, що встановлення вікон в зовнішніх стінах, відповідно до розробленої методики, в умовах цін на теплову енергію, що діяли до 2021 року складає 18867 грн за рік.

ВСТУП

Актуальність теми.

Забезпечення належного рівня теплової надійності огороджувальних конструкцій відіграє важливу роль у розв'язанні проблеми енергозбереження та забезпечення комфортності будівель різного призначення.

В Україні загальні теплові втрати через огороджувальні конструкції будівель складають більше 370 млн. ГДж/рік, для компенсації яких необхідно спалити біля 14,5 млн.м³ газу. Через стіни ці втрати досягають 170 млн. ГДж/рік тепла, для отримання якого необхідно спалити біля 6,5 млрд.м³ газу, та через вікна понад 155 млн.ГДж/рік (6 млрд. м³ газу) [1]. Особливої вагомості теплові втрати набувають по відношенню до старих будівель, зведених за нормами проектування 60-тих і 70-тих років минулого століття, які мають недостатній опір теплопередачі та потребують термомодернізації.

Тепловтрати будівлі, як відомо, мають значний вплив на величину поточних витрат на його обслуговування, оскільки визначають кількість тепла на опалення будівлі. У середніх і особливо північних широтах, де температури, нижчі оптимальних переважають більшу частину року, витрати на опалення будівель складають абсолютну більшість з усіх витрат на їх експлуатацію.

Тепловтрати будівлі умовно можна розділити на дві основні групи, - тепловтрати через огороджувальні конструкції і тепловтрати на вентиляцію його приміщень.

З усіх огороджувальних конструкцій вікна найбільшою мірою є джерелом тепловтрат, що належить до обох умовним груп.

По-перше, тепловтрати відбуваються внаслідок різниці температур всередині і зовні приміщення через поверхні рам і скла вікон [2, 3].

По-друге, значна частина тепла витрачається на нагрівання повітря, в місцях примикання вікон до зовнішніх стін і через укоси [4].

Сьогодні питання зменшення тепловтрат стоїть як ніколи гостро, адже ціна на енергоносії росте невблаганно з року в рік, постійно збільшуючи тим самим витрати на обслуговування будівель [5].

Тому поліпшення теплових характеристик огорожувальних конструкцій є актуальним науково-технічним завданням.

Мета і завдання дослідження.

Метою кваліфікаційної магістерської роботи є дослідження місця положення вікон з ПВХ в товщі стін різного конструктивного матеріалу, з метою створення методики для визначення положення вікон різних типів у зовнішніх стінах різної конструкції, для різних умов будівництва, що в свою чергу дозволить знизити тепловтрати у вузлах примикання вікон до зовнішніх стін і підвищити енергоефективність існуючих та нових будівель.

Для досягнення поставленої мети були визначені наступні **задачі дослідження:**

- виконати огляд літератури з питань забезпечення енергоефективності будівель та виявлення шляхів їх вдосконалення;
- виконати огляд житлових активів України існуючих і зводимих будівель;
- узагальнити кліматичні параметри, необхідні для розрахунків втрат тепла через вузли примикання вікон до зовнішніх стін, за температурними зонами ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 [30];
- виконати дослідження процесу теплопередачі через вузли примикання віконних блоків, в залежності від їх розташування в товщі зовнішніх стін;

- розробити методику визначення оптимального положення віконних блоків в товщі зовнішніх стін, в залежності від кліматичних умов території України;

- розробити практичні рекомендації щодо визначення місця положення віконних блоків з оптимальним опором теплопередачі на території України.

Об'єкт дослідження – підвищення рівня енергоефективності існуючих житлових і громадських будівель.

Предмет дослідження – теплотехнічні показники вузлів примикань віконних блоків в залежності від їх розташування в товщі стіни та їх вплив на рівень енергоефективності житлових і громадських будівель.

Методи дослідження. Основними методами досліджень є:

- метод будівельної теплотехніки для визначення теплових характеристик огороджувальних конструкцій;

- метод моделювання двомірної моделі теплопередачі в конструкціях будівлі, таких як віконні блоки, зовнішні стіни, вузли їх примикання, оснований на методі кінцевих елементів за допомогою комп'ютерної програми THERM;

- методи проектування вузлів примикання віконних блоків з використанням сучасних програмних комплексів;

- сучасні методики планування виробництва та економічного аналізу проектних рішень.

1 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз питання і задачі дослідження

1.1.1. Огляд сучасного стану вторинного ринку нерухомості.

В Україні близько 90% багатоповерхівок потребують термо-модернізації, згідно висновкам Міністерства регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства України, які проаналізували стан існуючого житлового фонду України [6]. Біля 60-70% житлових будинків було зведено ще у роки індустріального будівництва за типовими серіями, норми будівництва яких дозволяли на той момент втрати через огорожувальні конструкції (стіни, вікна, дах, підвальні приміщення).

За оцінками фахівців, у першу чергу потребують термомодернізації будинки 1971-1980 років забудови. По всій Україні їх нараховується 18140 (105,1 млн. м²). Серед них – 13240 п'ятиповерхівок, 4170 дев'ятиповерхових будинків та 730 шістнадцятиповерхівок. У будинках 1981-1990 років забудови має бути проведена термомодернізація другу чергу. Загалом таких будинків по Україні 22270 (134,5 млн. м²). Серед них 11140 5-ти поверхових, – 8480 9-ти поверхових, 2200 16-ти поверхових та 450 понад 16-ть поверхів. Для здійснення таких масштабних робіт з максимальною енергетичною ефективністю необхідно розробити типові проекти термомодернізації по серіям житлових будинків [6].

Загальна кількість будинків, побудованих індустріальним способом за проектами перших масових серій, перевищує 25 тисяч загальною площею майже 72 млн. м², з них 47 – панельних, 50 – цегляних і 3% – великоблочних будинків (рис. 1.1) в основному трьох найбільш розповсюджених серій – 438-ї, 464-ї, 480-ї [7] (рис. 1.2).

Панельний будинок – стіни і перекриття якого виконані з великорозмірних, монтовані на будівельному майданчику, плоских елементів

(панелей) заводського виготовлення. На будівельний майданчик доставляють уже готові деталі споруди, які будівельникам залишається лише змонтувати. В результаті цього продуктивність праці на такій споруді дуже висока. Недоліком є неможливість випуску широкого асортименту конструкцій. Особливо це відноситься до різноманітності форм конструкцій, які обмежуються типовими опалубками.

Блок - конструктивний збірний елемент або виріб, зазвичай заводського виготовлення, що застосовуються в індустріальному (типовому) будівництві. Серед переваг блочних будинків можна назвати відносну швидкість и дешевизну будівництва. Крім цього, блоки мають свою стійкість, тобто не потребують додаткового каркасу.

Цегляні будинки - типові серії, зовнішні стіни в яких побудовані з цегли. На відміну від різноманітних панельних та блочних серій, типових цегляних будинків в Україні існує небагато. В період масової типової забудови 70-90-х років будинку з цегли в основному будувалися за індивідуальними архітектурними проектами. Серед серійних будинків збудованих в 1960-х-2000-х рр. можна виділити три основні групи так звані "Сталінські", "Хрущовські" и "Брежнєвські" будинки.

Сталінські будинки будувалися з 1935 по 1960 рік. До роботи залучалися не тільки звичайні будівельники, а й амністовані в'язні (до Другої Світової війни), німецькі полонені (після війни). Головна особливість – просторі приміщення.

Характеристика Сталінських будинків [8]:

- кількість поверхів – 5-8, рідше – 3;
- матеріал зовнішніх стін - цегляні;
- кількість під'їздів – 3-5;
- обладнання - часто без ліфтів, смітєпроводів;
- підлога - паркет;

- висота стелі - 3-3,5 м;

Площа: 1-кімнатні - 32-50 м² (рис. 1.3); 2-кімнатні - 44-70 м²; 3-кімнатні - 57-85 м²; 4-кімнатні - 80-110 м². Площа кухні – 8-10 м².

Кімнати - роздільні / суміжні;

Стиль - витончений, вигадливий (фасадне ліплення, колони і балюстради).

Хрущовські будинки - панельні або цегляні чотирьох-п'ятиповерхові будинки, масово споруджувалися в СРСР під час правління Микити Сергійовича Хрущова і отримали в народі його ім'я. Хрущовські будинки сьогодні - одна з найбільш поширених різновидів житла в Україні. У 50-60 роки минулого століття в Україні та ряді інших країн намітився дефіцит житла через швидкі темпи зростання населення і промисловості, тому була прийнята програма масового будівництва будинків нового типу. З ініціативи Хрущова проекти квартир, що характеризуються фразою "для кожної сім'ї маленьке житло, але своє", отримали велику популярність, а в народі така нерухомість отримала назву "Хрущовка". Будинки на перших порах зводилися з цегли, але в 60-х поряд з цим матеріалом стали широко використовуватися і панелі, що дозволило значно скоротити витрати і збільшити темпи будівництва.

Характеристика Хрущовських будинків [8]:

- Кількість поверхів - 5
- Матеріал зовнішніх стін – цегляні/панельні;
- Кількість під'їздів - 3-5;
- Обладнання - без ліфтів, смітєпроводів, технічного поверху;
- Пол - паркет;
- Стелі –2,5-2,55 м;
- Площа - 1-кімнатні –28-32 кв.м (рис. 1.5); 2-кімнатні – 40-46 кв.м; 3-кімнатні –54-59 кв.м.
- Площа кухні – 6 кв.м.
- Кімнати - суміжні;

- Стиль –типовий, строгий.

Брежнєвські будинки – почали зводити на початку 60-х замість п'ятиповерхових будинків. Це восьми- і дев'ятиповерхові будинки, типових серій які отримали таку назву, тому що будувалися в період правління Леоніда Ілліча Брежнєва. У брежнєвських будинках з'явилися ліфти і сміттєпроводи. Планування стало значно більш зручне. Однак планування Брежнєвських будинків має деяку схожість з "Хрущовками". Передпокої залишилися такими ж маленькими, якщо не брати до уваги коридори в 3-х і 4-х кімнатних квартирах, проте площі кухні збільшилися до 6-ти, а іноді 7-ми кв.м. Також в брежнєвських будинках позбулися прохідних кімнат в 2-х, 3-х-і 4-х кімнатних квартирах. Кімнати в таких квартирах часто виходять на різні сторони будинку. Іншими характерними особливостями є все ще маленька кухня з непередуманим розташуванням устаткування, дуже тісні туалет і ванна, в яких немає місця для установки пральної машини. Причому можливості перепланування "Брежнєвки" в більшості випадків сильно обмежені, оскільки велика частина стін в таких будинках є несучими. Головним чином, розширенню піддаються невеликі кухні в першу чергу за рахунок санвузла та коридору. Набагато рідше об'єднують сусідні кімнати, в основному в 3-х і 4-х кімнатних квартирах.

Характеристика Брежнєвських будинків [8]:

- Кількість поверхів – 9-16
- Матеріал зовнішніх стін – цегляні/панельні;
- Обладнання – наявність ліфтів, сміттєпроводів, технічного поверху;
- Пол - паркет;
- Стелі –2,65-2,75 м;
- Площа - 1-кімнатні –22-47 кв.м (рис. 1.7); 2-кімнатні – 42-58 кв.м; 3-кімнатні –48-74 кв.м.; 4-кімнатні – 57-88кв.м.
- Площа кухні – 7 кв.м.
- Кімнати – відсутність прохідних.

Одним з основних недоліків сталінських, хрущовських і брежнєвських житлових будівель є недостатня теплоізоляція, а відповідно і низький рівень енергоефективності, що на сьогоднішній час має велике значення.

1.1.2. Сучасні вимоги щодо забезпечення рівня енергоефективності житлових будівель

Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року розроблений на основі Національного плану дій з енергоефективності, розробленого для Договірних Сторін Енергетичного Співтовариства, відповідно до вимог Директиви [9].

В Україні протягом останніх років розроблявся комплекс нормативних документів в галузі будівництва, що пов'язані з забезпеченням теплової надійності та енергоефективності будівельних об'єктів. В підпункті 1.1.2. розкрита структура розробленого комплексу та показано його виключну важливість для забезпечення необхідного експлуатаційного рівня вітчизняних будинків та вирішення питання подальшого зниження тепловтрат на опалення.

Рішення проблеми енергозбереження багато в чому визначає вихід України з економічної кризи. Максимальна економія енергії знижує залежність від країн-постачальників паливно-енергетичних ресурсів, зменшує енергоємність національних товарів. Будівництво є затратною в енергетичному відношенні галуззю національної економіки і суттєво впливає на формування показників енергоємності валового національного продукту та конкурентоспроможність вітчизняних товарів на світових ринках.

Досвід таких країн, як США, Німеччина, Японія, Південна Корея, показав, що суттєве зростання енергоефективності може бути лише за умови реалізації державної енергоефективної політики, яка повинна охоплювати всі сфери національної економіки – від регіональної до загальнонаціональної економіки країни та узгоджувати адміністративні, законодавчі, фінансові заходи щодо її стимулювання. Про енергозбереження можна говорити як про новий енергетичний ресурс, залучення якого в господарський обіг дозволить знизити енергоємність суспільного виробництва. Передбачається, що енергозбереження, витісняючи інші енергоресурси із паливно-енергетичного балансу, саме стає своєрідним енергетичним ресурсом. Філософія

енергозбереження та підвищення енергоефективності для України має свої характерні риси. Задекларована пріоритетність політики енергозбереження в Україні тривалий час не була підкріплена ефективною формою та механізмами взаємодії влади, бізнесу та наукового потенціалу у питаннях впровадження інноваційних енергозберігаючих технологій. Мета енергозберігаючої політики полягає не в обмеженні споживання енергоресурсів, а у підвищенні ефективності використання первинних енергоносіїв [10].

Зниження енерговитрат на експлуатацію будівель розглядається як за показниками енергетичного стану держави, так і за екологічними параметрами навколишнього середовища щодо викидів продуктів споживання палива. В умовах ринкової економіки держава дієво може впливати на суб'єкти господарювання шляхом встановлення необхідних нормативних вимог безпеки до продукції, що пропонується. Пріоритетом розвинутої держави є енергетична безпека, тому вимоги до енергетичних характеристик будівель є обов'язковою складовою системи загальної безпеки будівельних об'єктів країни.

В Україні затверджена Галузева програма з енергоефективності у будівництві на 2010-2014 рр., де дається оцінка сучасного стану нормативного забезпечення будівельної галузі і, що найважливіше, її відповідність сучасним вимогам ЄС. Так, у Програмі зроблено висновок про те, що в Україні розроблено на сучасному рівні комплекс нормативних документів в галузі забезпечення енергоефективності будівельних об'єктів в напрямку конструктивних рішень огорожувальних конструкцій. Водночас в Галузевій програмі зазначено, що саме нормативне забезпечення підвищення енергоефективності інженерних систем будинків є пріоритетним завданням держави на найближчі п'ять років [11].

За останні роки проблемами енергозбереження в будівництві та архітектурі в Україні і за кордоном проводились теоретичні розробки та практичні реалізації. Проблемами архітектури житла займались С.Н.Булгаков,

Д.Н.Яблонський; проблемами реконструкції житла займались Л.Г.Бачинська, В.М.Вадімов, Г.О.Осиченко; проблемами обстеження, реконструкції, поліпшення технологічних властивостей, підвищення надійності, довговічності, організації експлуатації і ремонту житлових будівель займались Е.М.Арієвич, Е.В.Горохов, Р.А.Гребенник, Л.А.Дудишкін, В.Ержабек, А.В.Коломієць, А.В.Кушнірюк, Г.А.Поривай, Н.В.Прядко, И.А.Фіздель, Е.П.Уваров, Г.И.Швецов; дослідженням впливу клімату на проектування будівель займались С.В.Зоколей, В.И.Оболенський, І.Н.Скриль, С.І.Скриль, Ф.А.Терновський; дослідженням проблеми енергоефективності в будівництві займались М.А.Айзен, М.М.Бродач, Р.Ванькович, В.Ф.Гершкович, А.Л.Мелуа, Ю.В.Табунщиков, Г.Ф.Черних; дослідженням проблеми енергоефективності в архітектурі займались В.С.Беляєв, О.В.Бумаженко, Г.П.Васильєв, В.Г.Вейцман, В.В.Гранєв, Т.О.Кащенко, Ю.Лапін, О.В.Міроненко, Е.В.Сарнацький, Н.Н.Селіванов, Л.М.Стронський, А.В.Спірідонов, Б.Тарніжевський, Г.Н.Хавхун, Л.П.Хохлова, Л.О.Шулдан. Питанням енергоефективності були присвячені докторські дисертації (А.В.Сергейчук, Г.Г.Фаренюк, П.С.Канигін) та кандидатські роботи (Л.А.Подолян, С.М.Смірнова, О.К.Афанасьєва, О.С.Ртищева, В.В.Щербаков) [12].

Рівень теплозахисту огорожувальних конструкцій, крізь які втрачається найбільший відсоток тепловтрат, має відповідати кліматичним умовам місця перебування житлової будівлі та забезпечувати комфортні санітарно гігієнічні умови в приміщенні будівлі. Це може бути досягнуто раціональним конструюванням і проектуванням з урахуванням теплопередачі, використаних у будівництві матеріалів, виключення утворення конденсаційної вологи на внутрішніх поверхнях огорожувальних конструкцій житлових приміщень, проникнення вологи в саму огорожувальну конструкцію.

Особливий вплив на втрату тепла крізь огорожувальні конструкції мають світлопрозорі огорожувальні конструкції, такі як балконні та віконні блоки, вітражі.

Залежно від конструкції стін будинку через них втрачається до 35-45% тепла. Віконні отвори в загальній площі зовнішніх огорожень складають значно менший відсоток у порівнянні зі стінами. Однак вони мають гіршу теплозахист: опір теплопередачі віконного блоку з подвійним склінням в 2-3 рази менше, ніж у зовнішніх стін. огорожувальні конструкції в основному не є однорідними за структурою, а зазвичай складаються з декількох шарів. У цю конструкцію можуть входити і замкнуті повітряні прошарки. Основною такою характеристикою для шару конструкції є його опір теплопередачі [13].

У програмі енергозбереження при будівництві та експлуатації будівель світлопрозорим огорожувальним конструкціям відводиться важлива роль, оскільки вони мають термічний опір у 2-3 рази менший в порівнянні з глухими ділянками зовнішніх стін.

1.1.3. Типи і галузі використання сучасних світлопрозорих огорожувальних конструкцій

Основні вироби із скла, які застосовуються в сучасних віконних конструкціях, це склопакети - об'ємні вироби, що складаються з двох або трьох листів скла, з'єднаних між собою по контуру за допомогою дистанційних рамок з металу або пластику та герметиків, утворюючих одну чи більше ізольованих від зовнішнього повітря камер, що заповнені висушеним повітрям або іншим газом [14]. Склопакети повинні забезпечувати пропускання максимальної кількості світла і, при цьому, мінімально впливати на витрати енергії на обігрів або охолодження приміщення. Застосування скла з різним функціональним призначенням дозволяє отримувати сучасний склопакет з різними функціональними характеристиками (рис.1.8) [15].

Рис.1.8 - Приклади скла з різним функціональним призначенням

Згідно з даними досліджень, втрати енергії через вікна і двері складають близько 35% від загальних енерговитрат будівлі. А основною складовою вікна є не профіль і не фурнітура, а саме склопакет, який визначає енергоефективність всієї конструкції. Як відомо, склопакет займає близько 80% площі віконного блоку, і саме від його властивостей залежать теплотехнічні параметри виробу в цілому. Тому склопакет по праву можна назвати найважливішою деталлю в складі світлопрозорої конструкції, що дозволяє регулювати рівень її енергоефективності [16]. Сучасні світлопрозорі огорожувальні конструкції повинні забезпечувати пропускання максимальної кількості світла і, при цьому, мінімально впливати на витрати енергії на обігрів або охолодження приміщення.

Відповідно до будівельних норм, мінімум світла, потрібного для комфортного перебування людини, поступає у приміщення, якщо площа всіх скляних поверхонь становить 10-12,5% загальної площі поверхні стін.

Оптимальні умови висвітлення по фізіологічним показниками досягаються при ширині вікон, рівної 55% ширини житлової кімнати [17].

Якщо казати про розмір вікна, то вдало використовувати правило золотого перерізу - 3:5. Це співвідношення величин, сприйнята людьми як найбільш вдала. Якщо ширина віконного прорізу більше 2 метрів, використовують тристулкову конструкцію вікна. Зазвичай дві бічні стулки такого вікна роблять однакового розміру, створюючи симетричність.

Конструкція сучасних вікон складається з багатьох елементів.

Віконний проріз - проріз у стіні або в покрівлі для монтажу одного або декількох віконних блоків. Конструкція віконного отвору передбачає також встановлення монтажного ущільнення, косяків, зливів і підвіконної дошки.

Віконний блок - світлопрозора конструкція, призначена:

- для природного освітлення приміщення;

- для вентиляції приміщення;
- для захисту приміщення від атмосферних і шумових впливів.

Віконна коробка - збірна одиниця віконного блоку, виконана у вигляді прямокутної рами з вибраними чвертями, призначена для навішування стулочок, нерухомо закріплюють до стінок віконного отвору

Віконна рама - частина віконного елемента, що жорстко з'єднана зі стіною.

Віконна стулка - рухомий елемент вікна.

Склопакет - пакет, що складається з двох або трьох листів скла, герметично закріплених на металевій рамці. В середині пакету знаходиться розріджене повітря або інертний газ. Відрізняється хорошою теплоізоляцією, звукоізоляцією і герметичністю, не запотівають і не забруднюється всередині. Склопакет закріплюється в стулках в допомогою штапиків.

Штапик - конструктивний елемент вікна, призначений для того, щоб закріпити склопрозорих елементів (скло або склопакет) або глухе заповнення в стулці вікна. Залежно від товщини скла, склопакета або сендвіча штапик може мати різну ширину.

Слупик - середній брусок віконного плетіння. Слупики завжди використовувалися архітекторами для членування скління, для додання вікнам виразності і неповторності. Сьогодні нові рішення в конструкції вікон торкнулися і цих елементів. Поряд зі звичайними добре знайомими горбильками з'явилися також слупики "помилкові", тобто імітації горбильків. Можливі різні варіанти їх установки, як у склопакеті, так і на склопакеті і їх всілякі комбінації. Поряд з дерев'яними, розроблені різні варіанти металевих решіток.

Відплив - розташовується на зовнішній стороні стулочок, перешкоджає проникненню води між стулкою і рамою.

Імпости - поперечини, що підтримують стулки, розташовуються між стулками в двостулкових і багатостулкових вікнах.

Штульп - пластиковий профіль, який так само, як і імпост, служить для з'єднання двох стулок, але на відміну від вікна з імпостом одна стулка є залежною від іншої при відкриванні й не має віконної ручки. Цю стулку можна відкрити, лише відкривши основну стулку з ручкою

Стулки з штульпом - використовуються, коли при закриванні вікна його стулки входять один в одного. Перегородки між стулками в даному випадку відсутні.

Наличник - дерев'яна або пластикова профільована рамка, що обрамляє віконний отвір.

Підвіконня - деталь нижньої частини внутрішнього обрамлення віконного отвору; дошка або плита, укладається на рівні нижнього бруса віконної коробки.

Наплав - виступ профілю стулки, призначений для установки ущільнюючої прокладки і перекриває зазор у притворі.

Притвор - місце примикання; вузол рухомого з'єднання стулки віконного блоку з брусками коробки [18].

По конструкції поділяють вікна на вікна з одинарним, подвійним і потрійним склінням.

Скління ділиться на звичайне і склопакет.

Вікна з подвійним і потрійним склінням діляться на вікна зі спареними і роздільними плетіннями.

Вікна з роздільними плетіннями - вікна, що складаються з коробки, на яку навішені стулки, фрамуги і кватирки, що відкриваються в одну або різні сторони.

Вікна зі спареними плетіннями - вікна, в яких зовнішній і внутрішній палітурки зближені до зіткнення стяжками й утворюють як би одну палітурку, що має достатню жорсткість. І внутрішній палітурка навішується на петлі до коробки.

Роздільно-спарені віконні блоки - комбінація вікон зі спареними і з роздільними стулками. Причому, зовнішні стулки у таких вікон одинарні, а внутрішні - спарені.

Вікно будь-якої конструкції включає в себе віконний блок, який може бути виконаний з дерева, пластику, алюмінію, склопластику або комбінації матеріалів, скла або склопакети, фурнітуру, ущільнювальні прокладки, різні додаткові елементи: сливи, щілиновидні накладки, монтажні системи, москітні сітки, захисні жалюзі, віконниці, системи мікровентиляції і вентиляції приміщення [19].

Основними елементами отвору є вертикальні зрізи стіни (відкоси) і перемички, що визначають розміри вікна, забезпечують конструктивну захищеність рами і компенсують зміну міцності стіни.

Вікна з ПВХ. Полівінілхлорид (ПВХ) - це полімер, твердий продукт білого кольору, фізіологічно нешкідливий. ПВХ досить міцний, має хороші діелектричні властивості, має невисоку теплостійкість, обмежено розчинний. Полівінілхлорид одне з найбільш поширених пластиків, з яких отримують більш 3000 видів матеріалів і виробів. У виробництві вікон його використовують для виготовлення профілів.

Переваги вікон з ПВХ:

- довговічність;
- стійкість до всіх видів метеорологічних впливів: ПВХ не жолобиться сонцем, не боїться вологи, кислотних дощів, морозу;
- герметичність;
- екологічно чистий матеріал з допомогою спеціальних добавок, які вводять у ПВХ для віконних рам, щоб абсолютно унеможливити виділення готовими пластиками токсичних речовин;
- ПВХ не може підтримувати горіння;
- відсутність необхідності додаткової обробки (впродовж усього терміну експлуатації зберігають початковий колір);

- високі показники по теплозахисту і звукоізоляції;
- відсутність проблем, з утилізацією відходів виробництва;
- можливість точної підгонки деталей рам, висока технологічність виготовлення готових вікон.

Недоліки пластикових вікон:

- при ушкодженні здебільшого потрібно змінювати весь блок;
- відсутність в Україні систем утилізації відпрацьованих свій термін вікон [19].

За своєю конструкцією (рис. 1.9) всі пластикові вікна утворені тонкостінними порожніми профілями (як основними, так і додатковими), що мають кілька камер, заповнених повітрям. Залежно від пропонованих вимог, можуть використовуватися основні профілі з різною кількістю камер (як правило, трикамерні, чотирикамерні або п'ятикамерні). При цьому зі збільшенням числа камер зростає значення термічного опору профілю, а також його жорсткість. Товщина стінок профілю, в залежності від розташування (внутрішні та зовнішні), становить 1,5-3 мм.

Всередині основної камери встановлюється металева арматура, яка забезпечує жорсткість рами. По всьому контуру профілю рами і стулок проходить ущільнювач. У верхній і нижній частинах віконної рами фрезеруються вентиляційні отвори для відведення конденсованої вологи з внутрішніх площин, водовідвідні отвори, через які відходить волога, що потрапила під час дощу, пази для кріплення додаткових профілів, механізми відкривання стулок. Всі віконні системи включають в себе як профілі, призначені безпосередньо для виготовлення вікон - рами, стулки, імпоста, так і профілі, що дозволяють здійснити ефективний і якісний монтаж віконного блоку в отворі. Профілі рами, стулки, імпоста, а також профілі для орних безімпостних вікон (в деяких джерелах - профілі з націльною манжетою (штульпом) або планкою - так звані штульпові профілі) відносяться до групи основних профілів, які формують базу будь-профільної системи. Всі великі

виробники випускають по 5-7 найменувань основних профілів кожного виду, що дозволяє проектувальнику враховувати вимоги архітектури, статички і теплотехніки для різних кліматичних районів, в будівлях різної поверховості та орієнтації. При цьому в залежності від архітектурної композиції і розрахункових навантажень, основні профілі встановлюються в вікні в різних комбінаціях.

Камери склопакетів можуть бути заповнені висушеним повітрям, інертним газом (аргон – Ar, криптон – Kr, ксенон – Xe, або їхніми сумішами) [21]. Заповнення прошарку аргоном, криптоном або сумішшю газів потребує визначення складу газів, але існуючі методи цього контролю [14] є недостатньо точними і потребують багато часу для проведення випробувань [22]. Склопакети, в залежності від призначення, поділяються на склопакети загальнобудівельного призначення, склопакети будівельного призначення із спеціальними властивостями, стійкі при механічній дії, енергозберігаючі, сонцезахисні енергозберігаючі, морозостійкі, шумозахисні [14].

Стандартна схема - трикамерний профіль, два контури ущільнення і двокамерний склопакет - це оптимальний варіант. Всі профілі основних європейських виробників зроблені саме так.

В перше полівінілхлорид в лабораторних умовах вдалось отримати хіміку Ренгальду, ще у 1835 році. Але тільки через майже сто років матеріал сприйняли серйозно і розпочали підготовку до промислового виробництва. Перші тони ПВХ випустив американський концерн BASF.

Перші металопластикові вікна зовсім не користувались попитом. Покупців на них було мало і знаходилось багато скептиків, жорстко критикуючих цей матеріал. Це було пов'язане з тим, що на той час новинки сприймалися не одразу, потрібен був час, щоб прогрес переконав любителів класики в тому, що нове, не означає погане. Ще однією причиною не довіри до таких вікон було те, що розрахунки не одразу були ідеальними, часом

пластику надавали не властивих йому характеристик, тому рама просідала та деформувалась.

Трішки згодом, а саме у 1952 році, німецький конструктор Паші запатентував технологію виробництва пластикових вікон з використанням пластику. На той час вони були ще зовсім не схожими на ті рами, до яких ми звикли зараз. Це були металеві конструкції обшиті м'яким та напівм'яким пластиком.

У квартирі пластикові вікна з використанням твердого полівінілхлориду, який мав армовані сталеві смуги, вперше з'явилися лише у 1959 році, у результаті промо-акції німецької компанії, яка встановила їх безкоштовно у помешканні свого першого клієнта. І вже через кілька років пластикові конструкції були влаштовані у багатьох мешканців Америки та Європи.

Коли з'явилися перші конструкції, які відповідали всім інженерним вимогам, перед розробниками виникла інша задача, а саме продовження терміну служби вікон. На той час він був значно менший, ніж термін служби дерев'яних конструкцій, що було суттєвим недоліком. Завдання було поставлене продовжити використання ПВХ профілю до терміну експлуатації дерев'яних вікон. У результаті довгих експериментів було досягнуто того, що сучасні вікна мають термін служби понад 40 років. Вдалось цього досягти за допомогою оксиду титану, стабілізаторів та інших хімічних домішок.

Згодом вдалось досягти і екологічності пластикових вікон. З них виключили свинець та важкі метали, за допомогою яких досягали білизни конструкції, і замінили на більш екологічний кальцій та цинк.

До нас такі вікна прийшли в середині 90х років. Ринок вони завоювали одразу, оскільки потребували набагато менше догляду, мають тривалий термін експлуатації, а також завдяки своїй звуко- та теплоізоляції [23].

Батьківщиною сучасних вікон з ПВХ, за загальним визнанням є Німеччина. Саме тут в 1954 році фірмою "Trosal" віконні профілі з ПВХ були вперше запуснені в серійне виробництво. На сьогоднішній день за

різноманітністю віконних профілів, віконні ПВХ-системи є найбільш гнучкими і технологічними. Відносно низька вартість сировини і виробництва, поряд з хорошими фізичними характеристиками (низька теплопровідність, досить висока хімічна стійкість), зробили їх наймасовішими в центральній Європі.

Разом з тим, експлуатація вікон з ПВХ в країнах з суворим континентальним кліматом, до числа яких належить і Україна, пов'язана з певними технічними обмеженнями, зумовленими специфічними властивостями ПВХ.

За своїм хімічним складом ПВХ відноситься до групи термопластів, для яких характерно швидке зниження механічних властивостей при підвищенні температур, обумовлене лінійною будовою молекул полімеру і їх малим зв'язком один з одним, що знижується при нагріванні. Така будова обумовлює сильну залежність властивостей ПВХ від температури [24].

В даний час більшість профілів поставляється на український ринок з Німеччини. Базові випробування для ПВХ німецького виробництва проводяться при температурі $+20^{\circ}\text{C}$. При зниженні температури його ударна в'язкість падає (збільшується крихкість), відносне подовження при розриві зменшується, а міцність на стиск і вигин підвищується. З підвищенням температури відносне подовження при розриві збільшується, міцність на стиск і вигин падає. У зоні температур від $+10^{\circ}\text{C}$ до $+40^{\circ}\text{C}$ механічні характеристики зменшуються дуже незначно, і в більшості випадків цими змінами можна знехтувати.

У зоні негативних температур може використовуватися тільки так званий модифікований ПВХ, що містить спеціальні добавки, що збільшують його ударну в'язкість при температурах нижче 0°C . Такий ПВХ здатний добре сприймати динамічні навантаження при температурі не нижче -40°C .

ПВХ має дуже високий коефіцієнт температурного розширення. ПВХ має коефіцієнт в 10 разів більший порівняно зі склом. Таке співвідношення

величин призводить до того, що температурні деформації, а відповідно, і напруги в профілі і склінні, різко відрізняються за величиною. Вікна втрачають ущільнення, при цьому в профілях починають накопичуватися залишкові деформації. Особливо болісно на температурні впливи реагують кольорові (не білі) профілі, які мають більш низькі міцності і здатні добре поглинати тепло.

Важливе місце займають системи скління, яким необхідно приділити особливу увагу.

Скло є традиційним матеріалом, що використовується в якості заповнення світлового отвору. До недавнього часу для зменшення тепловтрат використовувались традиційні системи застосування двох і трьох скляних конструкцій з великими повітряними проміжками. В теперішній час невід'ємною складовою частиною вікон став склопакет [25].

Склопакет - це будівельний виріб з двох або більше листів скла, з'єднаних по периметру металевою рамкою (рис. 1.10). Замкнуті порожнини між склом заповнюються висушеним повітрям. Застосовується для скління будівель.

Залежно від числа камер склопакети діляться на однокамерний і двокамерні [26].

Однокамерним називається такий склопакет (рис. 1.11 а), котрий складається з двох скляних полотен, розділених дистанційною рамкою. Дистанційна рамка буває різної товщини, що дозволяє коригувати загальну товщину склопакету. В однокамерному склопакеті можна використовувати скло різної товщини, різної прозорості та різними теплозахисними характеристиками, завдяки чому можна отримати однокамерні склопакети з різними властивостями. Як правило, використовують склопакет товщиною 24 мм. В звичайних однокамерних склопакетах використовують два скла товщиною по 4 мм, та дистанцією між ними 16 мм [27].

Рисунок 1.10 – Конструкція склопакета: 1 – скло, 2 – дистанційна рамка, 3 – осушувач, 4 – внутрішній герметик, 5 – зовнішній герметик.

Двокамерним називається такий склопакет (рис. 1.11 б), котрий складається з трьох скляних полотен, розділених двома дистанційними рамками, завдяки яким і отримуються дві камери. Двокамерний склопакет теж може бути різної товщини. Найменша товщина склопакету двокамерного склопакету це 24 мм, досягається використанням дистанцій між скляними полотнами по 6 мм. Використовувати двокамерний склопакет товщиною 24 мм не рекомендується. Кращим є застосування двокамерного склопакету товщиною 32 мм. В двокамерному склопакеті, як і в однокамерному, можна використовувати скляні полотна різних товщин та характеристик [27].

Рисунок 1.11 – Склопакет: а) – однокамерний, б) – двокамерний

Переваги вікон із ПВХ:

- тривалий термін служби. Довговічність досягається завдяки використанню матеріалів, з яких виготовляється дана продукція.
- чудова герметичність. Ретельно підігнані гумові ущільнювачі сприяють герметичності, захищаючи приміщення від пилу, шуму і проникнення холодного або гарячого повітря.
- зручність в обслуговуванні. Відпадає потреба ремонту, забарвлення і лакування рам. Прибирання здійснюється звичайними миючими засобами.

Недоліки вікон із ПВХ:

- герметичність. Щільно закриті вікна та двері, якщо не провітрювати приміщення, сприяють створенню парникового ефекту.

- схильність пошкоджень. Сліди таких нанесених «каліцтв», як подряпини, потертості і пролом рами - не «заживають». Для їх усунення доведеться викликати фахівців [28].

Впровадження в практику будівництва одноствулкових вікон з вузькою коробкою з ПВХ спричинило ряд помилок при проектуванні зовнішніх стін будівель, а також при монтажі в них цих світлопроникних конструкцій, що полягають в неврахуванні при теплотехнічних розрахунках і розробці проектів особливостей розташування вікон в прорізах стін.

Одна із помилок первинного впровадження таких вікон пов'язана з малою шириною пластмасових коробок і стулочок віконних блоків в межах 70 мм, у зв'язку з чим на внутрішніх поверхнях коробок і віконних укосів, як в одношарових, так і двошарових стінах виникають зони зі зниженими температурами, що призводять до випадання конденсату або у ряді випадків їх промерзання.

Крім визначення розташування віконного блоку в товщі зовнішньої стіни при проектуванні слід враховувати і теплотехнічні втрати крізь вузли їх примикання до стін.

Для вирішення поставлених задач потрібно дослідити яким чином розподілені теплові поля в товщі стіни, а точніше як розташовуються ізотерми зовнішніх стінах для того, щоб визначити місце розташування вікна по товщині стіни, в залежності від температури регіону розташування будівлі.

1.2 Огляд карти температурних режимів України

На клімат України, як і будь-якої іншої ділянки суходолу, впливають такі чинники:

- географічна широта,
- абсолютна висота,
- рельєф,
- віддаленість від морів і океанів,
- наявність поблизу океанічних течій,
- розміщення на материк (розміри і частина материка),
- характер підстилаючої поверхні (колір, рослинність, мікроформи рельєфу).

Головним із чинників, що обумовлює особливості розвитку кліматотвірних процесів, є географічна широта. Географічною широтою зумовлене існування в Україні помірного клімату з переважаючими західними вітрами і чітко вираженими змінами кліматичних явищ за сезонами.

Відсутність гірських систем на північному заході України, а також у північному і східному напрямках робить її терени відкритими для проникнення повітряних мас з Атлантики, Арктики та центральної частини Євразійського материка.

Особливості помірно-континентального типу клімату в Україні зумовлені не тільки віддаленістю її від океану, а значною мірою тим, що країна розміщена саме в західній частині материка.

Середні величини альбедо за рік на теренах України змінюються від 24% на півночі до 17% на півдні (за зимовий період від 60% до 25% відповідно). Значні відмінності взимку, в основному, пов'язані зі стійкістю снігового покриву, а влітку вони згладжуються. На території України, яка розмішена в помірних широтах, середньорічна величина сумарної сонячної радіації

становить від 95 ккал/см² (4200 МДж/м²) на півночі до 125 ккал/см² (5200 МДж/см²) на Південному узбережжі Криму зарік.

Різницю між поглинутою сонячною радіацією і величиною теплового випромінювання підстилаючої поверхні називають радіаційним балансом. Він може бути додатним (удень, улітку) і від'ємним (вночі, взимку). На клімат України впливають арктичні, помірні і тропічні повітряні маси.

Арктичне повітря формується над Арктикою. Воно холодне, сухе, чисте. Не зустрічаючи перешкод, воно проникає далеко на південь Східноєвропейської рівнини. Взимку арктичні маси приносять морозну суху та малохмарну погоду, навесні та восени - заморозки.

Помірні повітряні маси формуються в середніх широтах і дуже відрізняються своїми властивостями від арктичних. На терени України вони приходять здебільшого з Атлантики у вигляді західних вітрів. Морське помірне повітря з Атлантичного океану, просуваючись на схід, поступово віддає свою вологу. Влітку воно зменшує спеку, особливо на заході України, підвищує вологість повітря і приносить опади, а взимку пом'якшує морози, викликає снігопади і відлиги.

Континентальне помірне повітря надходить в Україну переважно з внутрішніх районів Євразії і надає клімату сухості. Взимку встановлюється ясна і морозна погода, а влітку - суха, ясна і спекотна.

На клімат України впливають і тропічні повітряні маси, морські - з боку Середземного моря, континентальні - з внутрішніх районів Євразійського континенту. Вони завжди теплі, мають високу температуру. Сформувавшись над субтропічними районами Атлантики і прийшовши на Україну, морське тропічне повітря переважно зумовлює влітку теплу похмуру погоду із затяжними дощами, а взимку - різке потепління. Континентальне тропічне повітря з внутрішніх районів Азії бідне на вологу, але містить багато пилу. Воно спричиняє спекотну і суху погоду, а інколи посухи та суховії.

Антициклони і циклони переміщуються на територію здебільшого з заходу на схід. Це зумовлено західним перенесенням повітря у помірних широтах, в яких розміщена територія України. Тривалість "життя" циклону від 1-2 до 5-7 діб, антициклону - до кількох тижнів. Тому для України пересічна річна кількість днів з циклонами (130) менша, ніж з антициклонами (235), хоч за рік над територією нашої країни проходить понад 45 циклонів і 35 антициклонів. Найчастіше циклони спостерігаються з листопада до березня, найрідше - наприкінці весни.

Формуються циклони і антициклони переважно в одних і тих районах земної кулі. Циклони, що надходять на територію України, зароджуються протягом року північніше Ісландії (Ісландський мінімум). Антициклони пов'язані в більшості випадків з діяльністю Азорського максимуму. Влітку антициклони інколи заходять у межі України з Арктичного, а взимку з Азіатського максимумів. Вони, на відміну від перших центрів дії атмосфери, мають сезонний характер.

Характеризуючи погоду, говорять про температуру повітря, опади, вологість а також деякі атмосферні процеси, їх називають метеорологічними елементами.

Температура повітря змінюється відповідно до сонячної радіації, а отже знижується з півдня на північ. Середньорічна температура повітря в Україні коливається від +11°C... +13°C на півдні до +5°C... +7°C на півночі [29].

Поділ території України на кліматичні райони та підрайони (рис. 1.12, табл. 1.1) зроблено на основі комплексного аналізу впливу середньомісячної температури повітря у січні та липні, середньої швидкості вітру у січні, середньої місячної відносної вологості повітря у липні та середньої річної кількості опадів на типологію будинків [30].

Пересічна середня температура найхолоднішого місяця (січня) змінюється від -7°C ... -8°C на північному сході країни до $+2^{\circ}\text{C}$... $+4^{\circ}\text{C}$ на Південному узбережжі Криму. В окремі роки спостерігаються зниження середньомісячних температур до -15°C .

Таблиця 1.1 - Кліматологічні показники (характеристики) архітектурно-будівельних кліматичних районів та підрайонів.

Кліматичний район, підрайон		Температура повітря, $^{\circ}\text{C}$				Кількість опадів за рік, мм	Відносна вологість у липні, %	Середня швидкість вітру у січні, м/с
		середня за		абсолютний мінімум	Абсолютний максимум			
		січень	липень					
I – Північно-західний		Від -5 до -8	Від 18 до 20	Від -37 до -40	Від 37 до 40	Від 550 до 700	Від 65 до 75	Від 3 до 4
II – Південно-східний		Від -2 до -6	Від 21 до 23	Від -32 до -42	Від 39 до 41	Від 400 до 500	Менше 65	Від 4 до 6
III – Українські Карпати	ША – Гірсько-карпатський	-7	14	-38	35	1600	Від 77 до 81	3
	ШБ - Закарпатський	-4	19	-32	39	1000	Більше 70	3
IV – Південний берег Криму		3	23	-20	39	600	Менше 60	Від 4 до 5
V – Кримські гори		-4	16	-27	32	1060	70	Від 4 до 5

У найтеплішому місяці (липні) середньомісячна температура змінюється від $+17^{\circ}\text{C}$... $+19^{\circ}\text{C}$ на півночі та північному заході країни до $+22^{\circ}\text{C}$... $+23^{\circ}\text{C}$ у південних районах, $+25^{\circ}\text{C}$ - на Південному узбережжі Криму.

Січеві ізотерми мають, в основному, напрямок з північного заходу на південний схід, а липневі - з південного заходу на північний схід. Отже, йдуть вони майже перпендикулярно одні до одних, а тому різниця температур найхолоднішого і найтеплішого місяця (амплітуда температур) змінюється з заходу на схід. Ця особливість клімату пов'язана з зменшенням впливу на нього Атлантичного океану. Водночас посилюється вплив материка, тобто континентальність клімату.

Зростання континентальності клімату з заходу на схід підтверджується і тим, що абсолютні мінімальні температури (нижче -40°C) спостерігаються на сході, а абсолютні максимуми ($+41^{\circ}\text{C}$... $+42^{\circ}\text{C}$) - на південному сході України.

З 01.04.2017 вступив в дію ДБН В.2.6-31:2016 [31], яка затверджена наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 8 липня 2016 року №220.

За ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» карта-схема температурних зон України (рис. 1.13) має дві температурні зони.

Рисунок 1.13 – Карта-схема температурних зон України

Теплотехнічні розрахунки огорожувальних конструкцій будівель виконуються з урахуванням розрахункових значень температури атмосферного повітря, наведених у нормативному документі [30]. Нормами встановлено чотири розрахункові значення мінімальної температури повітря холодного періоду (табл. 1.2), які використовуються залежно від призначення й масивності конструкцій, зокрема температури найхолоднішої доби та найхолоднішої п'ятиденки із забезпеченостями 0,92 і 0,98, що відповідають періодам повторюваності один раз на 12,5 та один раз на 50 років. Так як територіально Україна лежить у помірно континентальній області помірного кліматичного поясу, та температури найхолоднішої п'ятиденки (рис. 1.13) не опускаються нижче -25°C , конструкція огорожень житлових приміщень не встигає промерзати. Тому теплотехнічні розрахунки вдаліше виконувати на основі температур найхолоднішої п'ятиденки із забезпеченістю 0,92 (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Температура зовнішнього повітря

Область, місто	Температура повітря, $^{\circ}\text{C}$
----------------	---

	Найхолодніша доба забезпеченістю		Найхолодніша п'ятиденка забезпеченістю	
	0,98	0,92	0,98	0,92
	1	2	3	4
Автономна Республіка Крим				
Ай-Петрі	-24	-22	-20	-18
Клепиніне	-27	-25	-23	-21
Сімферополь	-22	-20	-18	-15
Феодосія	-22	-19	-17	-15
Ялта	-10	-8	-7	-6
Вінницька область				
Вінниця	-29	-26	-25	-21
Волинська область				
Ковель	-28	-25	-23	-21
Луцьк	-27	-24	-22	-20
Дніпропетровська область				
Дніпропетровськ	-29	-27	-26	-24
Комісарівка	-27	-25	-22	-20
Кривий Ріг	-26	-23	-18	-17
Донецька область				
Донецьк	-29	-27	-24	-22
Житомирська область				
Житомир	-29	-25	-24	-22
Овруч	-29	-26	-23	-21

Продовження таблиці 1.2

	1	2	3	4
Закарпатська область				
Берегово	-22	-18	-18	-15
Міжгір'я	-22	-21	-17	-15
Плай	-26	-24	-22	-20
Рахів	-23	-20	-18	-15
Ужгород	-25	-23	-21	-18
Хуст	-27	-22	-20	-16
Запорізька область				
Гуляйполе	-28	-25	-23	-21
Запоріжжя	-27	-24	-23	-21
Кирилівка	-28	-25	-23	-22

Івано-Франківська область				
Івано-Франківськ	-26	-24	-22	-20
Пожежевська	-26	-24	-22	-20
Кіровоградська область				
Гайворон	-29	-26	-25	-22
Знам'янка	-29	-27	-25	-22
Кіровоград	-30	-26	-25	-22
Київська область				
Київ	-29	-26	-25	-22
Миронівка	-29	-26	-25	-22
Луганська область				
Луганськ	-32	-29	-27	-25
Львівська область				
Львів	-25	-24	-20	-19
Миколаївська область				
Миколаїв	-26	-23	-22	-20
Одеська область				
Ізмаїл	-22	-19	-17	-15
Любашівка	-27	-24	-21	-19
Одеса	-24	-21	-20	-18
Роздільна	-25	-22	-20	-17
Сарата	-25	-22	-22	-20
Полтавська область				
Лубни	-29	-26	-25	-23
Полтава	-30	-27	-25	-23
Рівненська область				
Рівне	-27	-25	-22	-21

Продовження таблиці 1.2

	1	2	3	4
Сарни	-27	-25	-23	-21
Сумська область				
Ромни	-29	-26	-25	-23
Суми	-30	-29	-27	-25
Тернопільська область				
Тернопіль	-26	-24	-22	-20
Харківська область				
Лозова	-30	-27	-26	-22
Харків	-31	-28	-26	-23
Херсонська область				
Асканія-Нова	-26	-24	-23	-20
Генічеськ	-27	-24	-23	-19
Херсон	-27	-23	-23	-19
Хмельницька область				
Хмельницький	-26	-25	-22	-21
Черкаська область				
Золотоноша	-29	-26	-24	-21
Умань	-29	-25	-24	-20
Черкаси	-29	-26	-24	-21
Чернівецька область				
Чернівці	-26	-24	-22	-20
Чернігівська область				
Семенівка	-32	-29	-28	-24
Чернігів	-31	-28	-27	-23

Так як температури найхолоднішої п'ятиденки регіонів України мають досить не впорядкований територіальний характер, буде важко розділити територію України на конкретні температурні зони.

Проблема полягає у тому, що чинні норми [30], розроблені для території України, установлюють розрахункові значення температури повітря лише для 57-ми міст України. Недостатня детальність цих норм і складність поділу території України на температурні зони, викликали необхідність складання карти України (рис. 1.14) з позначенням на ній всіх 57 міст України з вказаними температурами холодного періоду найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92 за таблицею 1.2.

В якості апарату для досліджень температурних полів і передачі тепла для вузлів примикань світлопрозорих огорожуючих конструкцій до стін використано програму THERM, яка є у вільному доступі на сайті Національної лабораторії Лоуренса Берклі (windows.lbl.gov) [34] і дозволяє дослідити розподілення температур в товщі цегляної стіни і в вузлі примикання вікна до стіни [33].

THERM – сучасна комп'ютерна програма, що функціонує під управлінням операційної системи Microsoft Windows™, розроблена в Лоуренс Берклі Лабораторії (LBNL) Каліфорнійського університету (США) для використання виробниками будівельних конструкцій, інженерами, педагогами, студентами, архітекторами, і всіма, хто цікавиться вивченням процесу теплопередачі [32].

Програма THERM у всіх інформаційних джерелах викладена на англійській мові, тому виникла потреба викладення методики використання програмного комплексу на українській мові. Для дослідження температурних полів програма THERM потребує додаткову нормативну літературу і коефіцієнти для характеристики матеріалів та навколишнього середовища.

Викладені далі послідовні методичні вказівки отримання результатів в програмному комплексі THERM українською мовою можуть стати в нагоді студентам, магістрантам та науковцям.

1.3 Висновки з розділу

1. По сукупності вимог, що пред'являються до віконних конструкцій (доступність початкової сировини і простота обробки; хімічна стійкість і зручність обслуговування; позитивні теплотехнічні показники), вікна з ПВХ є найбільш перспективною технологією з точки зору масового будівництва.

2. Застосування вікон з ПВХ в масовому будівництві замість традиційних дерев'яних є величезним резервом для економії природних ресурсів. Адже лісові ресурси не безмежні, і заповнюються при втраті упродовж десятиліть.

3. Визначено основні напрямки досліджень вузлів примикань віконних блоків, а саме визначити оптимальні місця розташування вікон в товщі стіни з метою зниження тепловтрат і підвищення енергоефективності існуючих та нових будівель.

4. В якості апарату для досліджень температурних полів і передачі тепла для вузлів примикань світлопрозорих огорожувальних конструкцій до стін вирішено використовувати програму THERM.

5. Для більш детального охоплення усіх температурних зон України була складена кліматична карта з позначенням на ній 57 міст (відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010) [30] з вказаними температурами найхолоднішого періоду. Розрахункові значення температури зовнішнього повітря прийняті в межах від -25°C до -5°C з кроком дослідження 5°C .

2 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВИХ ПОЛІВ У СТІНОВИХ КОНСТРУКЦІЯХ І ВУЗЛАХ ПРИМИКАНЬ ВІКОННИХ БЛОКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ THERM

2.1 Програмний комплекс THERM для розрахунку теплових полів у стінових конструкціях і вузлах примикань віконних блоків

2.1.1. Введення в програмний комплекс THERM

Розрахунок теплових полів у стінових конструкціях і вузлах примикань світлопрозорих конструкцій виконуються за допомогою програмного комплексу THERM6.0.

Використання THERM, дозволяє моделювати двовимірну теплопередачу в компонентах будівлі, таких як вікна, стіни, підлоги, даху і дверей. Аналіз теплопередачі с допомогою програми THERM дозволяє оцінити енергетичну ефективність та локальні температури зразка, що дозволяють вирішити питання, пов'язані з конденсацією, вологістю матеріалу виробу і його герметичністю.

Двовимірний аналіз теплопередачі програми THERM заснований на методі кінцевих елементів, який може моделювати складні конфігурації будівельних конструкцій. Графічний інтерфейс програми дозволяє малювати поперечні перерізи конструкцій або їх компонентів для подальшого теплотехнічного розрахунку. Для створення поперечних перерізів є можливість обведення імпортованих файлів в DXF або растровому форматі, або безпосереднє креслення геометрії конструкції по відомим розмірами. Кожне поперечний переріз представляється комбінацією багатокутників. Задаються властивості матеріалів для кожного багатокутника і умови середовища навколишнього розраховується конструкцію, визначаючи тим самим граничні умови, що оточують поперечний переріз. Після завдання моделі, подальші кроки розрахунку (створення розрахункової сітки і

розрахунок теплопередачі) виконуються автоматично. Після цих дій можна переглянути результати розрахунку в різній формі, включаючи U-фактор (коефіцієнт теплопередачі), ізотерми, вектори теплового потоку, і локальні температури.

Версія THERM 6.0 включає кілька нових технічних характеристик і особливостей інтерфейсу користувача; найважливіша з них - алгоритм радіаційного теплообміну з урахуванням взаємного опромінення і затінення розраховуються поверхонь. Ця здатність збільшує точність обчислень в ситуаціях, де аналізується неплоскі поверхні, які мають різні температури і обмінюються променистою енергією.

THERM - це самостійний модуль програми WINDOW, що розробляється в LBNL. Результати розрахунку за програмою THERM можуть використовуватися з оптичними і теплотехнічними характеристиками центральній частині скління, що розраховується за програмою WINDOW, щоб визначити загальний коефіцієнт теплопередачі вікна (U-фактор вікна) і коефіцієнт пропускання сонячної радіації.

2.1.2. Призначення та можливості програмного комплексу THERM

Особливості обчислення:

- моделювання кутових коефіцієнтів (опроміненості) з урахуванням затіненості і самоопромінення. Це особливо корисно для моделювання конструкцій типу вікон оранжерей, зенітних ліхтарів, тощо;

- вдосконалене моделювання випромінювання для порожнин рами вікна необхідно для обліку ефекту самоопромінення елементів порожнин;

- при виборі моделювання типу "Індекс Конденсації" використовується локальна (в протилежність середньому числу) кореляція конвекції в склінні порожнин, що призводить до точніших локальних температур, ніж в попередніх версіях.

THERM має три основні компоненти:

- графічний інтерфейс користувача, який забезпечує відображення поперечного перерізу конструкції або його компонента, для якого виконується теплотехнічний розрахунок;

- компонент аналізу теплопередачі, який включає: автоматичний генератор розрахункової сітки для кінцево- елементного аналізу, модуль рішення рівнянь для отриманих елементів сітки, оцінної функції помилки рішення і не обов'язкової моделі випромінювання з урахуванням самоопромінення і затіненості;

- модуль показу результатів розрахунку (displayer).

2.1.3. Аналіз теплопередачі

THERM використовує рішення двовимірної (плоскою) задачі теплопровідності і радіаційний аналіз теплопередачі, ґрунтований на звичайно-елементному методі, який може моделювати складні конфігурації світлопрозорих конструкцій і інших компонентів будівлі. (Повне обговорення методу рішення доступне в Finlayson 1995 і Curcija та ін. 1995). Цей метод вимагає, щоб поперечний переріз був представлений у вигляді сукупності чотирикутних осередків (кінцевих елементів) розрахункової сітки. Цей процес виконується програмою THERM автоматично, використовуючи метод побудови послідовності чотирикутника. Як тільки задали геометрію поперечного перерізу, властивості матеріалів і граничні умови, THERM створює розрахункову сітку поперечного перерізу, виконує розрахунок системи рівнянь теплопередачі і оцінку погрішності, удосконалює сітку у разі необхідності, і видає рішення.

Результати теплотехнічного розрахунку світлопрозорих конструкцій або інших компонентів будівлі можуть бути представлені в THERM як:

- ізотерми;
- зображення векторів теплового потоку;
- колірні лінії теплового потоку;
- температури (локальне і середнє число, максимум і мінімум).

2.2 Загальна характеристика програмного комплексу THERM

2.2.1. Призначення та можливості програмного комплексу THERM

THERM - сучасна комп'ютерна програма, що функціонує під управлінням сімейств операційних систем Microsoft Windows™. Програма розроблена в Лоуренс Берклі Лабораторії (LBNL) Каліфорнійського університету (США) для використання виробниками будівельних конструкцій, інженерами, педагогами, студентами, архітекторами, і всіма, хто цікавиться вивченням процесу теплопередачі. Використовуючи THERM, можна моделювати двовимірну теплопередачу в частинах будівлі, таких як вікна, стіни, підлоги, дахи та двері. Аналіз теплопередачі за допомогою програми THERM дозволяє оцінити енергетичну ефективність виробу чи конструкції та локальні температури зразка, вирішити питання, пов'язані з конденсацією вологи, зволоженням матеріалу та тепловою надійністю конструкції.

Двовимірний аналіз теплопередачі в програмі THERM заснований на методі скінчених елементів, використання якого дозволяє моделювати складні конфігурації будівельних конструкцій. Графічний інтерфейс програми дозволяє креслити поперечні перерізи конструкцій або їх компонентів для подальшого теплотехнічного розрахунку. Для побудови поперечних перерізів є можливість трасування (обведення) імпортованих файлів формату DXF або растрового формату, безпосереднє викреслювання геометрії конструкції за відомими розмірами засобами THERM, а також імпортування креслень програмного комплексу AutoCAD формату DXF. Поперечний переріз представляється комбінацією багатокутників. Користувач задає властивості матеріалів для кожного багатокутника, властивості середовища навколо конструкції та умови теплообміну між конструкцією й середовищем, визначаючи тим самим граничні умови навколо поперечного перерізу конструкції.

Після формування моделі конструкції, подальші кроки розрахунку (створення розрахункової сітки і розрахунок теплопередачі) виконуються автоматично. Користувач може переглядати результати розрахунку в різній формі, включаючи коефіцієнт теплопередачі (U-фактор), ізотерми, вектори теплового потоку та локальні температури в окремих точках конструкції. Програма дозволяє легко змінювати окремі розрахункові параметри вже створеної моделі, що дозволяє проводити всесторонній аналіз роботи конструкції в різних кліматичних умовах, обирати оптимальні матеріали та розміри елементів тощо.

2.2.2 Робочий екран програми THERM

При старті програми розкривається робочий екран, в якому користувач редагує схему перерізу конструкції, вибирає необхідні характеристики компонентів (матеріали, їх властивості, граничні умови тощо) і виконує теплотехнічний розрахунок. Вигляд робочого екрану з позначенням його основних компонентів наведено на рисунку 2.1.

Зображений на рисунку 1 робочий екран програми THERM складається з наступних компонентів:

- Заголовок програми – показує назву програми та активного в даний час робочого файлу.
- Панель меню – знаходиться під заголовком програми й містить пункти головного меню, з яких доступні підменю. Через головне меню користувач може встановити опції креслення, задати матеріал і граничні умови, запустити розрахунок задачі. Вибір пунктів меню за допомогою лівої клавіші миші або клавіші Enter викликає активізацію відповідного розділу головного меню з появою набору пунктів підменю.

Рисунок 2.1 - Робочий екран програми THERM

- Панель інструментів – містить кнопки для найчастіше вживаних операцій, кожна з яких відповідає певному пункту меню. Кнопки активізуються шляхом натискування лівої клавiші миші.
- Область креслення – домінуюча частина Робочого екрану (білого кольору), призначена для креслення геометрії перетину.
- Початок координат – перехрестя в області креслення, що показує точку ескізу з координатами (0,0).
- Локатор – невелике коло, центр якого при старті програми за замовчуванням співпадає з початком координат. Локатор вказує на точку вставки чергового компонента креслення.
- Панель курсора надає числову інформацію про поточні координати графічного курсора.
- Панель повідомлень інформує про поточну виділену кнопку панелі інструментів або активований пункт меню.

2.3 Порядок виконання розрахунків за допомогою програмного комплексу THERM

Для визначення термічного режиму огорожувальної конструкції (побудови двовимірного температурного поля) необхідно виконати таку послідовність дій:

- накреслити схему конструкції;
- задати матеріали елементів конструкції;
- задати граничні умови;
- виконати розрахунок, переглянути результати і сформувати звіт.

Технологія виконання кожного із вказаних етапів розрахунку більш детально описана нижче.

2.3.1 Креслення з використанням "миші"

Ця методика найбільш прийнятна для використання при трасуванні (обведенні ліній) кальки. При кресленні моделі за заданими розмірами використання клавіатури може бути більш швидким і точним, ніж використання "миші". Розглянемо необхідні кроки при трасуванні за калькою багатокутника (полігону).

1. Щоб накреслити перший багатокутник, натисніть кнопку  на панелі інструментів, або використайте пункт меню **Draw/Polygon** [Креслення/Полігон].

2. Виберіть матеріал для багатокутника зі списку матеріалів у правій секції інструментальної панелі.

3. Помістіть курсор в точку області креслення, з якої необхідно почати креслення першого багатокутника.

4. Натисніть ліву клавішу миші, щоб встановити вихідну точку для першої лінії. (THERM сумістить її з найближчою вершиною, якщо використовується DXF-файл).

5. Перемістіть "мишу" в потрібному напрямку по горизонталі чи вертикалі, тоді лінія буде слідувати за "мишею". В кінцевій точці натисніть ліву клавішу миші, після чого THERM накреслить лінію. Нова точка автоматично створюється в кінці відрізка цієї лінії.

6. Наступні сторони багатокутника креслять таким же способом, переміщуючи курсор у кінець чергової сторони та натискаючи ліву клавішу миші, щоб зафіксувати цю точку.

7. Остання сторона багатокутника фіксується подвійним натискуванням лівої клавіші миші, або натискуванням на першу точку багатокутника, або натискуванням клавіші "C", щоб завершити багатокутник.

Виділення багатокутників може здійснюватися такими способами:

– Натисканням лівої клавіші "Миші": помістіть курсор "миші" в межах багатокутника, який потрібно виділити, і натисніть ліву клавішу. Якщо багатокутник виділений, його вершини зображаються у формі квадратів.

– Ctrl або Shift + ліва клавіші "миші": для виділення декількох багатокутників потрібно утримувати клавішу Ctrl або Shift і вказувати курсором "миші" на потрібні багатокутники.

– Tab: при кожному натискуванні клавіші табуляції програма виділяє наступний багатокутник. Це хороший спосіб для виділення дуже малих елементів, які важко виділити безпосередньо "мишею".

Переміщення багатокутників здійснюється такою послідовністю дій:

1. Натиснути "мишею" кнопку  на панелі інструментів, або вибрати в меню команду **Draw/Move polygon** [Креслення/Перемістити].

2. Встановити курсор "миші" всередину багатокутника, який необхідно перемістити. Утримуючи ліву клавішу "миші" затиснутою, перемістити обраний багатокутник у нове положення, після чого відпустити клавішу "миші" для його фіксації в новому положенні.

При необхідності переміщення багатокутника строго вертикально або строго горизонтально, слід при його переміщенні затиснути клавішу Shift.

Видалення багатокутників здійснюється натискуванням клавіші Del, коли на кресленні виділено один чи декілька елементів. З'являється запит на підтвердження видалення; якщо відповісти клавішею Enter, виділені елементи зникнуть. Для відновлення помилково видалених елементів слід натиснути Ctrl+Z або використати команду меню Edit/Undo [Правка/Відміна].

Переміщення точки (вершини багатокутника) в довільному напрямку здійснюється таким чином:

1. Натисніть "мишею" на кнопку панелі інструментів **Edit_Points** [Правка_Точок], або використовуйте пункт меню **Draw/Edit_Points** [Креслення/Правка_Точок], або підведіть курсор миші до точки і виділеного полігону (можливі варіанти в різних версіях програми).

2. Виділіть багатокутник (натискаючи ліву кнопку миші, у той час як курсор встановлений всередині багатокутника) так, щоб його вершини відобразилися у формі квадратів.

3. Перемістіть курсор до переміщуваної точки.
4. Курсор з подвійною стрілкою відображається, коли він знаходиться в межах "липкої" відстані від точки.
5. Використовуйте **Step** [Розмір_Кроку] і клавіші управління курсором [▲▼▶◀], щоб перемістити точку, або тягніть точку з натиснутою лівою кнопкою миші. Лінії, приєднані до точки, переміщуються разом з нею.
6. При необхідності переміщення точки строго вертикально або горизонтально, затисніть клавішу Shift і ліву кнопку миші і переміщайте об'єкт.

Переміщення лінії (сторони багатокутника) здійснюється таким чином:

1. Виділіть багатокутник (натискаючи ліву кнопку миші) так, щоб його вершини відобразилися квадратами.
2. Натисніть лівою клавішею "миші" на кнопку панелі інструментів **Edit_Points** [Правка_Точок], або використовуйте пункт меню **Draw/Edit_Points** [Креслення/Правка_Точок].
3. Помістіть курсор "миші" поверх лінії, яку Ви хочете перемістити; курсор у вигляді чотирьох стрілок з'являється, коли Ви знаходитесь в положенні, що дозволяє перемістити лінію. Зверніть увагу, що Ви повинні бути поза межами "липкої" відстані до будь-яких прилеглих точок, щоб бачити стрілку з чотирма пунктами; використовуйте збільшення розміру, натискаючи праву кнопку миші, якщо відбувається "прилипання" до точок.
4. Коли курсор у вигляді чотирьох стрілок з'явився, утримуйте ліву кнопку миші і тягніть лінію до нового положення, або використовуйте клавіші руху курсора, щоб перемістити лінію на вказану відстань. Коли лінія на місці, відпустіть кнопку миші. Це змусить лінію переміститися, а відповідний багатокутник буде змінений.

При необхідності переміщення відрізка строго вертикально або горизонтально, при його переміщенні "мишею затисніть Клавішу Shift.

2.3.2 Робота з бібліотеками матеріалів

Програмний комплекс THERM передбачає можливість використання чотирьох типів матеріалів:

- Solid [Тверде тіло];
- Frame Cavity [Порожнина Рами];
- Glazing Cavity [Порожнина в склінні];
- External Radiation Enclosure [Зовнішня випромінююча оболонка].

THERM має фіксований набір зарані визначених матеріалів, які не можуть бути відредаговані (входи заблоковані). Для того, щоб переглянути характеристики цих матеріалів, необхідно відкрити Бібліотеку матеріалів, вибравши в меню пункт **Libraries/Set_Material** [Бібліотека/Матеріал], у результаті чого відображається блок діалогу **Material_Definitions** (Завдання_Властивостей). Список угорі блоку **Material_Definitions** дозволяє переглянути встановлені технічні характеристики будь-якого з матеріалів.

Характеристики матеріалів, визначених програмою THERM, можна лише переглядати, оскільки вони захищені від редагування. Інші матеріали можуть додаватися до Бібліотеки Матеріалів та редагуватися пізніше шляхом використання такої послідовності дій:

1. Відкрийте Бібліотеку матеріалів, вибравши в меню пункт **Libraries/Set Material** [Бібліотека/Матеріал], у результаті чого відображається блок діалогу **Material_Definitions** (Визначення_Властивостей).

2. Щоб задати новий матеріал, натисніть на кнопку **New** [Новий]. Щоб змінити характеристики раніше заданого Вами матеріалу, оберіть його в списку матеріалів і змініть необхідні параметри.

3. Надрукуйте назву нового матеріалу, якої немає в Бібліотеці, і натисніть на кнопку **OK**.

4. Тепер поля діалогу **Визначення_Властивостей** доступні для редагування. Набір полів для редагування залежить від **Material Type** [Тип Матеріалу], який Ви обираєте (тверде тіло, порожнину тощо).

5. Натисніть на кнопку **Color** [Колір], щоб вибрати колір для Вашого матеріалу (за замовчуванням синій).

6. Коли Ви задали властивості матеріалу, натисніть на кнопку **Save_Lib_As** [Зберегти_Бібліотеку_як], щоб зберегти матеріал в бібліотеці за замовчуванням [material.lib], для наступного використання.

7. Для **Solid** [Твердого] матеріалу після входу в розділ діалогу **Solid Properties** [Властивості_Твердих_Тіл] необхідно задати такі значення:

– **Conducivity** [Теплопровідність] – коефіцієнт теплопровідності в одиницях $SI - w/(m \times K)$;

– **Emissivity** [Коефіцієнт випромінювання]. За замовчуванням встановлене значення 0.9.

2.3.3 Робота з бібліотеками граничних умов

THERM містить власну Бібліотеку граничних умов **Boundary Condition Library**, яка захищені від редагування (вхід заблокований). Якщо Ви не знаходите потрібної граничної умови в списку, її можна додати до Бібліотеки граничних умов шляхом виконання таких операцій:

1. Відкрити Бібліотеку Граничних Умов, вибравши пункт меню **Libraries/Boundary_Condition_Library**; з'явиться блок діалогу **Boundary Conditions** [Граничні Умови]. Попередньо визначені THERM граничні умови не можуть бути відредаговані, але список можна використовувати для перегляду їх характеристик.

2. Щоб задати нову граничну умову, натисніть на кнопку **New** [Нова]. За запитом надрукуйте назву нової граничної умови, якої ще немає в бібліотеці і натисніть на кнопку ОК.

3. Використайте кнопку **Colour** [Колір], щоб задати колір позначення введених Граничних Умов (значення за замовчуванням – синій).

4. У полях блоку **Boundary Conditions** [Граничні Умови] задайте необхідні параметри, визначивши тим самим необхідні граничні умови.

5. Після визначення характеристик граничної умови слід натиснути на кнопку **Save Lib** [Зберегти бібліотеку], після чого вона буде збережена постійно в бібліотеці (за замовчуванням – bc.lib).

2.3.4 Перегляд результатів і формування звіту

Результати розрахунку теплового поля створеної моделі можуть бути представлені у вигляді:

- U-фактора (коефіцієнта теплопередачі);
- елементної сітки;
- ізотерм;
- зображення векторів теплового потоку;
- градієнтів температур;
- кольорових ліній теплового потоку;
- значень температури - локальних, середніх, максимальної та мінімальної.

Для перегляду результатів розрахунку необхідно в розділі меню **Calculation/Display_options** [Обчислення/Опції_Виду] відкрити блок **Show_results** [Показ Результатів], в якому доступні такі опції:

Опція **Draw results** [Показ результатів] повинна бути включена для видачі результатів у графічній формі.

Секція **Show** [Показати] має кілька опцій, тільки одна з яких може бути включена:

- Finite Element Mesh [скінчено-елементна сітка]
- Isotherms [ізотерми]
- Flux Vectors [зображення векторів теплового потоку]
- Constant Flux Line [градієнти температур]
- Color Flux Magnitude [кольорові лінії теплового потоку]

Show Min/Max Temperatures [Показати Мін/Макс температури] (якщо ця опція включена, то на схемі знаком "×" блакитного кольору відмічається

точка з мінімальною температурою і знаком "×" червоного кольору – точка з максимальною температурою

Show elements IDS [Показати Номери Елементів]. При включенні цієї опції вказуються ідентифікаційні номери елементів сітки.

Show Node IDs [Показати Номери Вузлів]. При включенні цієї опції вказуються ідентифікаційні номери вузлів сітки.

Set Screen Font [Встановити екранний шрифт]. Дозволяє вибрати шрифт для графіки THERM, наприклад, шрифт для оцифровки ізотерм.

Show U-factors [U-фактор]. Узагальнений коефіцієнт теплопередачі перерізу можна показати з розділу меню **Calculation/Show U-factors** [Обчислення/U-фактор], або при натисканні клавіш Ctl–F9. Виводиться значення коефіцієнта теплопередачі, а також різниця температур і довжина лінії, вздовж якої він обчислюється.

Temperature at Cursor [Температура в точці Курсора] виводиться після активації цього пункту в меню **View** [Вид]. На окремій панелі в області рисунка надається значення температури в найближчому до позиції курсору вузлі сітки. Значення N/A означає, що курсор перебуває за межами перерізу.

Tape measure Average temperature [Середня Температура на відрізку] дозволяє побачити середню температуру вздовж відрізка прямої лінії, позначеного мірної стрічкою. Функція включається в блоці **Drawing Options** [Опції Креслення] розділу меню Options/preferences [Опції/параметри].

Звіт генерується програмою THERM щоразу при завершенні обчислень. У звіті надається зведення отриманих результатів з перерахуванням матеріалів і властивостей усіх багатокутників, з яких складається розрахована модель. Перегляд звіту та його друк можливі з розділу меню **File/Report** [Файл/Звіт].

2.4 Приклади теплотехнічних розрахунків вузлів сполучення огорожувальних конструкцій

В якості прикладу розглянемо два варіанти протікання теплових процесів в внутрішнього вузла примикання віконного блоку до стінового отвору будівлі товщиною стін 510 мм, виконаних з керамічної цегли щільністю 1800 кг/м^3 для району міста Кропивницький. Температура зовнішнього повітря дорівнює -22°C , а температура внутрішнього середовища $+20^\circ\text{C}$, відносна вологість повітря 50%.

Першим варіантом конструктивного рішення є внутрішній вузол примикання віконного блоку до стінового отвору з положенням віконного блоку до чверті стіни з керамічної цегли.

Першим підготовчим етапом є креслення в програмі AutoCAD, схеми конструкції (в масштабі 1:1) яка буде розраховуватися, та її збереження у форматі DXF. Це креслення можна також виконати безпосередньо в програмі THERM. Якщо необхідно ввести креслення AutoCAD, слід виконати такі операції:

- Відкрийте програму THERM. В панелі меню натисніть File/Underlay, відкриється вікно діалогу **Underlay** [Основа], зображене на рисунку 2.2.

- У вікні натисніть **Browse** [Огляд] і знайдіть раніше збережену схему, виділивши потрібний файл натисніть ОК. Упевніться, що значення **Units** [Системи Одиниць] встановлене таким, щоб відповідати системі, в якій DXF файл був створений. За умовчанням - Британська Система Одиниць (IP), тому, якщо Ви використовуєте кальку, створену в одиницях SI, упевніться, що Ви переключили це значення. Поставте галочку на AutoConvert (автоматична конвертація) і натисніть ОК.

Рисунок 2.2 - Діалогове вікно Underlay [Основа]

- Файл завантажено. Наступний крок – обведення схеми. Натисніть на панелі кнопку  і перемістіть курсор у формі хреста до вершини схеми.

Натисніть ліву кнопку миші, потім перемістіть курсор іншої вершини. Замкніть полігон, як це показано на рисунку 2.3.

Рисунок 2.3 - Обведення схеми конструкції

– Щоб створити матеріал з індивідуальними характеристиками необхідно відкрити бібліотеку матеріалів **Libraries/Set Material** [Бібліотека/Матеріал], обрати **Material_Library**, у результаті чого відображається блок діалогу **Material_Definitions** (Визначення_Властивостей) (рис. 2.4). Натиснути кнопку **New** [Новий]. Задайте назву нового матеріалу і натиснути ОК. За ДБН В.2.6-31:2006 ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ БУДІВЕЛЬ [35] з додатку Л вибрати потрібне значення **Conductivity** (Теплопровідність) за умов експлуатації та **Emissivity** для заданого матеріалу. Натиснути кнопку **Save Lib As** та зберегти матеріал та його властивості.

Рисунок 2.4 – Встановлення властивостей матеріалів

– Після того, як багатокутник накреслено, та створені всі матеріали які є в даному вузлі ви можете задати матеріал конкретного багатокутника. Натисніть ліву кнопку миші на прямокутнику, він виділиться контуром з точками у вершинах.

– На панелі інструментів натисніть лівою кнопкою миші на вікно матеріалів. Оберіть матеріал який бажаєте задати серед запропонованих чи попередньо створених, наведіть курсор на об'єкт і натисніть ліву кнопку миші. Прямокутник змінить колір на той, який був присвоєний вибраному матеріалу, як це показано на рисунку 2.5.

Рисунок 2.5 - Встановлення виду матеріалу

– Якщо точка полігону, після обведення схеми конструкції, знаходиться не в місці прив'язки, оберіть відповідний багатокутник та на панелі  інструментів оберіть **Edit_Points** [Правка_Точок], як показано  на рисунку 2.6, затисніть правою кнопкою миші потрібну точку та перемістіть в потрібний кут.

Рисунок 2.6 - Переміщення точки багатокутника в правильне положення

– Перед тим як обрати граничні умови, потрібно натиснути лівою кнопкою миші на , для того щоб визначити межі розрахункової області, як це показано на рисунку 2.7.

Рисунок 2.7 - Визначення меж розрахункової області

– Граничні умови можна створювати самостійно, з урахуванням чинників середовища, які впливають на конструкцію. Щоб створити нову граничну умову з індивідуальними характеристиками необхідно вибрати пункт меню **Libraries/Boundary Condition Library** у результаті чого відображається блок діалогу **Boundary Conditions** [Граничні Умови] (рис. 2.8). Натиснути кнопку **New** [Нова]. Надрукувати назву нової граничної умови. Заповнити графу **Temperature** (Температура) та **Film Coefficient** (Коефіцієнт тепловіддачі) за ДБН В.2.6-31:2006 ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ БУДІВЕЛЬ [1] з додатку Е. Натиснути кнопку **Save Lib As** та зберегти граничні умови.

Рисунок 2.8 – Встановлення характеристик граничних умов

– Після визначення меж розрахункової області слід встановити граничні умови. Наведіть курсор на одну з граней багатокутника, натисніть ліву кнопку миші – виділиться обрана грань. На панелі інструментів натисніть лівою кнопкою миші на вікно граничних умов. Оберіть граничні умови які впливають на конструкцію, лівою кнопкою миші (рис. 2.9). Такі самі дії потрібно здійснити для кожної з граней, по яких іде теплообмін з середовищем. Виняток становлять грані, на які не поширюються граничні умови (йде адіабатичний процес).

Рисунок 2.9 - Визначення граничних умов

– Після того, як будуть задані граничні умови і матеріал конструкції, потрібно натиснути лівою кнопкою миші на  для початку розрахунку. Результат розрахунку у вигляді ліній ізотерм, зображений на рисунку 2.10, виводиться автоматично.

Рисунок 2.10 - Результати розрахунку в формі ізотерм

– Для того щоб відобразити температуру твердого тіла в конкретній точці, необхідно вибрати пункт меню View, обрати підпункт Temperature at Cursor. Навести курсор миші на відповідну бажану точку і у верхньому лівому кутку робочої області відобразиться температура даної точки, як показано на рисунку 2.11.

Рисунок 2.11 – Температура в конкретно заданій точці

– Існує декілька варіантів відображення результатів розрахунку, які можна обрати в меню, зображеному на рисунку 2.12. Для обрання потрібного варіанту потрібно натиснути Shift+F9.

Рисунок 2.12 - Меню налаштування результатів розрахунку

Увімкнутий діалог дає можливість показати результати розрахунку в одній із форм, описаних в підрозділі 2.3.4. Можна самостійно задати відповідність колір-температура, перейти від однієї форми подання результатів до іншої, визначити максимальну та мінімальну температуру, температури окремих точок тощо. Перелік пунктів цього діалогу наведено в підрозділі 2.3.4.

На рисунку 2.13 наведені результати того ж розрахунку в формі зон інфрачервоного випромінювання. Таке подання є орієнтовним, але дозволяє швидко оцінити загальну картину теплопередачі. Порівняння рисунків 2.11 і 2.13 вказує на ідентичність результатів. Для точного визначення температур слід відобразити максимальну та мінімальну температуру, або температуру в обраній точці конструкції.

Аналогічний розрахунок проведений для **другого варіанту** конструкції, тобто для внутрішнього вузла примикання віконного блоку до стінового отвору з положенням віконного блоку на відстані 280мм від зовнішньої поверхні стіни. Результати розрахунку наведені на рисунку 2.14.

Рисунок 2.13 - Відображення результатів розрахунку в інфрачервоному випромінюванні (варіант 1)

Рисунок 2.14 - Відображення результатів розрахунку в інфрачервоному випромінюванні (варіант 2)

Порівнюючи рисунки 2.13 і 2.14, можна зробити висновок щодо істотного впливу змінення місця положення віконного блоку в товщі стіни. Зміщення віконного блоку ближче до внутрішньої поверхні стіни помітно змістило теплі зони. Якщо у варіанті 1 температура у вузлі примикання віконного блоку до стінового отвору дорівнює $6,7^{\circ}\text{C}$, то переміщення віконного блоку за варіантом 2 підвищило цю температуру до $10,3^{\circ}\text{C}$.

Таким чином, використання програми THERM дозволяє оптимізувати конструктивні рішення вузлів огорожувальних конструкцій досить складної форми за критерієм теплопередачі та забезпечення теплової надійності.

2.5 Висновки з розділу

1. Викладена методика використання програмного комплексу THERM на українській мові.
2. Послідовно розписані кроки роботи в програмному комплексі THERM.
3. В приведеній методиці перераховані джерела і нормативна література де викладені коефіцієнти для досліджень розподілу температур.
4. Приведені варіанти отримання результатів.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОЛОЖЕННЯ ВІКОННИХ БЛОКІВ В ТОВЩІ ЗОВНІШНІХ СТІН НА ТЕПЛОВТРАТИ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

3.1 Обґрунтування і складання розрахункової моделі сучасних вікон з ПВХ в товщі стіни

При всьому різноманітті варіантів головним є якісне виготовлення самої конструкції вікна або двері. З огляду на тенденції до зниження обсягів деревини у виробництві вікон і дверей, практично у всіх країнах стали більше використовувати метал і пластмаси.

Обсяги використання матеріалів для виробництва вікон можна оцінити за даними табл. 3.1 [36].

Таблиця 3.1 – Структура виробництва віконних рам

Країна	Віконні рами, %, з		
	деревина	металу і металу в поєднанні з деревиною	пластифікованого ПВХ
США	37	16	47
КНР	5	72,5	22,5
Японія	1,6	90,2	8,2
Німеччина	22,5	22,1	55,4
Іспанія	14,1	74,2	11,7

По своїй загальній конструкції пластикові вікна не відрізняються від звичних дерев'яних вікон. Тільки для виготовлення окремих елементів вікон застосовуються порожнисті багатокамерні пластикові профілі [37].

З метою зменшення обсягу лісових матеріалів для виготовлення вікон в ряді країн використовують модифіковану деревину.

Виробництво ПВХ складається з 5 переділів: отримання хлору, отримання етилену, синтезу газоподібного вінілхлориду, полімеризації газу з

отриманням порошкоподібного полімеру ПВХ (смоли), введення в порошок добавок для надання різних властивостей матеріалів. В результаті виходять гранули ПВХ, з яких можна виробляти профілі та інші екструзійні матеріали [36].

Внутрішні камери цих профілів заповнені повітрям. Найбільшого поширення набули в наш час профілі, які мають 3 камери і більш. Товщина зовнішніх стінок профілів $3 \pm 0,2$ мм. Повітряні камери сприяють підвищенню теплоізоляційних якостей конструкції, а їх кількість, розміри і розташування не є випадковими, а визначаються технічним розрахунком. Кожна камера має своє функціональне призначення. У профілі також передбачені додаткові пази для установки штапика, фурнітури і для кріплення додаткових елементів. Крім маленьких камер, в профілі є одна велика, так звана основна, яка служить для установки підсилювального вкладиша (армуючого профілю). Цей вкладиш перешкоджає температурним і механічним деформаціям, які виникають в ПВХ-профілі через низький модуль пружності полівінілхлорида. У профілях установка армуючого елемента обов'язкове, якщо довжина деталі рами перевищує 700-800 мм. Матеріалом для виготовлення підсилювальних вкладишів є оцинкована сталь. Сталевий профіль кріпиться клепкою всередині профілю [37].

Крім своєї основної функції - забезпечення приміщень необхідною кількістю природного освітлення, вікно повинно задовольняти ряд додаткових вимог:

- його конструкція повинна бути повітронепроникною;
- воно повинно виконувати тепло і звукоізолюючі функції відповідно до вимог нормативних документів;
- з зовнішньої сторони вікно повинно захищати від впливу атмосферних чинників, а з боку приміщення - перешкоджати витоку теплого внутрішнього повітря;

– виникаючі у віконній конструкції силові напруги (внаслідок вітрового впливу, температурних коливань) не повинні викликати помітної зміни форми вікна і, тим більше, його руйнування, а повинні рівномірно розподілятися по конструкції і правильно передаватися на корпус будівлі.

В процесі застосування віконні конструкції з палітурками з усіх видів матеріалів отримали наступні удосконалення: гумові ущільнення між коробкою і стулкою, герметичні склопакети (відповідно одинарні рами), зручну і функціональну фурнітуру, герметичну закладення примикань до віконних прорізів і ін.

Є можливість ліквідувати наслідки установки вікон з вузькими коробками в стіни за допомогою утеплення укосів зсередини приміщення, але ціна роботи стає рівною з установкою вікон з широкими коробками.

Нормальна робота вікон і вузлів примикання забезпечується не тільки застосовуваними матеріалами, а й правильною конструкцією вузлів примикання вікон до стін в отворах. З введенням нового державного стандарту потрібне коригування конструкції вузлів примикання віконних блоків до стін великопанельних і цегляних будівель типових серій і індивідуальних монолітних будівель.

Отже, технічні та технологічні рішення ефективного застосування нових вікон існують. Важливо, щоб їх конструкції, обрані матеріали для самих вікон і монтажних швів були диференційованими залежно від конструкції вікон, типу стін і неухильно дотримувалися правила монтажу в заводських або будівельних умовах [36].

Відомо, що зосередження всіх проблем в будь-якій конструкції припадає на місця різкої зміни її форми. Для вікон цими місцями є їх приєднання до конструкцій стін.

До теперішнього часу в Україні відсутні нормативні документи, що регламентують монтаж віконних заповнень. Це пов'язано з тим, що основна маса будівель, зведених раніше за типовими проектами, оснащувалася вікнами

з двошаровим склінням в спарених або роздільних дерев'яних палітурках. Ці вікна самі по собі мали низькі теплотехнічні характеристики, тому особливої уваги їх ретельної установці не приділялося.

З введенням в 2006 році нових норм по теплоізоляції будівель до теплозахисту, вікон і балконних дверей стали пред'являтися підвищені вимоги. З'явилися нові матеріали для виробництва монтажних робіт, змінилися вимоги до якості монтажу.

Переваги самого високоякісного вікна можуть бути реалізовані або загублені в залежності від якості і правильності виконання монтажу, який неможливий без знання основних вимог.

Для правильної установки вікон необхідно розбиратися в фізичних процесах, які відбуваються в вікнах при виконанні ними своїх функцій, а успіх монтажу залежить від чіткого дотримання наступній послідовності дій:

- обмірів та підготовки віконного отвору в стіні;
- розміщення та нівелювання віконного блоку в отворі;
- кріплення коробки до стіни;
- виконання ізоляції по периметру коробки;
- регулювання механізмів відкривання віконної стулки;
- виконання оздоблювальних робіт по закінченню установки вікна [38].

Навантаження, які випробовує стик вікна з огорожувальною конструкцією, схематично показані на рис. 3.1.

Монтажний стик - це ділянка зовнішньої оболонки будівлі в місці з'єднання вікна зі стіною. Він являє собою систему ізоляції і кріпильних елементів, призначених для забезпечення захисту приміщення від впливів навколишнього середовища і передачі навантажень з вікна на стіну [39].

Рисунок 3.1 - Навантаження в місцях з'єднання вікон зі стіною

Монтажний стик повинен:

- бути механічно міцним і в той же час пластичним;
- відповідати екологічним і протипожежним вимогам;
- забезпечувати, в необхідній мірі, ізоляцію приміщення від передачі тепла, проникнення шуму, проникнення дощу, проникнення вітру;
- не допускати утворення конденсату на поверхні стику і прилеглих до нього ділянках вікна і стіни, звернених до приміщення;
- забезпечити необхідну паро-непроникність і відсутність конденсату в товщі шва.

Всі ці вимоги повинні дотримуватися і при теплових деформаціях віконних блоків.

Для забезпечення цих вимог в місцях стику необхідно розмежувати функції елементів: несучі, що пред'являються до конструкції (власне, вікна) і сполучно ізоляційні, пред'являються до монтажного шву.

Класифікація впливів і відповідні вимоги до монтажних стиків наведені в табл.3.2.

Таблиця 3.2 – Класифікація впливів і відповідні вимоги до монтажних стиків

Впливи		Вимоги	
Зі сторони вулиці	Силові	Вітер	Жорсткість конструкції, непроникність ізоляції
	Не силові	Температура	Теплоізоляція
		Атмосферні опади	Стійкість деталей зливу
		Шум	Звукоізоляція
		Сонячна радіація	Стійкість до УФ випромінювань
		Водорозчинні домішки	Хімічна стійкість
Абразивні речовини	Абразивна стійкість		
Зі сторони приміщення	Силові експлуатаційні	Статичні	Жорсткість конструкції, передача зусиль на

		Динамічні	несучий елемент стіни без зруйнування ізоляції
		Не силові	
		Вологість	Пароізоляція
		Температура	Теплоізоляція
Зі сторони будівельної споруди	Силові	Переміщення стінової конструкції	Забезпечення допуску на переміщення
	Не силові	Вологість	Відвід пароподібної вологи назовні
Вплив від конструкції вікна	Силові	Зміна герметичних розмірів вікна	Забезпечення вільного переміщення вікна в своїй площині
		Зусилля від власної ваги	Передача зусиль на несучий елемент стіни

Виконуючи аналіз впливів на систему вікно-шов-стіна і виходячи з вимог, що пред'являються до монтажних швів впливи можна розділити на дві основні групи – силові і несилові.

Перша група – силові впливи вимоги забезпечуються правильною установкою і кріпленням вікна в стіновому отворі.

Друга група – несилові впливи, а саме температура, вологість, шум. Виходячи з несилових впливів, до монтажних швів треба врахувати наступні вимоги, це теплоізоляція, пароізоляція, відвід пароподібної вологи назовні.

Основною вимогою є теплоізоляція, тому треба дослідити температурний режим в вузлі примикання вікна до зовнішньої стіни.

3.2 Дослідження впливу положення вікон з ПВХ в товщі стін на тепловтрати житлових будівель на території України

Аналіз структури загальних тепловтрат в житлових будинках показує, що через світлові прорізи втрачається до 15-30% тепла. При цьому значна його частина йде через місця примикання вікон до стін і через укуси. Рівень

теплозахисних властивостей огорожень характеризується величиною приведенного опору теплопередачі [40].

Термічний опір стіни в 3...4 рази більше термічного опору вікна, яке в даному випадку є так званим "тепловим мостом", тобто ділянкою, що характеризується підвищеними тепловтратами, обумовленими геометрією елементів, відмінністю матеріалів елементів і, як правило, пониженням температури поверхні в приміщенні.

У місцях пристрої світлових прорізів відбувається ослаблення загального термічного опору зовнішньої оболонки будівлі, що супроводжується формуванням характерних температурних полів у віконних укосів.

На суцільній видовженій ділянці конструкція зовнішньої стіни є теплофізично однорідною (рис. 3.2). Ізотерми (ізотерма – лінія, що сполучає крапки з однаковою температурою) в стіні розташовані паралельно її поверхні, а тепловий потік спрямований перпендикулярно ізотермам зсередини

Рисунок 3.2 – Приклад температурного поля в одношаровій суцільній цегляній стіні для температурного режиму зовнішнього повітря -22°C

приміщення назовні. Попередні дослідження виконуються для міста Кропивницький з наступними кліматичними умовами: температура довкілля -22°C , температура в приміщенні $+20^{\circ}\text{C}$, відносна вологість повітря 50% [46]. У місці установки вікна в температурному режимі конструкції починають позначатися одночасно два негативних фактори (рис. 3.3). З одного боку, різко падає безпосередньо термічний опір огороження, з іншого, з'являються додаткові втрати тепла через укіс.

У мірі наближення до вікна, паралельні ізотерми згинаються в бік зовнішньої поверхні, так що віконний укіс виявляється майже повністю в холодній зоні. Температура в місці примикання віконної коробки до стіни при

цьому знаходиться значно нижче точки роси, що в свою чергу, призводить до випадання в цьому місці рясного конденсату по всій висоті вікна [41] наприклад примикання вікна з ПВХ до стіни з суцільної цегляної кладки (рис. 3.4).

Рисунок 3.3 – Приклад температурного поля в одношаровій суцільній цегляній стіні з примиканням до неї вікна для температурного режиму зовнішнього повітря -22°C

Рисунок 3.4 – Розподілення температур по товщині стіни

В ході дослідження температури внутрішнього відкосу від положення вікна в товщі стіни, виконано 17 розрахунків у програмі THERM. Було виявлено, що оптимальне положення віконного блоку в товщі зовнішньої стіни для температурної зони -22°C знаходиться на відстані 220 мм (рис. 3.5).

За результатами розрахунків побудовано графічну залежність температури у вузлі примикання вікна з зовнішньою стіною від його положення в товщі стіни (рис. 3.6) [46].

Рисунок 3.5 - Приклад температурного поля в вузлі примикання вікна до одношарової суцільної цегляної стіни для температурного режиму -22°C при розміщенні віконного блоку на відстані 220 мм.

Рисунок 3.6 – Графік залежності температури у вузлі примикання вікна до одношарової суцільної цегляної стіни та розташування вікна у товщі стіни для температурної зони -22°C .

Таким чином, за допомогою розрахунку ізотерм можна визначити розподіл температур в будь-якому вузлі сполучення і проаналізувати можливі проблеми. Також схеми розподілу ізотерм дозволяють провести оцінку в разі

виникнення пошкоджень. Найважливішою ізотермою, що дозволяє зробити оцінку вузла з'єднання будівельних конструкцій, є ізотерма 10°C . Для запобігання утворення конденсату на поверхні укосу і палітурки вікна всередині приміщення при нормативних значеннях температурного і вологого режиму ця ізотерма повинна проходити всередині конструкції. Відомо, що при температурі 20°C і відносній вологості повітря 50%, температура точки роси становить $9,3^{\circ}\text{C}$. Якщо повітря з температурою 20°C і вологістю 50% охолоджується до $9,3^{\circ}\text{C}$, то його відносна вологість збільшується до 100%, тобто повітря температурою $9,3^{\circ}\text{C}$ насичений водою до межі. Якщо поверхня вікна (стіни) буде охолоджуватиметься далі, а слідом і межуюче з нею повітря, то почнеться утворення конденсату на вікні (стіні), оскільки повітря більше не в змозі утримувати воду [42].

Тому для визначення місця установки вікна в площині стіни потрібно дослідити розподілення температур в товщі стіни і в вузлі примикання вікна до стіни. Дослідження виконуються за допомогою програмного комплексу THERM. Зовнішні стіни цегляні, одношарові, товщина приймається 510 мм, як найбільш стандартна товщина суцільних цегляних стін для України.

Граничні кліматичні умови прийняті згідно [43] для п'яти температурних зон України з кроком 5°C (таблиця 1.2) і вони складають:

- температура довкілля -5°C (розрахункова температура зовнішнього повітря); температура в приміщенні $+20^{\circ}\text{C}$ [44]; відносна вологість повітря 50%.

- температура довкілля -10°C (розрахункова температура зовнішнього повітря); температура в приміщенні $+20^{\circ}\text{C}$; відносна вологість повітря 50%.

- температура довкілля -15°C (розрахункова температура зовнішнього повітря); температура в приміщенні $+20^{\circ}\text{C}$; відносна вологість повітря 50%.

- температура довкілля -20°C (розрахункова температура зовнішнього повітря); температура в приміщенні $+20^{\circ}\text{C}$; відносна вологість повітря 50%.

– температура довкілля -25°C (розрахункова температура зовнішнього повітря); температура в приміщенні $+20^{\circ}\text{C}$; відносна вологість повітря 50%.

Необхідно виконати дослідження температурних полів при зміщенні вікна в площині суцільної цегляної стіни для різних температурних зон України. Матеріал зовнішньої стіни – керамічна цегла щільністю 1800 кг/м^3 , товщина – 510 мм.

Температурний режим прийнятих зон складається з найхолоднішої температури п'ятиденки забезпеченістю 0,92. Для кожної температурної зони приймається щонайменше 5 кроків дослідження зміщення вікна в товщі стіни, на відстані від зовнішньої сторони стіни 120 мм, 160 мм, 200 мм, 240 мм, 280 мм.

1) Перша температурна зона з температурою повітря -5°C , положення віконного блоку стандартне, відразу за четвертиною цегли на відстані від зовнішньої сторони стіни 120 мм (рис. 3.7).

Рисунок 3.7 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -5°C при стандартному розміщенні віконного блоку відразу за четвертиною.

2) Перша температурна зона з температурою повітря -5°C , положення віконного блоку на відстані від зовнішньої сторони стіни 160 мм (рис. 3.8).

Рисунок 3.8 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -5°C при розміщенні віконного блоку на відстані 160 мм.

3) Перша температурна зона з температурою повітря -5°C , положення віконного блоку на відстані від зовнішньої сторони стіни 200 мм (рис. 3.9).

Рисунок 3.9 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -5°C при розміщенні віконного блоку на відстані 200 мм.

4) Перша температурна зона з температурою повітря -5°C , положення віконного блоку на відстані від зовнішньої сторони стіни 240 мм (рис. 3.10).

Рисунок 3.10 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -5°C при розміщенні віконного блоку на відстані 240 мм.

5) Перша температурна зона з температурою повітря -5°C , положення віконного блоку на відстані від зовнішньої сторони стіни 280 мм (рис. 3.11).

Рисунок 3.11 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -5°C при розміщенні віконного блоку на відстані 280 мм.

Відповідно виконаних досліджень для першої температурної зони вікно знаходиться в інтервалі додатних температур навіть при стандартному розташуванні віконного блоку на відстані 120 мм від зовнішньої поверхні стіни, що виключає утворення конденсату і промерзання вузла примикання вікна і відкосу. Подальше переміщення віконного блоку в товщі стіни викликає підвищення температури в вузлі примикання блоку зі стіною з температури 12,6°C до 14,6°C, що знижує тепловтрати через вузли примикання вікон в будівлі.

Таким чином для температурної зони 1 з температурою найхолоднішої п'ятиденки -5°C вікна з ПВХ з вузькою коробкою можна встановлювати відразу за четвертю цеглини (відстань від зовнішньої поверхні стіни 120 мм).

б) Друга температурна зона з температурою повітря -10°C , положення віконного блоку стандартне, відразу за четвертиною цегли на відстані від зовнішньої сторони стіни 120 мм (рис. 3.12).

Рисунок 3.12 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -10°C при стандартному розміщенні віконного блоку відразу за четвертиною.

7) Друга температурна зона з температурою повітря -10°C , положення віконного блоку на відстані від зовнішньої сторони стіни 160 мм (рис. 3.13).

Рисунок 3.13 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -10°C при розміщенні віконного блоку на відстані 160 мм.

8) Друга температурна зона з температурою повітря -10°C , положення віконного блоку на відстані від зовнішньої сторони стіни 200 мм (рис. 3.14).

Рисунок 3.14 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -10°C при розміщенні віконного блоку на відстані 200 мм.

9) Друга температурна зона з температурою повітря -10°C , положення віконного блоку на відстані від зовнішньої сторони стіни 240 мм (рис. 3.15).

Рисунок 3.15 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -10°C при розміщенні віконного блоку на відстані 240 мм.

10) Друга температурна зона з температурою повітря -10°C , положення віконного блоку на відстані від зовнішньої сторони стіни 280 мм (рис. 3.16).

Рисунок 3.16 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -10°C при розміщенні віконного блоку на відстані 280 мм.

Відповідно виконаних досліджень для другої температурної зони вікно знаходиться в інтервалі додатних температур навіть при стандартному розташуванні віконного блоку на відстані 120 мм від зовнішньої поверхні стіни, що виключає утворення конденсату і промерзанні вузла примикання вікна і відкосу. Подальше переміщення віконного блоку в товщі стіни викликає підвищення температури в вузлі примикання блоку зі стіною з температури $11,1^{\circ}\text{C}$ до $13,6^{\circ}\text{C}$, що знижує тепловтрати через вузли примикання вікон в будівлі.

Таким чином для температурної зони 2 з температурою найхолоднішої п'ятиденки -10°C вікна з ПВХ з вузькою коробкою можна встановлювати відразу за четвертю цеглини (відстань від зовнішньої поверхні стіни 120 мм).

11) Третя температурна зона з температурою повітря -15°C , положення віконного блоку стандартне, відразу за четвертиною цегли на відстані від зовнішньої сторони стіни 120 мм (рис. 3.17).

Рисунок 3.17 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -15°C при стандартному розміщенні віконного блоку відразу за четвертиною.

12) Третя температурна зона з температурою повітря -15°C , положення віконного блоку на відстані від зовнішньої сторони стіни 160 мм (рис. 3.18).

Рисунок 3.18 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -15°C при розміщенні віконного блоку на відстані 160 мм.

13) Третя температурна зона з температурою повітря -15°C , положення віконного блоку на відстані від зовнішньої сторони стіни 200 мм (рис. 3.19).

Рисунок 3.19 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -15°C при розміщенні віконного блоку на відстані 200 мм.

14) Третя температурна зона з температурою повітря -15°C , положення віконного блоку на відстані від зовнішньої сторони стіни 240 мм (рис. 3.20).

Рисунок 3.20 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -15°C при розміщенні віконного блоку на відстані 240 мм.

15) Третя температурна зона з температурою повітря -15°C , положення віконного блоку на відстані від зовнішньої сторони стіни 280 мм (рис. 3.21).

Рисунок 3.21 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -15°C при розміщенні віконного блоку на відстані 280 мм.

Відповідно виконаних досліджень для третьої температурної зони вікно знаходиться в інтервалі додатних температур при розташуванні віконного блоку на відстані 160 мм від зовнішньої поверхні стіни, що виключає утворення конденсату і промерзання вузла примикання вікна і відкосу.

Подальше переміщення віконного блоку в товщі стіни викликає підвищення температури в вузлі примикання блоку зі стіною з температури $10,4^{\circ}\text{C}$ до $12,5^{\circ}\text{C}$, що знижує тепловтрати через вузли примикання вікон в будівлі.

Таким чином для температурної зони 3 з температурою найхолоднішої п'ятиденки -15°C вікна з ПВХ з вузькою коробкою можна встановлювати на відстані від зовнішньої поверхні стіни 160 мм.

16) Четверта температурна зона з температурою повітря -20°C , положення віконного блоку стандартне, відразу за четвертиною цегли на відстані від зовнішньої сторони стіни 120 мм (рис. 3.22).

Рисунок 3.22 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -20°C при розміщенні віконного блоку на відстані 120 мм.

17) Четверта температурна зона з температурою повітря -20°C , положення віконного блоку на відстані від зовнішньої сторони стіни 160 мм (рис. 3.23).

Рисунок 3.23 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -20°C при розміщенні віконного блоку на відстані 160 мм.

18) Четверта температурна зона з температурою повітря -20°C , положення віконного блоку на відстані від зовнішньої сторони стіни 200 мм (рис. 3.24).

Рисунок 3.24 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -20°C при розміщенні віконного блоку на відстані 200 мм.

19) Четверта температурна зона з температурою повітря -20°C , положення віконного блоку на відстані від зовнішньої сторони стіни 240 мм (рис. 3.25).

Рисунок 3.25 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -20°C при розміщенні віконного блоку на відстані 240 мм.

20) Четверта температурна зона з температурою повітря -20°C , положення віконного блоку на відстані від зовнішньої сторони стіни 280 мм (рис. 3.26).

Рисунок 3.26 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -20°C при розміщенні віконного блоку на відстані 280 мм.

Відповідно виконаних досліджень для четвертої температурної зони вікно знаходиться в інтервалі додатних температур при розташуванні віконного блоку на відстані 200 мм від зовнішньої поверхні стіни, що виключає утворення конденсату і промерзання вузла примикання вікна і відкосу. Подальше переміщення віконного блоку в товщі стіни викликає підвищення температури в вузлі примикання блоку зі стіною з температури $10,0^{\circ}\text{C}$ до $11,4^{\circ}\text{C}$, що знижує тепловтрати через вузли примикання вікон в будівлі.

Таким чином для температурної зони 4 з температурою найхолоднішої п'ятиденки -20°C вікна з ПВХ з вузькою коробкою можна встановлювати на відстані від зовнішньої поверхні стіни 200 мм.

21) П'ята температурна зона з температурою повітря -25°C , положення віконного блоку стандартне, відразу за четвертиною цегли на відстані від зовнішньої сторони стіни 120 мм (рис. 3.27).

Рисунок 3.27 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -25°C при стандартному розміщенні віконного блоку відразу за четвертиною.

22) П'ята температурна зона з температурою повітря -25°C , положення віконного блоку на відстані від зовнішньої сторони стіни 160 мм (рис. 3.28).

Рисунок 3.28 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -25°C при розміщенні віконного блоку на відстані 160 мм.

23) П'ята температурна зона з температурою повітря -25°C , положення віконного блоку на відстані від зовнішньої сторони стіни 200 мм (рис. 3.29).

24)

Рисунок 3.29 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -25°C при розміщенні віконного блоку на відстані 200 мм.

25) П'ята температурна зона з температурою повітря -25°C , положення віконного блоку на відстані від зовнішньої сторони стіни 240 мм (рис. 3.30).

Рисунок 3.30 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -25°C при розміщенні віконного блоку на відстані 240 мм.

26) П'ята температурна зона з температурою повітря -25°C , положення віконного блоку на відстані від зовнішньої сторони стіни 280 мм (рис. 3.31).

27)

Рисунок 3.31 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до стіни для температурного режиму -25°C при розміщенні віконного блоку на відстані 280 мм.

Відповідно виконаних досліджень для п'ятої температурної зони вікно знаходиться в інтервалі додатних температур при розташуванні віконного блоку на відстані 280 мм від зовнішньої поверхні стіни, що виключає утворення конденсату і промерзання вузла примикання вікна і відкосу. Переміщення віконного блоку в товщі стіни від положення 120 мм до 280 мм викликає підвищення температури в вузлі примикання блоку зі стіною з температури $6,7^{\circ}\text{C}$ до $10,3^{\circ}\text{C}$, що знижує тепловтрати через вузли примикання вікон в будівлі.

Таким чином для температурної зони 5 з температурою найхолоднішої п'ятиденки -25°C вікна з ПВХ з вузькою коробкою можна встановлювати на відстані від зовнішньої поверхні стіни 280 мм.

Аналіз результатів показав, що в суцільній цегляній стіні зміщуючи вікно в зону додатних температур, оптимальною площиною установки вікна

– для температурної зони -5°C є примикання віконного блоку безпосередньо до чверті стіни (відстань від зовнішньої поверхні стіни складає 120 мм);

– для температурної зони -10°C є примикання віконного блоку безпосередньо до чверті стіни (відстань від зовнішньої поверхні стіни складає 120 мм);

– для температурної зони -15°C є відстань від зовнішньої поверхні стіни до віконного блоку 160 мм;

– для температурної зони -20°C є відстань від зовнішньої поверхні стіни до віконного блоку 200 мм;

– для температурної зони -25°C є відстань від зовнішньої поверхні стіни до віконного блоку 280 мм;

При такому розташуванні вікна мінімальна температура в зоні сполучення віконної коробки зі стіною в температурних зонах -5°C , -10°C , -15°C , -20°C , -25°C складе $+12,6^{\circ}\text{C}$, $+11,1^{\circ}\text{C}$, $+10,4^{\circ}\text{C}$, $+10,0^{\circ}\text{C}$, $+10,3^{\circ}\text{C}$ відповідно. Співставлення мінімальної температури внутрішньої поверхні з температурою точки роси свідчить про відсутність умов випадіння конденсату на поверхні даного вузла примикання.

Розташування вікон відповідно до рекомендацій, складених на основі виконаних досліджень гарантує нездатність створення конденсату, відповідно виключає промерзання відкосу і таким чином тепловтрати через поверхню відкосу будуть мінімальні (рис. 3.32).

Рисунок 3.32 – Розподілення температур по товщині стіни згідно виконаних досліджень

Так як дослідження температурних полів вузла примикання світлопрозорих конструкцій до стінового отвору в програмному комплексі THERM є досить складним та займає багато часу, для подальшого спрощення виконання подібних досліджень є потреба у спрощенні, знаходженні залежності температур внутрішнього вузла примикання віконного блоку до стінового отвору від положень віконного блоку у товщі стіни та температур зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки.

3.3 Залежності температур внутрішнього вузла примикання віконного блоку до стінового отвору від положень віконного блоку у товщі стіни та температур зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки

3.3.1. Вихідні дані для аналізу залежності температур внутрішнього відкосу від положення віконного блоку у товщі стіни та температури зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки

Рівень теплозахисту огорожувальних конструкцій, крізь які втрачається найбільший відсоток тепловтрат, має відповідати кліматичним умовам місця перебування житлової будівлі та забезпечувати комфортні санітарно гігієнічні умови в приміщенні будівлі. Це може бути досягнуто раціональним конструюванням і проектуванням з урахуванням теплопередачі, використаних у будівництві матеріалів, виключення утворення конденсаційної вологи на внутрішніх поверхнях огорожувальних

конструкцій житлових приміщень, проникнення вологи в саму огороджувальну конструкцію.

Для того щоб встановити залежність температур внутрішнього вузла примикання віконного блоку до стінового отвору від положення віконного блоку у товщі стіни та температури зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки, було проведене чисельне моделювання в середовищі програми THERM і визначені фактичні температури внутрішнього вузла примикання віконного блоку до стінового отвору.

Головним із чинників, що обумовлює особливості розвитку кліматотвірних процесів, є географічна широта. Географічною широтою зумовлене існування в Україні помірного клімату з переважаючими західними вітрами і чітко вираженими змінами кліматичних явищ за сезонами.

Особливості помірно-континентального типу клімату в Україні зумовлені не тільки віддаленістю її від океану, а значною мірою тим, що країна розміщена саме в західній частині материка.

Характеризуючи погоду, говорять про температуру повітря, опади, вологість а також деякі атмосферні процеси.

Температура повітря змінюється відповідно до сонячної радіації, а отже знижується з півдня на північ. Середньорічна температура повітря в Україні коливається від $+11^{\circ}\text{C}$... $+13^{\circ}\text{C}$ на півдні до $+5^{\circ}\text{C}$... $+7^{\circ}\text{C}$ на півночі [45].

Відповідно виконаного огляду температурних зон України було виділено 5 температур від мінімальної до максимальної: -5°C , -10°C , -15°C , -20°C , -25°C .

Температури внутрішнього вузла примикання віконних блоків до стінних отворів було підраховано у п. 3.2, окремо для кожного з п'яти температурних районів в кожному з п'яти положень в товщі стіни, з кроком 40мм. Таким чином отримано 25 експериментальних значень температур внутрішнього вузла примикання віконних блоків до стінних отворів. Дані були занесені до табл. 3.3.

Для зміщення вікна в зону додатних температур необхідно виконати дослідження температурних полів при зміщенні вікна в площині суцільної цегляної стіни для різних температурних зон. Матеріал зовнішньої стіни – керамічна цегла щільністю 1800 кг/м^3 , товщина зовнішньої стіни – 510 мм.

На рисунках 3.33-3.37 показані 5 випадків, коли вікно знаходиться по за зоною точки роси в інтервалі додатних температур, що виключає утворення конденсату і промерзання вузла примикання вікна і відкосу.

Данні дослідження виконані для зовнішньої цегляної суцільної стіни товщиною 510 мм (дві цеглини). Враховано звичайні характеристики матеріалу стіни, кліматичні умови місця будівництва, ширину віконної коробки, конструкцію вузла примикання вікна до зовнішньої стіни і конструктивне виконання внутрішніх укосів.

Рисунок 3.33 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до одношарової суцільної цегляної стіни, при температурі зовнішнього повітря -5°C і положенні віконного блоку 120 мм

Рисунок 3.34 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до одношарової суцільної цегляної стіни, при температурі зовнішнього повітря -10°C і положенні віконного блоку 120 мм

Рисунок 3.35 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до одношарової суцільної цегляної стіни, при температурі зовнішнього повітря -15°C і положенні віконного блоку 160 мм

Рисунок 3.36 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до одношарової суцільної цегляної стіни, при температурі зовнішнього повітря -20°C і положенні віконного блоку 200 мм

Рисунок 3.37 - Температурні поля в вузлі примикання вікна до одношарової суцільної цегляної стіни, при температурі зовнішнього повітря -25°C і положенні віконного блоку 280 мм

Таблиця 3.3 Залежності температури поверхні внутрішнього відкосу від положень віконного блоку у товщі стіни і температури зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки

Температури зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки, $^{\circ}\text{C}$	Температура поверхні внутрішнього відкосу, $^{\circ}\text{C}$, при відстані до віконного блоку, мм				
	120	160	200	240	280
-25	6,7	7,7	8,8	9,8	10,3
-20	8,2	9,0	10,0	10,9	11,4
-15	9,6	10,4	11,3	12,0	12,5
-10	11,1	11,8	12,5	13,2	13,6
-5	12,6	13,1	13,8	14,3	14,6

Дані таблиці 3.3 використані у процесі подальшого аналізу температур внутрішнього вузла примикання віконних блоків до стінних отворів та встановлення їх залежностей від положення віконного блоку в товщі стіни та температур зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки.

3.3.2. Якісний аналіз залежності температур внутрішнього відкосу від положення віконного блоку у товщі стіни та температури зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки

Остаточні значення 25-ти температур внутрішніх вузлів примикання віконних блоків до стінних отворів отримані шляхом двомірного аналізу теплопередачі вузла примикання віконного блоку до стінного отвору за допомогою програмного комплексу THERM. Залежності температури внутрішнього вузла примикання віконних блоків до стінних отворів від положення віконного блоку у товщі стіни та температури зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки зображені на рисунку 3.38.

На рисунку 3.38 видно, що залежність температури внутрішнього вузла примикання віконного блоку до стіни від положення віконного блоку має майже лінійний характер. Для подальшого використання залежності, виконаємо перетворення залежності, щоб наблизитись до лінійної залежності. Створимо графік залежності температури зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки від температури внутрішнього вузла примикання віконних блоків до стінних отворів. Отримаємо залежність, яка графічно має лінійний характер.

Досить систематичний характер отриманих залежностей дає змогу описати їх аналітичними виразами, які дозволять визначити температури внутрішнього вузла примикання віконних блоків до стінних отворів. Виходячи з виявленого графічно характеру залежностей від кожного з параметрів, спробуємо встановити вид аналітичної залежності.

а)

б)

Рисунок 3.38 – залежність температури внутрішнього вузла примикання віконного блоку до стінового отвору: а) від положення віконного блоку у товщі стіни, б) від температури зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки

Залежність можна записати у вигляді:

$$t_b = A + B \cdot t_3 + C \cdot x + D \cdot t_3 \cdot x \quad (3.1)$$

де t_b - температура внутрішнього вузла примикання віконного блоку до стінового отвору;

t_3 - температура зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки для конкретного регіону України;

x - положення віконного блоку у товщі стіни;

Таким чином, можливий загальний вид шуканої залежності визначено. Подальше завдання зводиться до пошуку параметрів А,В,С,Д виразу (3.1) за даними таблиці 3.3 про залежність положень віконного блоку у товщі стіни від температур зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки.

3.3.3. Встановлення аналітичних залежностей температур внутрішнього відкосу від положення віконного блоку у товщі стіни та температури зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки

Підбір параметрів виразу (3.1) виконується в програмному середовищі Microsoft Excel з використанням надбудови "пошук рішення" в такому порядку:

- вносяться вихідні дані з таблиці 3.3.

- В рядки з 1 по 6 заносимо вихідні дані таблиці 3.3;

- в комірки з В12 по F16 записані формули температур внутрішнього вузла примикання віконного блоку до стінового отвору з посиланнями на

коефіцієнти А, В, С, D, що внесені в рядок 10, на положення віконного блоку у товщі стіни в рядку 11 і на температури зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки для конкретного регіону в комірках А12...А16;

- в рядках 18...23 формуються відсотки відхилень теоретичної та фактичної ваги ферм за формулою:

$$\Delta = 100\% \cdot \frac{(T_{\phi} - T_{\tau})}{T_{\tau}} \quad (3.2)$$

- в комірці А9 записуємо цільову функцію мінімізації у вигляді суми квадратів відхилень (3.2) з комірок В19...F23;

- виконавши всі ці дії, запускаємо надбудову "пошук рішення", в якій задача формулюється таким чином: знайти мінімальне значення цільової функції в комірці А9, змінюючи параметри в комірках А10...D10. В результаті пошуку рішення Microsoft Excel видає таблиці, зображені на рисунку 3.39;

	A	B	C	D	E	F	G
1		120	160	200	240	280	
2	-5	12,6	13,1	13,8	14,3	14,6	
3	-10	11,1	11,8	12,5	13,2	13,6	
4	-15	9,6	10,4	11,3	12,0	12,5	
5	-20	8,2	9,0	10,0	10,9	11,4	
6	-25	6,7	7,7	8,8	9,8	10,3	
7							
8	Підбір залежності						
9	5,467909594						
10	12,6	0,36	0,012	-0,00056			
11		120	160	200	240	280	
12	-5	12,576	13,168	13,76	14,352	14,944	
13	-10	11,112	11,816	12,52	13,224	13,928	
14	-15	9,648	10,464	11,28	12,096	12,912	
15	-20	8,184	9,112	10,04	10,968	11,896	
16	-25	6,72	7,76	8,8	9,84	10,88	
17							
18		120	160	200	240	280	
19	-5	-0,19048	0,519084	-0,28986	0,363636	2,356164	
20	-10	0,100811	0,135593	0,16	0,181818	2,411765	
21	-15	0,5	0,615385	-0,17699	0,8	3,296	
22	-20	-0,19512	1,244444	0,4	0,623853	4,350877	
23	-25	0,298507	0,779221	0	0,408163	5,631068	
24							
25							

Рисунок 3.39 – Таблиця вихідних даних про температури внутрішнього вузла примикання віконного блоку до стінового отвору і підпору аналітичних залежностей

В результаті обчислень отримані значення параметрів, наведені на рисунку 3.39. Для зручності використання отримані параметри округлені таким чином, щоб забезпечити простоту запису й використання розрахункових формул, але не сильно погіршити їх точність.

На рисунку 3.39 видно, що в результаті обчислення параметрів найбільшими по модулю похибки формули це 5,631068%. Розрахункова формула приймає такий остаточний вигляд:

$$t_b = 12,6 + 0,36t_3 + 0,012x - 0,00056t_3x \quad (3.3)$$

де t_B - температура внутрішнього вузла примикання віконного блоку до стінового отвору, °С ;

t_3 - температура зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки для конкретного регіону України, °С ;

x - положення віконного блоку у товщі стіни, мм;

Відхилення температур внутрішнього вузла примикання віконного блоку до стінового отвору, обчислених за формулою (3.3), від вказаних в таблиці 3.3 фактичних температур внутрішнього вузла примикання віконного блоку до стінового отвору не перевищують 5,6%. Таку точність попереднього визначення температур внутрішнього вузла примикання віконного блоку до стінового отвору можна вважати досить високою, тому отримана в результаті дослідження формула (3.3) рекомендується використовувати для визначення температур внутрішнього вузла примикання віконного блоку до стінового отвору в залежності від температур зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки для конкретного регіону та положень віконного блоку у товщі стіни в мм.

Для розв'язання рівняння (3.3) відносно положення віконного блоку у товщі стіни в мм отримуємо:

$$x = \frac{-t_B + 12,6 + 0,36t_3}{-0,012 + 0,00056t_3} \quad (3.4)$$

де x - положення віконного блоку у товщі стіни, мм;

t_B - температура внутрішнього вузла примикання віконного блоку до стінового отвору, °С ;

t_3 - температура зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки для конкретного регіону України, °С ;

Отримані залежності температур внутрішнього вузла примикання віконного блоку до стінового отвору від положення віконного блоку у товщі стіни та температури зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки наочно

проілюстровані на рисунку 3.40, де з використанням Microsoft Excel вони побудовані в аксонометричній проекції.

Рисунок 3.40 – Залежність температур внутрішнього вузла примикання віконного блоку до стінового отвору від положення віконного блоку у товщі стіни та температури зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки

Рисунок 3.40 підтверджує попередньо зроблені висновки, що температура внутрішнього вузла примикання віконного блоку до стінового отвору зростає при збільшенні температури зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки та змінення положення віконного блоку ближче до внутрішньої поверхні стіни.

3.3.4. Рекомендації з визначення положення віконного блоку в товщі цегляної стіни

При підборі і проектуванні віконного блоку у товщі цегляної стіни, рекомендується визначити положення віконного блоку відносно зовнішньої поверхні цегляної стіни за формулою (3.4). Ця формула враховує температуру зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки для конкретного регіону України і температуру внутрішнього вузла примикання віконного блоку до стінового отвору.

Використання формули (3.4) може викликати випадкові помилки в обчисленнях. Для наближених розрахунків або для контролю правильності обчислень за (3.4) можна скористатись графічним поданням цієї формули, наведеним на рисунку 3.41. Цей рисунок представляє собою залежність (3.4), зображену лініями рівня і дозволяють наближено встановити температури внутрішнього вузла примикання віконного блоку до стінового отвору.

Таким чином зміщення вікна в товщі стіни в зону позитивних температур вирішує проблему промерзання відкосів і значно покращує температурний режим в вузлі примикання вікна до зовнішньої стіни.

Однак для досягнення комфортного клімату в помешканні потрібно враховувати, що вузли примикання світлопрозорих конструкцій повинні задовольняти не тільки теплотехнічним показникам (табл. 3.2), а і умовам пароізоляції, забезпечувати відвід пароподібної вологи назовні, мати гарні акустичні властивості, та захищати від атмосферних впливів.

Тому потрібно більш детально розглянути критерії конструктивних особливостей вузлів примикання вікна до зовнішньої стіни виходячи з вище переглянутими вимогами.

температур внутрішнього вузла примикання віконного блоку до стінового отвору товщі цегляної стіни та температури зовнішнього повітря найхолоднішої

4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Економічне обґрунтування вибору варіанту інженерного рішення.

Для порівняння варіантів інженерних рішень необхідно скласти локальні кошториси на порівнювані варіанти. Критерієм економічності є мінімальні річні приведені витрати, які співставляють між собою капітальні та експлуатаційні витрати.

Річні приведені витрати розраховуються в нашому випадку визначатимуться з урахуванням витрат на втрату теплової енергії за формулою:

$$Z_{\text{пр.в.}} = K \left(\frac{2}{T_{\text{сл}}^{\text{н}}} + \frac{H_{\text{пр}}}{100} \right) + V_{\text{тепл}}$$

Тут K - кошторисна вартість інженерного рішення,

$T_{\text{сл}}^{\text{н}}$ - нормативний строк служби даного варіанту інженерного рішення,

$H_{\text{пр}}$ - нормативний відсоток відрахувань на поточний ремонт.

$V_{\text{тепл}}$ - витрати теплової енергії;

$$V_{\text{тепл}} = Q \cdot \text{Ц}_{\text{тепл}}$$

Де Q - кількість втраченого тепла за рік, Г-калорій;

$$Q^{\text{в}} = 94,8\Gamma - \text{кал}; \quad Q^{\text{н}} = 80,6\Gamma - \text{кал};$$

$$\text{Ц}_{\text{тепл}} = 1596,93 \text{ грн/Г-кал}$$

Для проведення розрахунків необхідно визначити відповідні розрахункові показники:

$$1 \text{ варіант } T_{\text{сл}}^{\text{н}} = 50 \text{ років}, \quad H_{\text{пр}} = 3,3\%$$

$$\text{Відповідно } Z_{\text{пр.в.1}} = 4036 \left(\frac{2}{50} + \frac{3,3}{100} \right) + 94 \times 1597 = 150412 \text{ грн}$$

2 варіант $T_{сл}^H = 50$ років, $H_{пр} = 3,3\%$

Відповідно $Z_{пр.в.1} = 5824 \left(\frac{2}{50} + \frac{3,3}{100} \right) + 80,6 \times 1597 = 129143$ грн

Отримані результати зведемо в таблицю.

Таблиця 4.1 - Результати порівняння інженерних рішень

Висновок найбільш економічний 2-й варіант – розташування вікна на відстані 220 мм від зовнішньої поверхні стіни.

Економічний ефект у споживача за рік від використання удосконаленої технології складе:

$$E = Z_{пр.в}^B - Z_{пр.в}^P = 150412 - 129143 = 21269 \text{ грн}$$

ВИСНОВКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Виконані в кваліфікаційній магістерській роботі дослідження впливу положення віконних блоків по товщині стіни на теплотехнічні характеристики вузла їх примикання дозволили зробити наступні висновки:

1. За результатами аналізу літератури та виконаних теплотехнічних розрахунків для аналізу вибрано конструкцію стіни з цегли товщиною 510 мм, вікна ПВХ з шириною коробки 70 мм.

2. Визначено основні напрямки досліджень вузлів примикань віконних блоків, а саме визначити оптимальні місця розташування вікон в товщі стіни з метою зниження тепловтрат і підвищення енергоефективності існуючих та нових будівель.

3. В якості апарату для досліджень температурних полів і передачі тепла для вузлів примикань віконних блоків до стін вирішено використовувати програму THERM. Викладена методика використання програмного комплексу THERM на українській мові.

4. Для більш детального охоплення усіх температурних зон України була складена кліматична карта з позначенням на ній 57 міст (відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010) з вказаними температурами найхолоднішого періоду. Розрахункові значення температури зовнішнього повітря прийняті в межах від -25°C до -5°C з кроком дослідження 5°C .

5. Розроблена методика визначення оптимального положення віконних блоків у товщі зовнішньої стіни з умови найменших тепловтрат у вузлах примикання вікон, для прийнятих температурних зон України.

6. Отримані аналітичні залежності які дозволяють визначити місце положення віконного блоку в товщі зовнішньої стіни та обчислити температуру у вузлі примикання віконного блоку до зовнішньої стіни залежно від положення вікна і температури зовнішнього повітря кожного регіону України.

7. Розроблена графічна діаграма залежностей, яка дозволяє визначити місце установки вікна в товщі зовнішніх стін, в залежності від зовнішньої температури для всієї території України, що дасть змогу підвищити енергоефективність існуючих та нових будівель.

8. За результатами досліджень встановлено, отримані аналітичні залежності для встановлення положення вікна і температури у вузлі примикання дають похибки які не перевищують 5,6% і співпадають з отриманою графічною діаграмою.