

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут архітектури, будівництва та землеустрою

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи магістра

на тему «Тепловологісний стан суміщеного покриття при розташуванні додаткового утеплення по підвісній стелі.

Виконав: студент групи 601-БМ

спеціальності 192 Будівництво та цивільна
інженерія

Брагін Михайло Олегович

Керівник к.т.н., доц. Юрін О.І.

Полтава – 2025 року

ЗМІСТ

1. ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. Аналіз досліджень по темі магістерської роботи	6
ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 1	18
РОЗДІЛ 2. Дослідження тепловологісного стану суміщеного покриття при розташуванні додаткового шару утеплення по підвісній стелі	19
2.1 Теплозахисні властивості суміщеного покриття існуючих будівель за нормами 1979 року.	20
2.2 Товщина утеплювача по підвісній стелі 0,05 м.....	21
2.2.1 Теплозахисні якості суміщеного покриття.....	21
2.2.2 Вологісний стан суміщеного покриття	23
2.3 Товщина утеплювача по підвісній стелі 0,1 м.....	26
2.3.1 Теплозахисні якості суміщеного покриття.....	26
2.3.2 Вологісний стан суміщеного покриття	27
2.4 Товщина утеплювача по підвісній стелі 0,15 м.....	30
2.4.1 Теплозахисні якості суміщеного покриття.....	30
2.4.2 Вологісний стан суміщеного покриття	32
2.5 Товщина утеплювача по підвісній стелі 0,2 м.....	35
2.5.1 Теплозахисні якості суміщеного покриття.....	35
2.5.2 Вологісний стан суміщеного покриття	36
Висновки по розділу 2	39
РОЗДІЛ 3. Приведення тепловологісних властивостей суміщеного покриття при додатковому утепленні по підвісній стелі до вимог норм	40
3.1 Додаткове утеплення без демонтажу руберойдного килима.....	41
3.1.1 Товщина утеплювача по підвісній стелі 50 мм	41
3.1.2 Товщина утеплювача по підвісній стелі 100 мм	42
3.1.3 Товщина утеплювача по підвісній стелі 150 мм	44
3.1.4 Товщина утеплювача по підвісній стелі 200 мм	45
3.2 Вологісний стан суміщеного покриття при додатковому утепленні без демонтажу руберойдного килима	47
3.2.1 Товщина утеплювача по підвісній стелі 50 мм	47

					601-БМ.12175641.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Брагін М.О.			<i>Тепловологісний стан суміщеного покриття при розташуванні додаткового утеплення по підвісній стелі</i>	Стадія	Арк.	Аркців
Перевір.		Юрін О.І.					2	104
Консульт.		Юрін О.І.				НУПП ім. Юрія Кондратюка Кафедра БтаЦІ		
Н. Контр. Затверд.		Юрін О.І. Семко О.В.						

3.2.2 Товщина утеплювача по підвісній стелі 100 мм	55
3.2.3 Товщина утеплювача по підвісній стелі 150 мм	64
3.2.3.1 Застосування пароізоляційного шару під утеплювачем товщиною 150 мм розташованим по підвісній стелі	74
3.2.4 Товщина утеплювача по підвісній стелі 200 мм	76
3.2.4.1 Застосування пароізоляційного шару під утеплювачем товщиною 200 мм розташованим по підвісній стелі	86
3.3 Додаткове утеплення з видаленням шарів розташованих зверху плити покриття	88
3.3.1 Товщина утеплювача по підвісній стелі 50 мм	88
3.3.2 Товщина утеплювача по підвісній стелі 100 мм	90
3.3.3 Товщина утеплювача по підвісній стелі 150 мм	91
3.3.4 Товщина утеплювача по підвісній стелі 200 мм	93
3.4 Вологісний стан суміщеного покриття при додатковому утепленні утеплення з видаленням шарів розташованих зверху плити покриття.....	94
3.4.1 Товщина утеплювача по підвісній стелі 50 мм	94
3.4.2 Товщина утеплювача по підвісній стелі 100 мм	102
3.4.3 Товщина утеплювача по підвісній стелі 150 мм	109
3.4.3.1 Збільшення опору паропроникненню шару пароізоляції під додатковим утеплювачем.....	117
3.4.3.2 Застосування пароізоляційного шару під утеплювачем товщиною 150 мм розташованим по підвісній стелі	120
3.4.4 Товщина утеплювача по підвісній стелі 200 мм	122
3.4.4.1 Збільшення опору паропроникненню шару пароізоляції під додатковим утеплювачем.....	131
3.4.4.2 Застосування пароізоляційного шару під утеплювачем товщиною 200 мм розташованим по підвісній стелі	133
Загальні висновки	136
ЛІТЕРАТУРА	138

1. ВСТУП

Актуальність теми.

При термомодернізації будівель додатковий шар утеплення в стінах розташовують з їх зовнішньої сторони. Виконання цього додаткового шару утеплення не викликає значних труднощів при його виконанні. Шар додаткового утеплювача в горіщному перекритті вкладається безпосередньо по існуючому шару, або існуючий шар зазвичай з шлаку, керамзиту та інших сипучих матеріалів, попередньо видаляється. Біль складною задачею, з точки зору технології виконання, є улаштування додаткового шару в суміщеному покритті. У цьому випадку необхідно демонтувати руберойдний килим, вирівнюючу цементно-піщану стяжку, при необхідності видалити існуючий утеплювач та виконати утеплення покриття заново.

У практиці термомодернізації суміщених покриттів зустрічається випадок коли для уникнення складних технологічних процесів додатковий шар утеплення вкладається по підвісній стелі. Це приводить до зниження температури на нижній поверхні плит покриття та можливості утворення на ній конденсату, який може зволожувати додатковий шар утеплення та знижувати його теплозахисні властивості. Тому дослідження тепловологісного стану суміщеного покриття при такому способі додаткового утеплення є актуальною проблемою.

Зв'язок роботи з науковими програмами

Магістерська робота пов'язана з науковими дослідженнями кафедри БгаЦі.

Метою роботи є дослідження тепловологісний стан суміщеного покриття при розташуванні додаткового утеплення по підвісній стелі.

Задачі дослідження:

- визначити рівень теплозахисних якостей існуючого суміщеного покриття при розташуванні додаткового шару утеплення по підвісній стелі;
- визначити вологісний стан існуючого суміщеного покриття при розташуванні додаткового шару утеплення по підвісній стелі;
- розробити способи приведення тепловологісного стану існуючого суміщеного покриття при розташуванні додаткового шару утеплення по підвісній стелі, до вимог норм.

					<i>601-БМ.12175641.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		4

Об'єкт дослідження: суміщене покриття з додатковим шаром утеплення по підвісній стелі.

Методи дослідження: використання температурних полів для визначення теплозахисних властивосте, розрахунки вологісного стану.

Наукова новизна.

Наведені способи приведення тепловологісних якостей суміщеного покриття при розташуванні додаткового шару утеплення по підвісній стелі до вимог норм.

Обсяг та структура роботи. Робота містить 000 аркушів креслень, пояснювальної записки на 143 сторінках, списку з 64 використаних літературних джерел. Пояснювальна записка складається зі вступу та трьох розділів.

					<i>601-БМ.12175641.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		5

**РОЗДІЛ 1. Аналіз досліджень по темі магістерської
роботи**

					<i>601-БМ.12175641.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

[1].

Через суміщене покриття будівель з приміщення проходить значна кількість тепла. Тому теплозахисним властивостям суміщеного покриття приділяється значна увага. Теплоізоляція цієї конструкції може здійснюватися як ззовні так і зсередини.

При утепленні суміщеного перекриття зазвичай використовують наступні матеріали:

- пінополіетилен. Він крім функцій теплоізоляції виконує також функцію пароізоляції.

- пінополістирол. Використовують іноді хоча від пожежонебезпечний.

- мінеральна вата. Має не велику вартість, негорюча.

Технологія виконання утеплення по підвісній стелі полягає у наступному:

- готується основа. Вирівнюється стеля. Потім обробляється протигрибковими розчинами.

- Монтуються елементи підвісної стелі.

- При необхідності прокладається електропроводка.

- Укладається теплоізоляція.

- Виконується обшивка стелі.

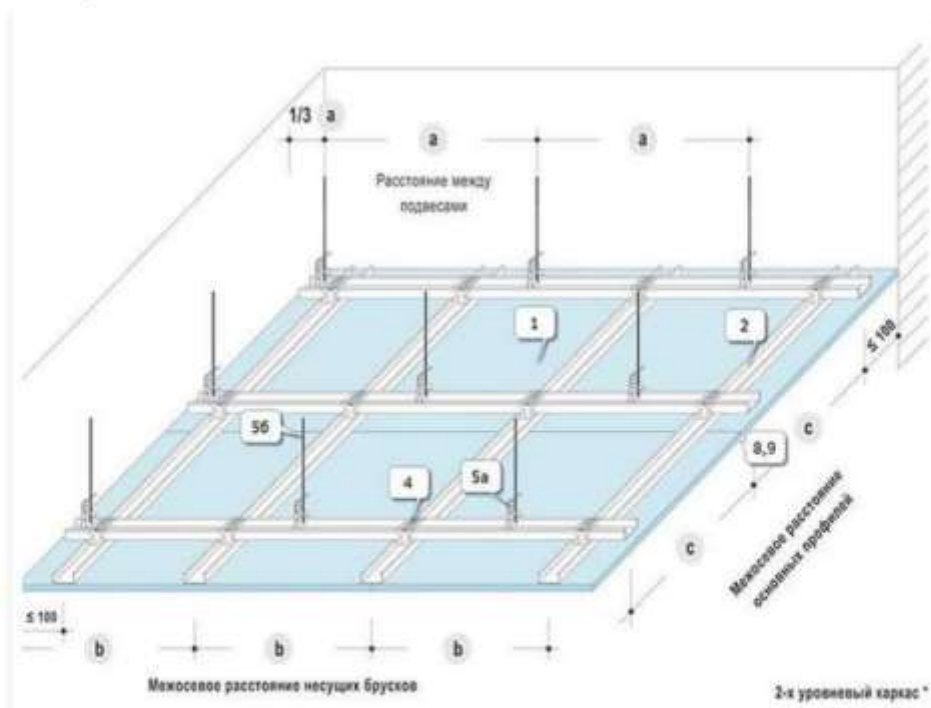


Рис. 1 Підвісна стеля

									Арк.
									7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ				

[2].

Основним завданням суміщеного покриття є передачі навантажень на стіни. Крім цього ця конструкція запобігає втратам тепла приміщенням. Запобігти цим втратам можливо за рахунок утеплення стелі. При цьому утеплення суміщеного покриття з боку приміщення є набагато дешевшим ніж його утеплення з зовнішньої сторони.



Рис. 2 Утеплення стелі пінополістиролом

[3].

В наш час будинок повинен бути максимально енергоефективним. Тобто огорожувальні конструкції будинку повинні мати високі теплозахисні властивості. Чим вище їх опір теплопередачі тим краще. У всякому разі приведений опір теплопередачі не повинен бути меншим ніж нормований. Так суміщене покриття повинно мати це значення не менше $7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$. Якщо опір теплопередачі покриття буде недостатнім, то тепла виходитиме на вулицю, знижуючи енергоефективність будівлі. Це в свою чергу приводить до збільшення витрат грошей на оплату опалення.

					<i>601-БМ.12175641.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8



Рис. 3 Утеплення горищного перекриття.

[4].

Тепле повітря в приміщенні рухається вгору. Тому утеплення стелі має велике значення. Який матеріал краще використовувати при утепленні суміщеного покриття. Найбільший ефект досягається при утепленні мінеральною ватою.

Утеплення мінватою виконується як із зовнішнього сторони так і з внутрішньої. На вибір способу утеплення впливає особливості приміщення..

Основним недоліком утеплення стелі з внутрішньої сторони є зменшення висоти приміщення.

Технологія виконання утеплення з внутрішньої сторони полягає у наступному. Виконується підвісний каркас з металевих або дерев'яних елементів.



Рис 4 Улаштування металевого каркасу

					601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

Потім, між стелею і каркасом вкладається утеплювач.



Рис. 5 Вкладання утеплювача

Утеплювач вкладають без зазорів між плитами утеплювача. Також під утеплювачем бажано вкласти шар з пароізоляційної плівки.

Процес утеплення стелі завершується улаштуванням гіпсокартону.

[5].

Існуючі значний час будівлі потребують теплоізоляції приміщень. Вона необхідна для отримання комфортної температури в приміщенні при мінімальному обігріві.

Для теплоізоляції стелі використовують мінеральну вату та поліетилен. Вони є не тільки хорошим утеплювачем а і звукоізолюючим матеріалом.

Теплоізоляцію доцільно виконувати з улаштуванням натяжних і підвісних стель.

При улаштуванні підвісної стелі каркас виготовляється з металевого профілю.

У якості утеплювача використовують спінений поліетилен. Це недорогий матеріал, який є не тільки утеплювачем але й виконує функції шумозахисту та пароізоляції. Спінений поліетилен має підвищену міцність та тривалий термін експлуатації.

Базальтова вата також часто застосовується для утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій. Цей матеріал не схильний до цвілі.

								Арк.
								10
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ			

НЕ так давно з'явився новий ефективний утеплювач - поліефірний ЕКО-утеплювач. Він є якісним теплоізоляційним матеріалом. Він має малу вагу, екологічний, простий у монтажу. Його термін служби більше ста років.



БЛОКИ З СПІНЕНОГО
ПОЛІЕТИЛЕНУ



ПОЛОТНО ЗІ СПІНЕНОГО
ПОЛІЕТИЛЕНУ



ПОЛІЕФІРНИЙ ЕКО-УТЕПЛЮВАЧ

[6].

Гіпсокартон часто використовується для улаштування підвісної стелі, її шумоізоляції та утеплення.

Спочатку виконують монтаж профіля підвісної стелі.



Рис. 6 Основа підвісної стелі

								Арк.
								11
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ			

Потім виконують встановлення профіля для спирання гіпсокартону.



Рис. 7 Встановлення профіля для спирання гіпсокартону

Встановлюють утеплювач на каркас підвісної стелі.



Рис. 8 Встановлення утеплювача на каркас підвісної стелі

Використовуючи підпорки встановити гіпсокартон у проектне положення.

					601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12



Рис. 9 Гіпсокартон встановлений у проектне положення

Кріплення гіпсокартону.



Рис. 10 Кріплення гіпсокартону



Рис. 11 Готова гіпсокартонна стеля

					<i>601-БМ.12175641.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

[7].

Некомфортні умови проживання в кімнатах, це ознака недостатньої теплоізоляції зовнішніх огороджувальних конструкцій будівлі зокрема стелі. З допомогою сучасних утеплювачів можна цьому запобігти.

Найчастіше, утеплення з боку горища неможливо виконати при малій висоті даху або якщо балки з невеликою висотою перетину. Тобто для виконання утеплення замалий розмір даху. У цьому випадку утеплювач встановлюють з середини кімнати. Це ускладнює виконання робіт.

Для внутрішніх утеплення з середини приміщення не кожен утеплювач підійде. Головна до нього наступні:

- вогнестійкість;
- екологічність;
- стійкість до грибка;
- ціна;
- ефективність при мінімальній товщині;
- мала вага.

Утеплювачі, що відповідають наведеним вимогам це:

- пінопласт;
- пінополістирол;
- пінополіетилен;
- мінвата.

Обидва способи утеплення дають однакові результати з теплоізоляції, але утеплення ззовні більш зручне і універсальне. Тому утеплення з кімнати виконують, коли неможливо виконати інший. Це зазвичай якщо горище низьке, на ньому є інженерні комунікації або там живуть інші господарі.

[8].

Теплоємність огороджувальної конструкції дозволяє регулювати температуру в приміщенні. Вплив коливання температури зовнішнього повітря протягом доби коливання температури в приміщенні може бути зменшеним за рахунок застосування більш теплоємних матеріалів. Застосування таких матеріалів дозволяє зменшити

					<i>601-БМ.12175641.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

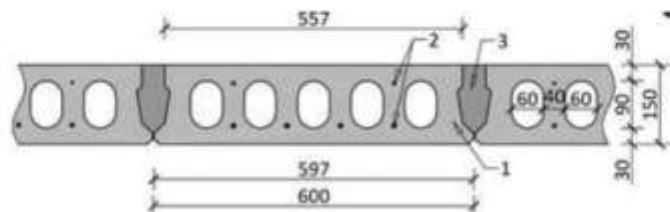
перегрів приміщення літом та зекономити теплову енергію взимку. Використання утеплювача змонтованого по підвісній стелі дозволяє збільшити теплоємність суміщеного покриття в цілому.

[9].

Метою дослідження було визначити економію тепла та покращення комфорту в приміщенні при застосуванні бетону у стелі у порівнянні з підвісною стелею. Критерієм для оцінювання був моніторинг температури повітря в приміщенні та на внутрішній поверхні стелі. Дослідження виконувалися у верхніх поверхнях офісних будівель під час їх експлуатації. Також було виконано моделювання з використанням відповідних програмних комплексів. Виявилось, що результати отримані з програмного комплексу збігаються з натурними дослідженнями. Результати, показують, що бетон зменшує тривалість з високими температурами та створює більш стабільні температури повітря в приміщенні протягом дня. Крім того, бетон збільшує тривалість нічного охолодження конструкцій. Але при демонтажі підвісної стелі, економія енергії на опалення незначна.

[10].

У статті наведені результати розрахунків коефіцієнта теплопередачі в стелях зі складним поперечним перерізом. З утеплювачем розташованим всередині перерізу. Розрахунки виконувалися відповідно до стандарту EN ISO 6946:2017. Показано, що виконане моделювання та розрахунки збігаються з натурними та лабораторними випробуванням. Розбіжність між ними становить 10%–40%. Врахування порожнин в багатопустотних плитах впливає на результати розрахунку. Так як традиційні розрахунки вимагають деяких спрощень, слід користуватися чисельними методами, для отримання більш точних результатів.



							Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ		15

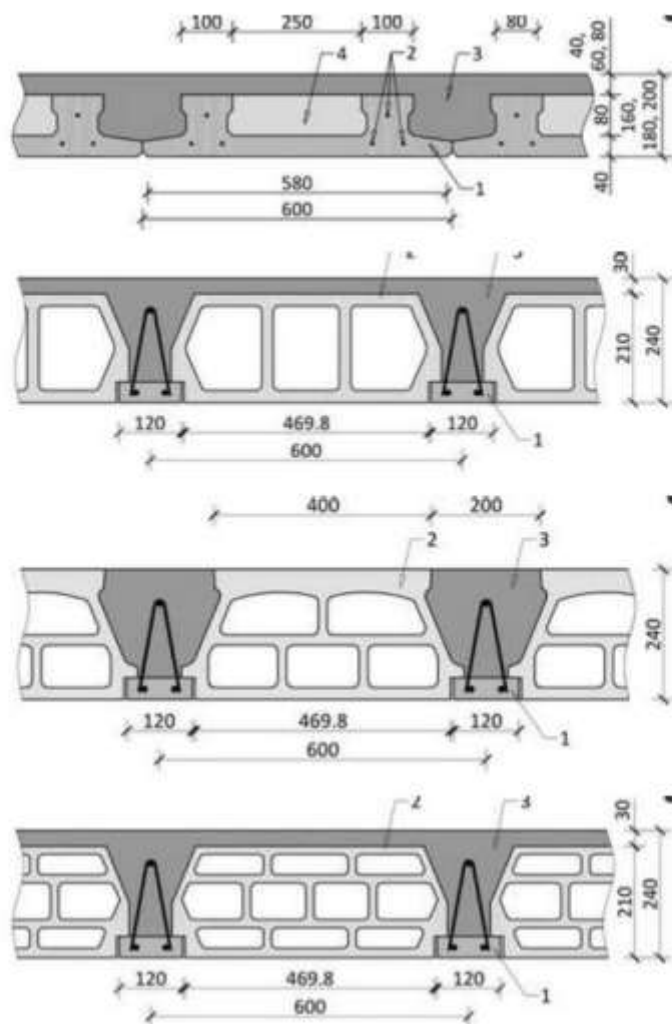


Рис. 12 Варіанти розглянутих конструкцій

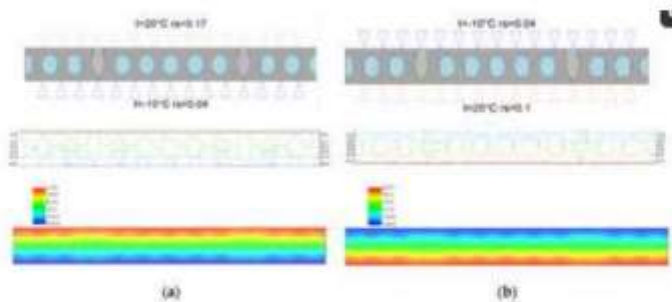


Рис. 13 Результати чисельних розрахунків

Аналіз показав, що метод скінченних елементів може використовуватися для визначення опору теплопередачі залізобетонних плит. З'ясувалося, що в спрощених розрахунках особливо при складній геометрії плити спостерігаються значні

								Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ			16

розходження. Можна зробити висновок, що чисельні методи дають більш точні результати.

Аналіз розглянутого матеріалу дозволяє зробити наступні загальні висновки.

Розташування утеплювача по підвісній стелі – є одним зі способів підвищення теплозахисних властивостей суміщеного покриття.

Утеплювачі, що застосовуються:

1. Мінеральна вата. Вона має такі властивості:

- Мала вага, мають високі теплозахисні та звукоізоляційні властивості.
- Вогнестійкі.

Застосування мінеральної вати потребує встановлення пароізоляції яка запобігає зволоженню утеплювача та втрати їм теплозахисних властивостей.

2. Пінополістирол

- У порівнянні з мінеральною ватою має кращі теплозахисні властивості.
- швидше монтується.
- Горючий.
- Пінополіуретан.
- При його улаштуванні не має швів.
- Добре прилягає до поверхонь.
- Більш Дорогий у порівнянні з іншими матеріалами
- При улаштуванні потребує спеціального обладнання.

Технологія утеплення складається з наступних етапів:

1. Монтаж каркаса підвісної стелі.

2. Укладання пароізоляції.

3. Укладання утеплювача.

4. Монтаж підвісної стелі із застосуванням гіпсокартону, касетних систем, натяжної стелі).

Переваги такого способу утеплення:

- Зменшення тепловтрат.
- Покращення звукоізоляції.
- Можливість утеплення на стадії експлуатації будівлі

									Арк.
									17
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ				

- Не потрібен демонтаж покрівлі.

Недоліки:

- Зменшення висоти приміщення.
- Можливість підвищення вологості утеплювача та конденсації вологи на

внутрішній поверхні плит покриття.

Товщина утеплювача по підвісній стелі зазвичай становить 100–200 мм.

Також ці питання висвітлені у [15-54].

Теплозахисні властивості суміщених покриттів з утепленням по підвісній стелі регламентуються в [55-58].

Методики визначення теплозахисних властивостей огороджувальних конструкцій викладені в навчальних посібниках [59-62].

ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 1

1. У дослідженнях недостатньо уваги приділено можливості утворення конденсату на внутрішній поверхні плит покриття.

					<i>601-БМ.12175641.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

**РОЗДІЛ 2. Дослідження тепловологісного стану
суміщеного покриття при розташуванні додаткового
шару утеплення по підвісній стелі**

					<i>601-БМ.12175641.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19

2.1 Теплозахисні властивості суміщеного покриття існуючих будівель за нормами 1979 року.

Дослідження виконуємо для кліматичних умов м. Полтави. Параметри внутрішнього повітря приймаємо для громадської будівлі. Розрахунки виконуємо для січня.

Шар утеплювача у будинках збудованих за нормами 1979 року зазвичай виконувався з керамзиту. Конструкція суміщеного покриття наведена на рис. 14.



Рис. 14 Конструкція суміщеного покриття

Визначаємо товщину керамзиту за формулою

$$d_2 = \lambda_2 \left(R_{q.min} - \frac{1}{h_{int}} - \frac{d_1}{\lambda_1} - \frac{d_3}{\lambda_3} - \frac{d_4}{\lambda_4} - \frac{1}{h_e} \right)$$

$$= 0,18 * \left(0,745 - \frac{1}{8,7} - \frac{0,22}{2,04} - \frac{0,04}{0,93} - \frac{0,01}{0,17} - \frac{1}{23} \right) = 0,075 \text{ м}$$

де $R_{q.min}$ – нормований опір теплопередачі, визначаємо за формулою

$$R_{q.min} = \frac{n(\theta_{int} - \theta_e)}{\Delta\theta_{int-si} * h_{int}} = \frac{1 * (18 - (-23))}{5,5 * 10} = 0,745 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Де:

де $n = 1$

					601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

$$\theta_{int} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_e = -23 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta\theta_{int-si} = 5,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$h_{int} = 10 \text{ Вт} \cdot \text{м}^2/\text{К}$$

Приймаємо товщину шару керамзиту 0,07 м.

У якості додаткового утеплювача прийнята мінеральна вата щільністю 35 кг/м³.

2.2 Товщина утеплювача по підвісній стелі 0,05 м

2.2.1 Теплозахисні якості суміщеного покриття

Переріз конструкції покриття наведений на рис. 15.

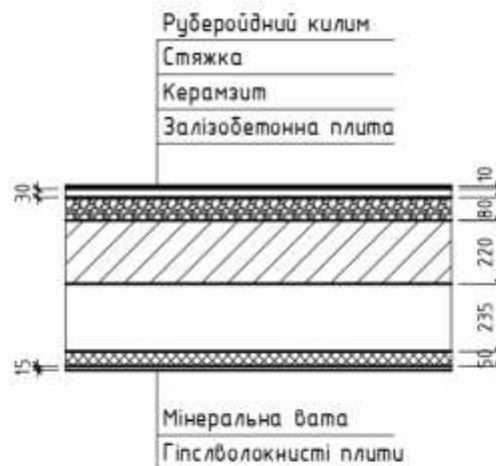


Рис. 15 Конструкція покриття

Визначення приведенного опору теплопередачі суміщеного покриття виконуємо з використанням програми THERM.

Схема для розрахунку температурного поля наведена на рис. 16.

						601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			21

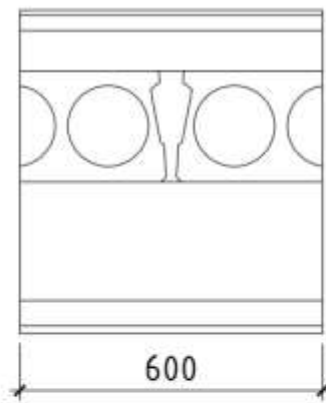


Рис. 16 Схема для розрахунку температурного поля

Температурне поле наведено на рис. 17.

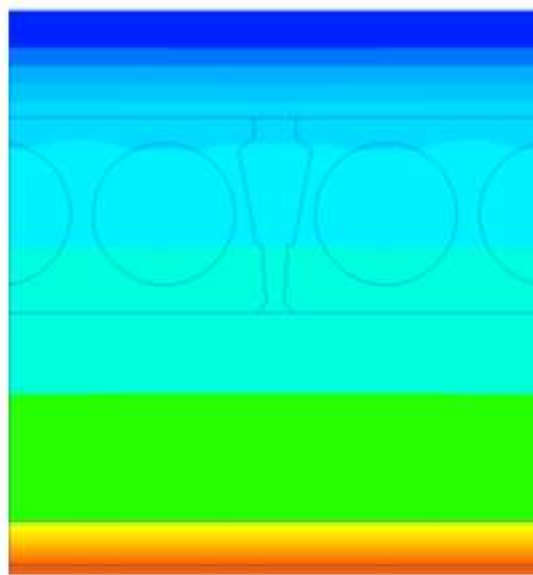


Рис. 17 Температурне поле

Визначасмо приведеній опір теплопередачі суміщеного покриття за формулою

$$R_{\Sigma пр} = \frac{\theta_{int} - \theta_e}{q} * l = \frac{20 - (-5,5)}{7,5} * 0,6 = 2,05 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де θ_{int} – температура внутрішнього повітря, $\theta_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

θ_e - температура зовнішнього повітря, $\theta_e = -5,5 \text{ }^\circ\text{C}$;

q – тепловий потік, за даними розрахунку температурного поля $q = 7,5 \text{ Вт}$;

					601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22

l – довжина розрахункової схеми, $l = 0,6$ м.

Висновок. Приведений опір теплопередачі суміщеного покриття менше нормованого значення яке дорівнює $R_{q,min} = 7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

2.2.2 Вологісний стан суміщеного покриття

Розрахунок вологісного стану суміщеного покриття виконуємо з використанням програми THERM.

Поле парціальних тисків водяної пари наведено на рис. 18.

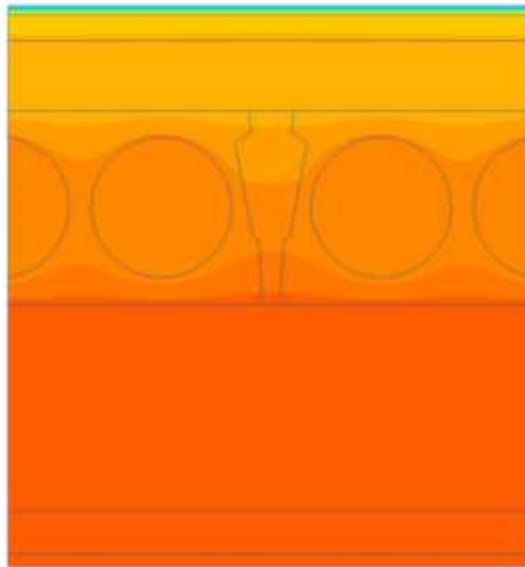


Рис. 18 Поле парціальних тисків водяної пари

Перевіряємо можливість утворення конденсату на внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття.

Використовуючи результати розрахунку температурного поля отримуємо розподіл температури по внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття. Графік розподілу температури наведений на рис. 19.

					601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

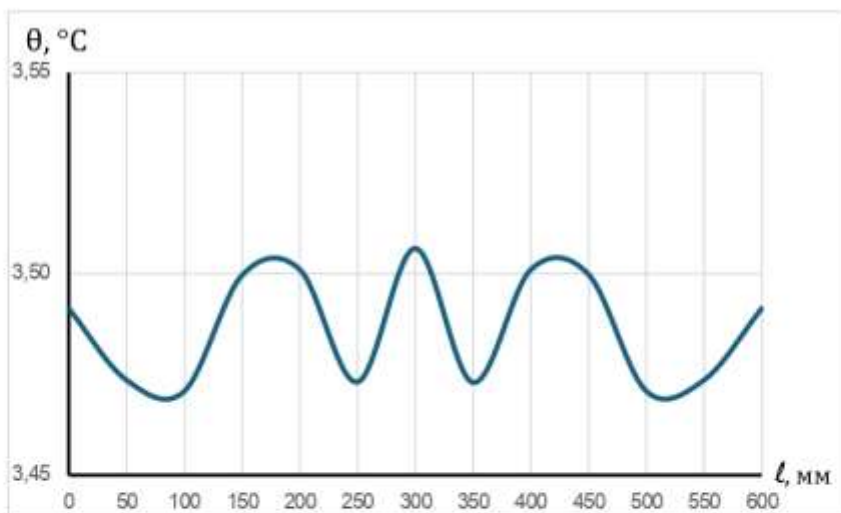


Рис. 19 Розподілу температури на внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття

Використовуючи ці температури визначаємо парціальний тиск насиченої водяної пари (рис. 20).

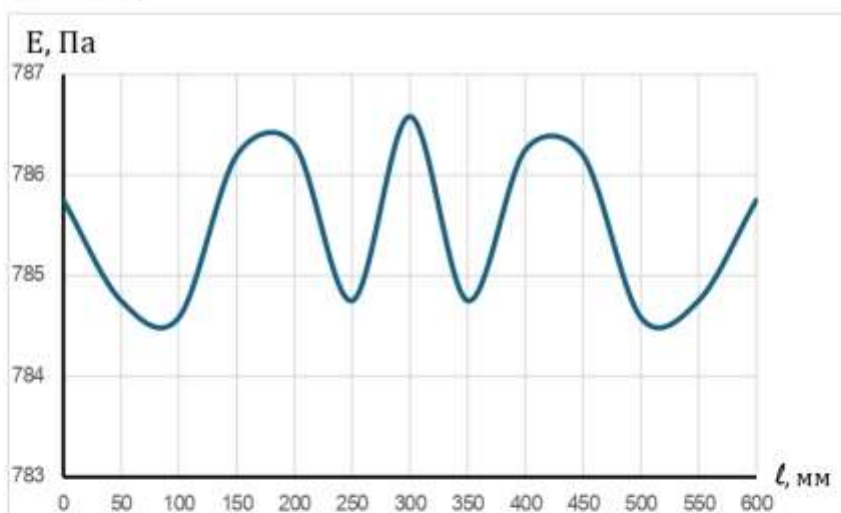


Рис. 20 Парціальний тиск насиченої водяної пари

Використовуючи результати розрахунку поля парціальних тисків отримуємо розподіл парціального тиску водяної пари по внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття. Графік розподілу парціального тиску наведений на рис. 21.

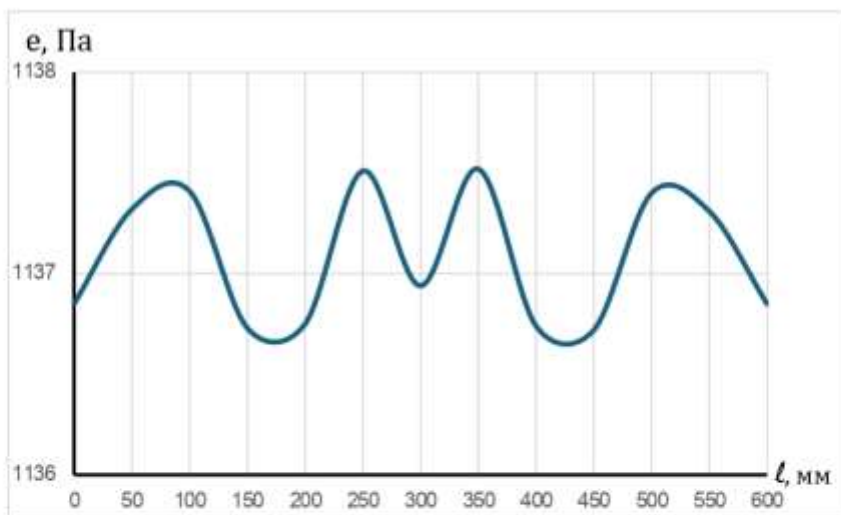


Рис. 20 Парціального тиску водяної пари

На рис. 21 наведені графіки парціального тиску e та парціального тиску насиченої водяної пари E .

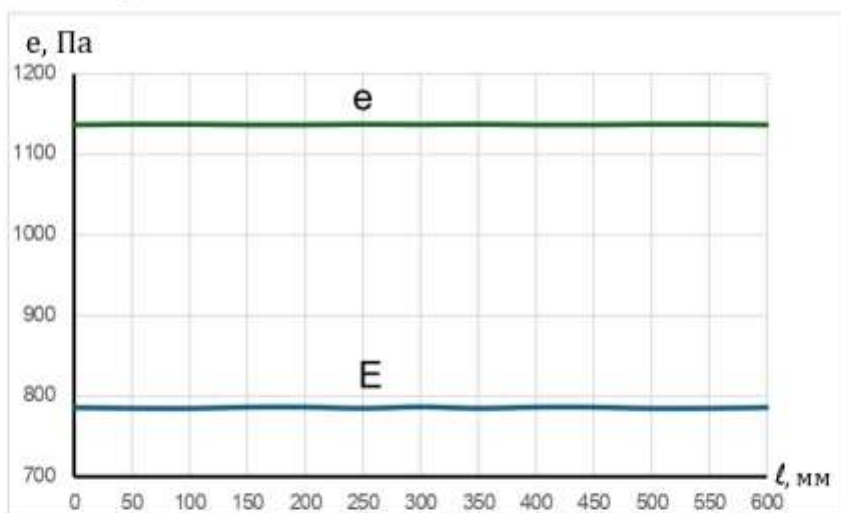


Рис. 21 Парціальний тиск e та парціального тиску насиченої водяної пари E

Як видно з графіків на рис. 21 парціальний тиск насиченої водяної пари E нижче парціального тиску водяної пари e . Тому на всій поверхні залізобетонної плити буде утворюватися конденсат. Він буде зволожувати залізобетонну плиту, що буде приводити до руйнування плити на корозії арматури. Крім цього краплі конденсату будуть капати вниз на шар мінеральної вати вкладеної на підвісну стелю та

зволожувати її, що приведе до втрати утеплювачем своїх теплозахисних властивостей.

2.3 Товщина утеплювача по підвісній стелі 0,1 м

2.3.1 Теплозахисні якості суміщеного покриття

Переріз конструкції покриття наведений на рис. 22.

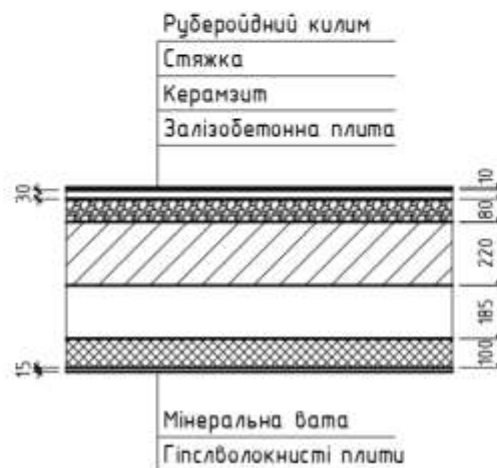


Рис. 22 Конструкція покриття

Схема для розрахунку температурного поля наведена на рис. 23.

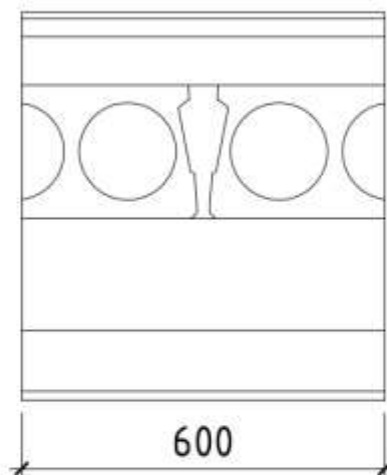


Рис. 23 Схема для розрахунку температурного поля

Температурне поле наведено на рис. 24.

					601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26

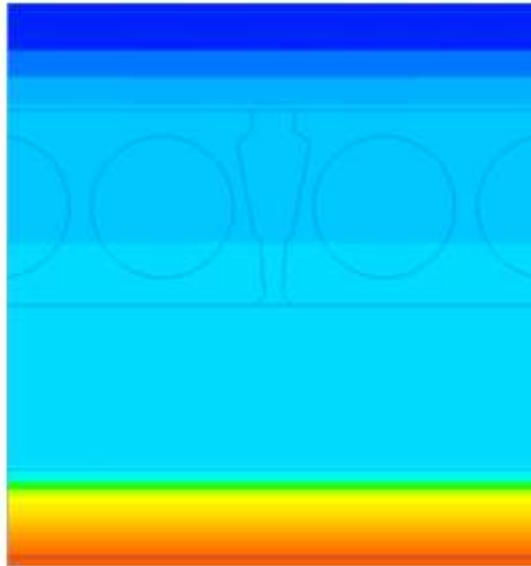


Рис. 24 Температурне поле

Визначасмо приведенний опір теплопередачі суміщеного покриття за формулою

$$R_{\Sigma пр} = \frac{\theta_{int} - \theta_e}{q} * l = \frac{20 - (-5,5)}{5,1} * 0,6 = 3,02 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де θ_{int} – температура внутрішнього повітря, $\theta_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

θ_e - температура зовнішнього повітря, $\theta_e = -5,5 \text{ }^\circ\text{C}$;

q – тепловий потік, за даними розрахунку температурного поля $q = 5,1 \text{ Вт}$;

l – довжина розрахункової схеми, $l = 0,6 \text{ м}$.

Висновок. Приведений опір теплопередачі суміщеного покриття менше нормованого значення яке дорівнює $R_{q,min} = 7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

2.3.2 Вологісний стан суміщеного покриття

Поле парціальних тисків водяної пари наведено на рис. 25.

					601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		27

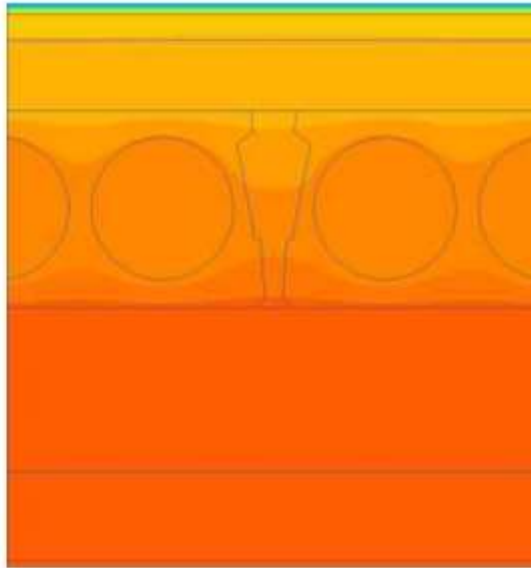


Рис. 25 Поле парціальних тисків водяної пари

Перевіримо можливість утворення конденсату на внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття.

Використовуючи результати розрахунку температурного поля отримуємо розподіл температури по внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття. Графік розподілу температури наведений на рис. 26.

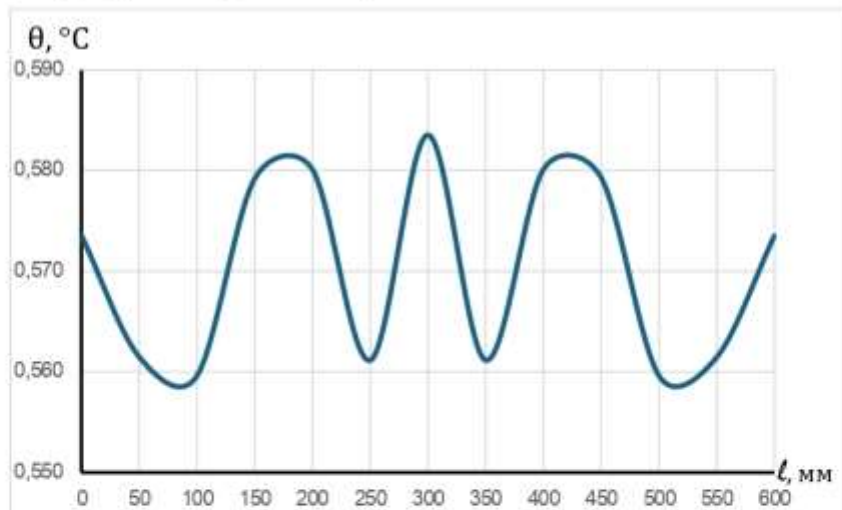


Рис. 26 Розподілу температури на внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття

Використовуючи ці температури визначаємо парціальний тиск насиченої водяної пари (рис. 27).

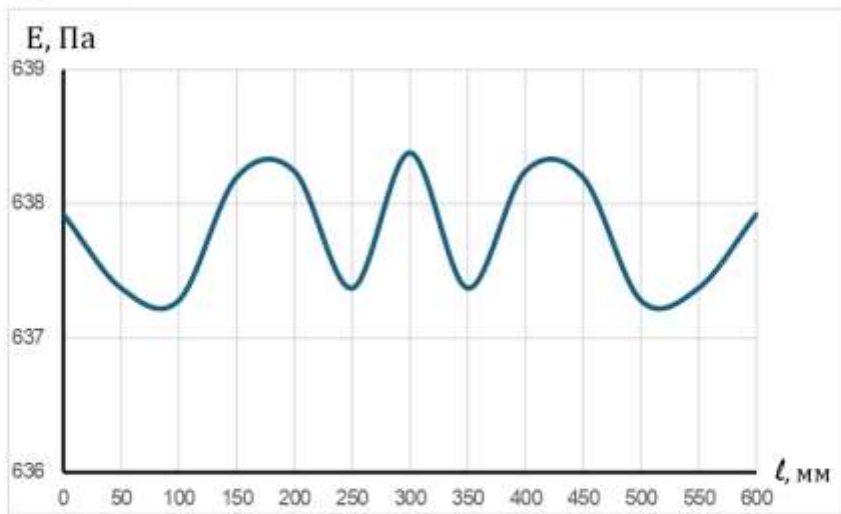


Рис. 27 Парціальний тиск насиченої водяної пари

Використовуючи результати розрахунку поля парціальних тисків отримуємо розподіл парціального тиску водяної пари по внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття. Графік розподілу парціального тиску наведений на рис. 28.

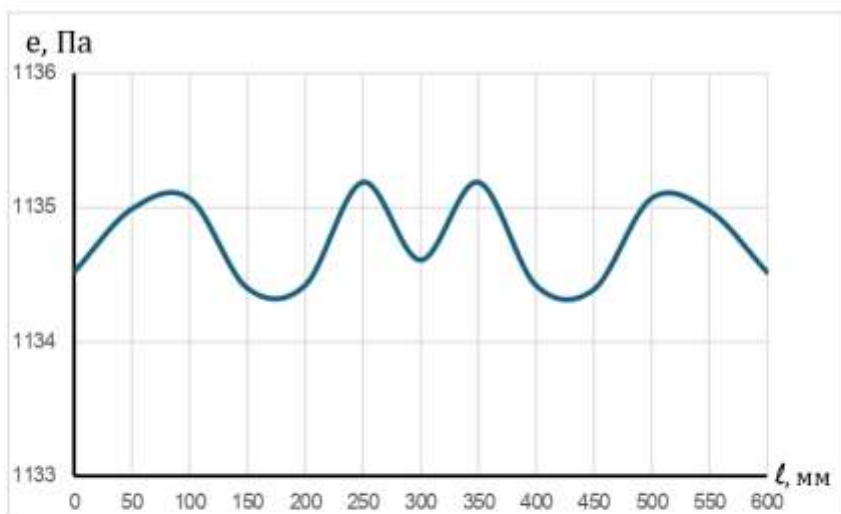


Рис. 28 Парціального тиску водяної пари

На рис. 29 наведені графіки парціального тиску e та парціального тиску насиченої водяної пари E .

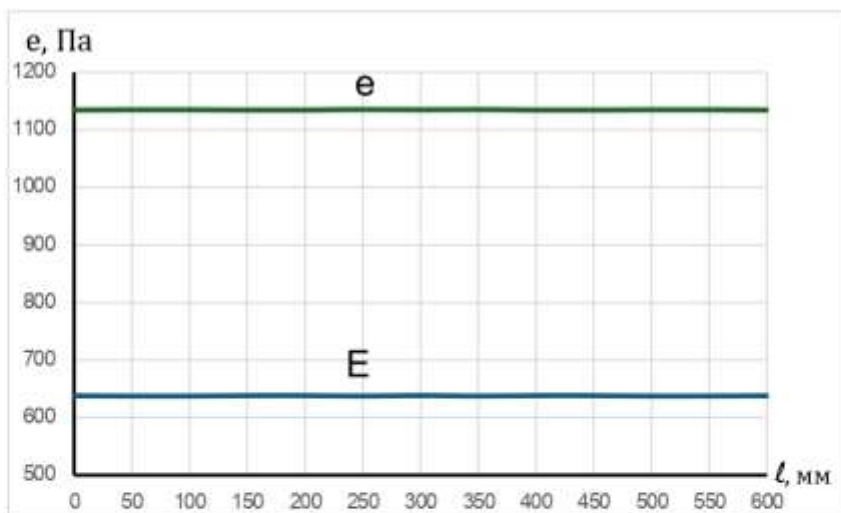


Рис. 29 Парціальний тиск e та парціального тиску насиченої водяної пари E

Як видно з графіків на рис. 29 парціальний тиск насиченої водяної пари E нижче парціального тиску водяної пари e . Тому на всій поверхні залізобетонної плити буде утворюватися конденсат. Він буде зволожувати залізобетонну плиту, що буде приводити до руйнування плити на корозії арматури. Крім цього краплі конденсату будуть капати вниз на шар мінеральної вати вкладеної на підвісну стелю та зволожувати її, що приведе до втрати утеплювачем своїх теплозахисних властивостей.

2.4 Товщина утеплювача по підвісній стелі 0,15 м

2.4.1 Теплозахисні якості суміщеного покриття

Переріз конструкції покриття наведений на рис. 30.

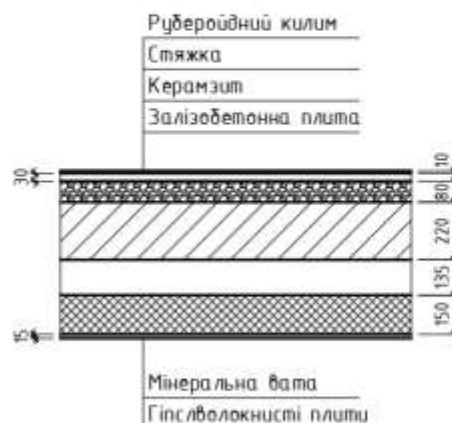


Рис. 30 Конструкція покриття

					601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		30

Схема для розрахунку температурного поля наведена на рис. 31.

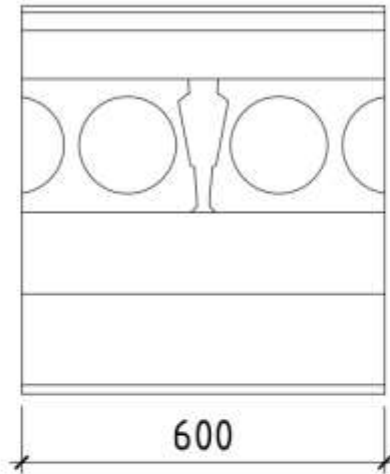


Рис. 31 Схема для розрахунку температурного поля

Температурне поле наведено на рис. 32.

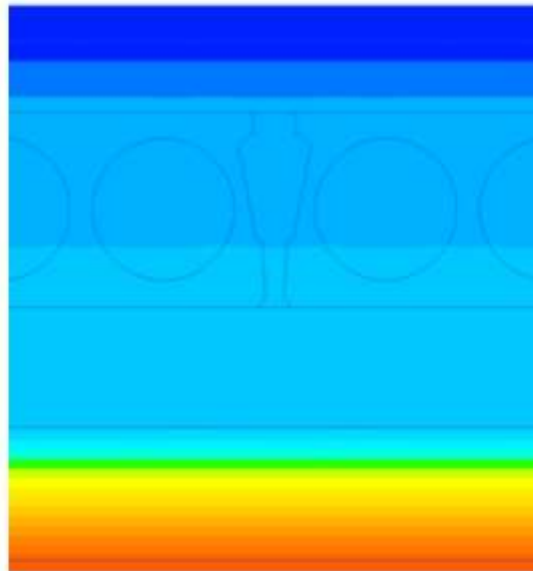


Рис. 32 Температурне поле

Визначасмо приведений опір теплопередачі суміщеного покриття за формулою

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{\theta_{\text{int}} - \theta_e}{q} * l = \frac{20 - (-5,5)}{3,86} * 0,6 = 3,99 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де θ_{int} – температура внутрішнього повітря, $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

								Арк.
								31
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ			

θ_e - температура зовнішнього повітря, $\theta_e = -5,5$ °C;

q – тепловий потік, за даними розрахунку температурного поля $q = 3,86$ Вт;

l – довжина розрахункової схеми, $l = 0,6$ м.

Висновок. Приведений опір теплопередачі суміщеного покриття менше нормованого значення яке дорівнює $R_{q,min} = 7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

2.4.2 Вологісний стан суміщеного покриття

Поле парціальних тисків водяної пари наведено на рис. 33.

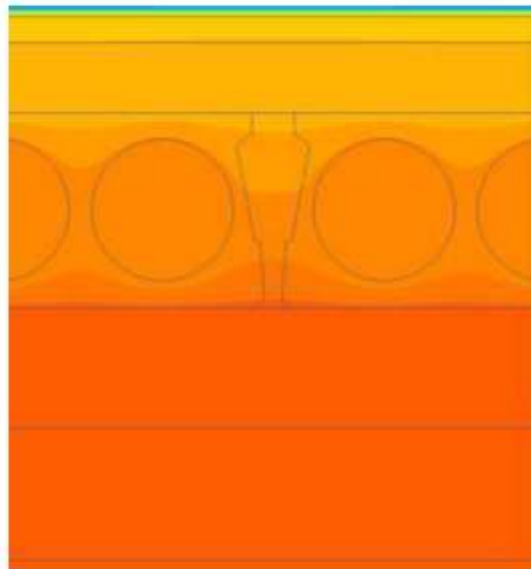


Рис. 33 Поле парціальних тисків водяної пари

Перевіримо можливість утворення конденсату на внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття.

Використовуючи результати розрахунку температурного поля отримуємо розподіл температури по внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття. Графік розподілу температури наведений на рис. 34.

					601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		32

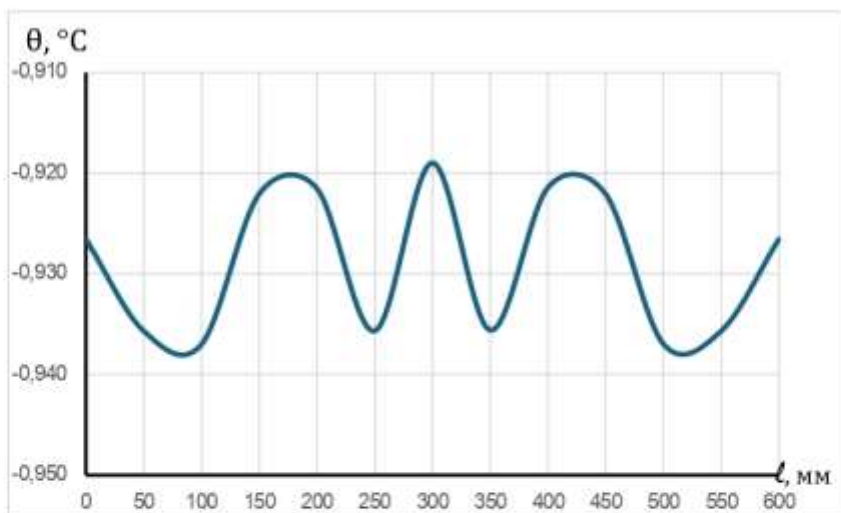


Рис. 34 Розподілу температури на внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття

Використовуючи ці температури визначаємо парціальний тиск насиченої водяної пари (рис. 35).

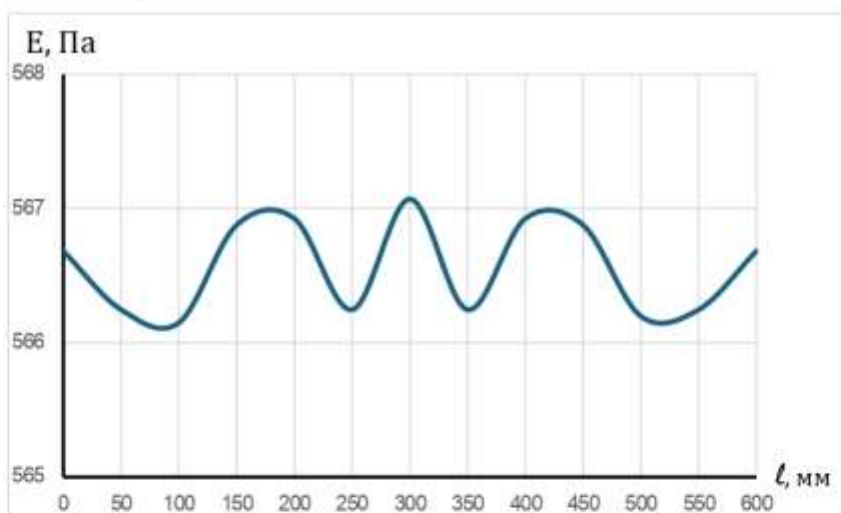


Рис. 35 Парціальний тиск насиченої водяної пари

Використовуючи результати розрахунку поля парціальних тисків отримуємо розподіл парціального тиску водяної пари по внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття. Графік розподілу парціального тиску наведений на рис. 36.

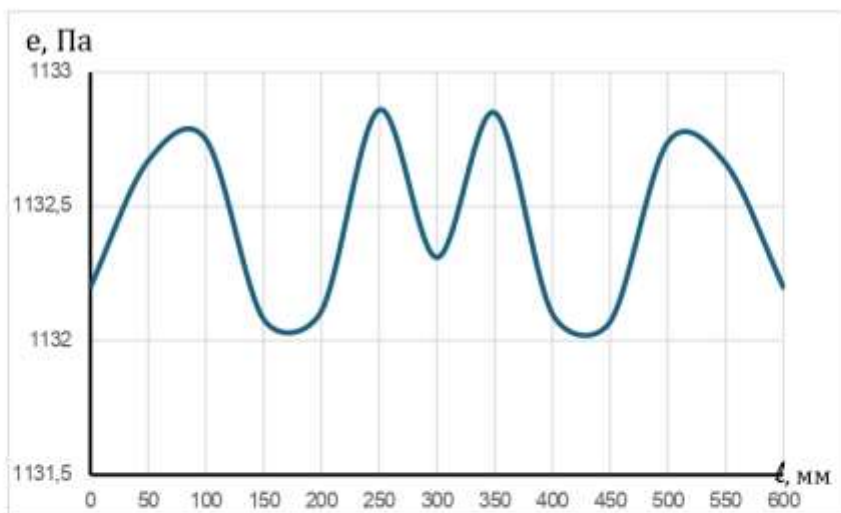


Рис. 36 Парціального тиску водяної пари

На рис. 37 наведені графіки парціального тиску e та парціального тиску насиченої водяної пари E .

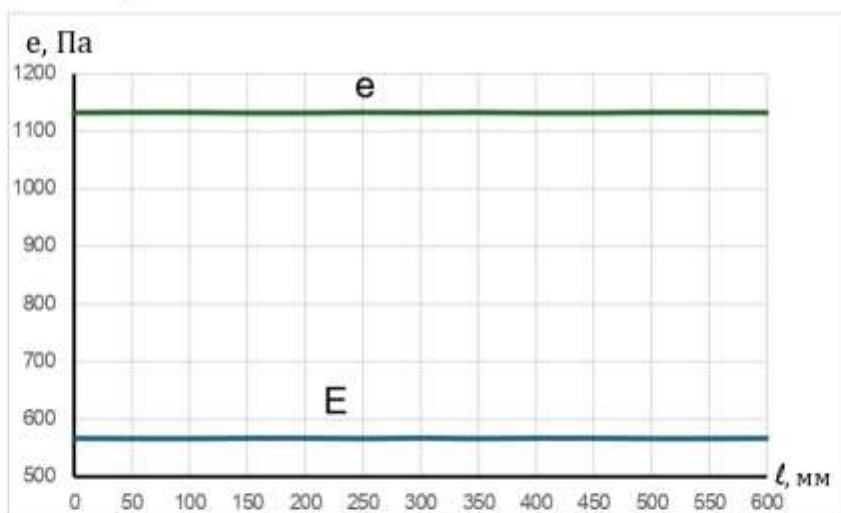


Рис. 37 Парціальний тиск e та парціального тиску насиченої водяної пари E

Як видно з графіків на рис. 37 парціальний тиск насиченої водяної пари E нижче парціального тиску водяної пари e . Тому на всій поверхні залізобетонної плити буде утворюватися конденсат. Він буде зволожувати залізобетонну плиту, що буде приводити до руйнування плити на корозії арматури. Крім цього краплі конденсату будуть капати вниз на шар мінеральної вати вкладки на підвісну стелю та

зволожувати її, що приведе до втрати утеплювачем своїх теплозахисних властивостей.

2.5 Товщина утеплювача по підвісній стелі 0,2 м

2.5.1 Теплозахисні якості суміщеного покриття

Переріз конструкції покриття наведений на рис. 38.

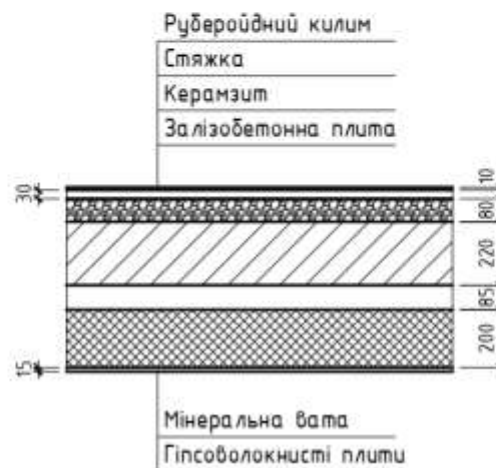


Рис. 38 Конструкція покриття

Схема для розрахунку температурного поля наведена на рис. 39.

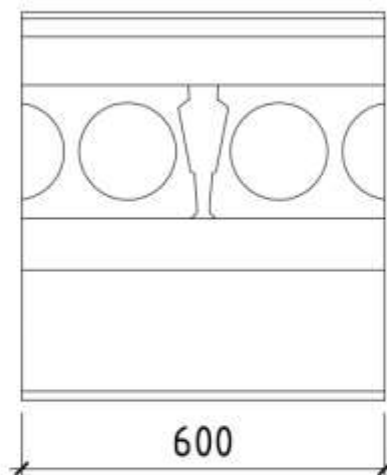


Рис. 39 Схема для розрахунку температурного поля

Температурне поле наведено на рис. 40.

					601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

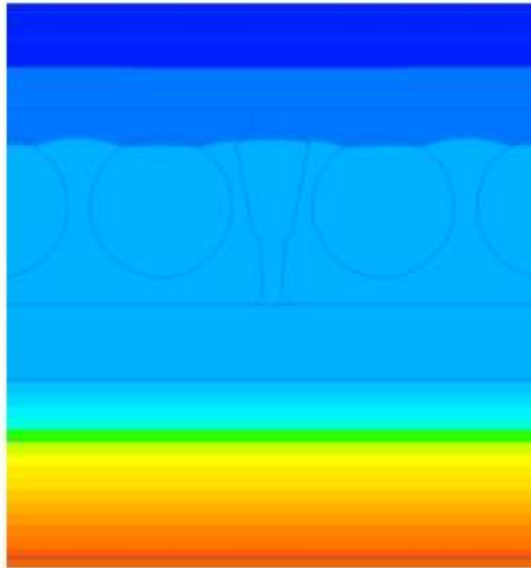


Рис. 41 Температурне поле

Визначасмо приведенний опір теплопередачі суміщеного покриття за формулою

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{\theta_{\text{int}} - \theta_e}{q} * l = \frac{20 - (-5,5)}{3,1} * 0,6 = 4,96 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де θ_{int} – температура внутрішнього повітря, $\theta_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

θ_e - температура зовнішнього повітря, $\theta_e = -5,5 \text{ }^\circ\text{C}$;

q – тепловий потік, за даними розрахунку температурного поля $q = 3,1 \text{ Вт}$;

l – довжина розрахункової схеми, $l = 0,6 \text{ м}$.

Висновок. Приведений опір теплопередачі суміщеного покриття менше нормованого значення яке дорівнює $R_{q,\text{min}} = 7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

2.5.2 Вологісний стан суміщеного покриття

Поле парціальних тисків водяної пари наведено на рис. 42.

					601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		36

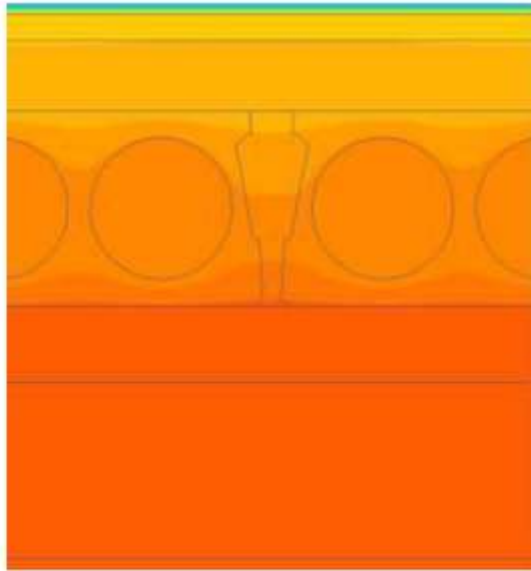


Рис. 42 Поле парціальних тисків водяної пари

Перевіримо можливість утворення конденсату на внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття.

Використовуючи результати розрахунку температурного поля отримуємо розподіл температури по внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття. Графік розподілу температури наведений на рис. 43.

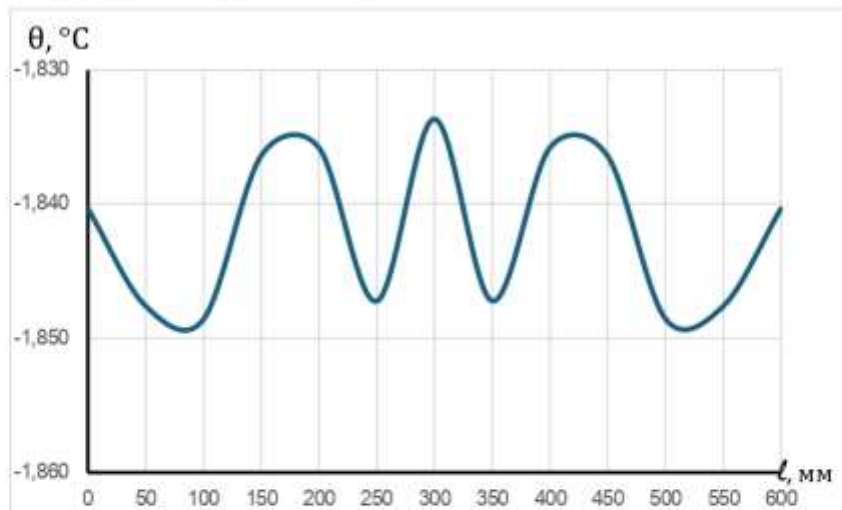


Рис. 43 Розподілу температури на внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття

Використовуючи ці температури визначаємо парціальний тиск насиченої водяної пари (рис. 44).

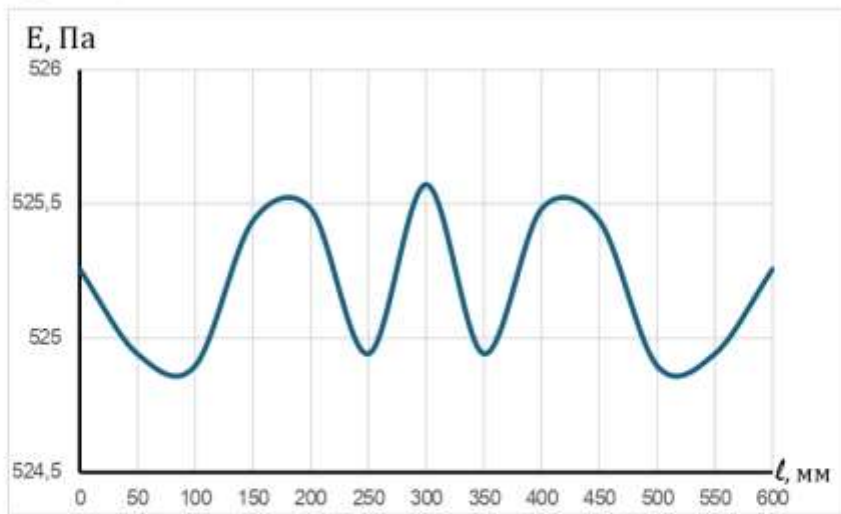


Рис. 44 Парціальний тиск насиченої водяної пари

Використовуючи результати розрахунку поля парціальних тисків отримуємо розподіл парціального тиску водяної пари по внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття. Графік розподілу парціального тиску наведений на рис. 45.

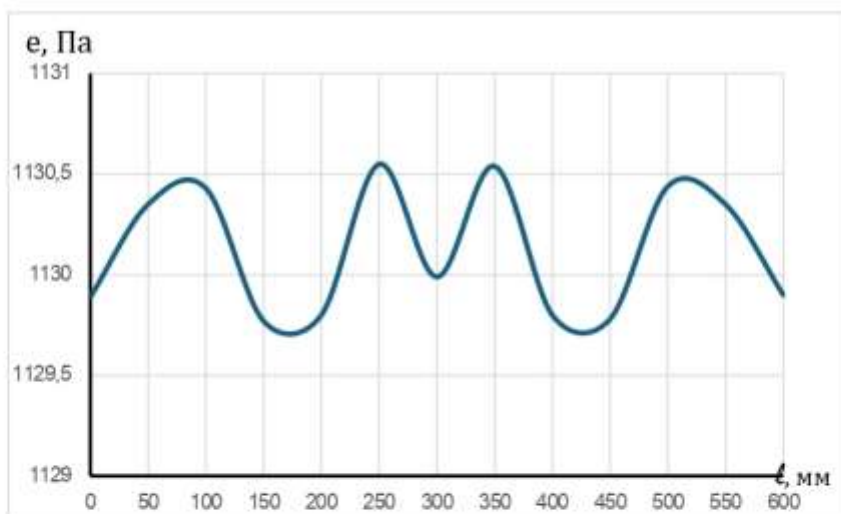


Рис. 45 Парціального тиску водяної пари

На рис. 46 наведені графіки парціального тиску e та парціального тиску насиченої водяної пари E .

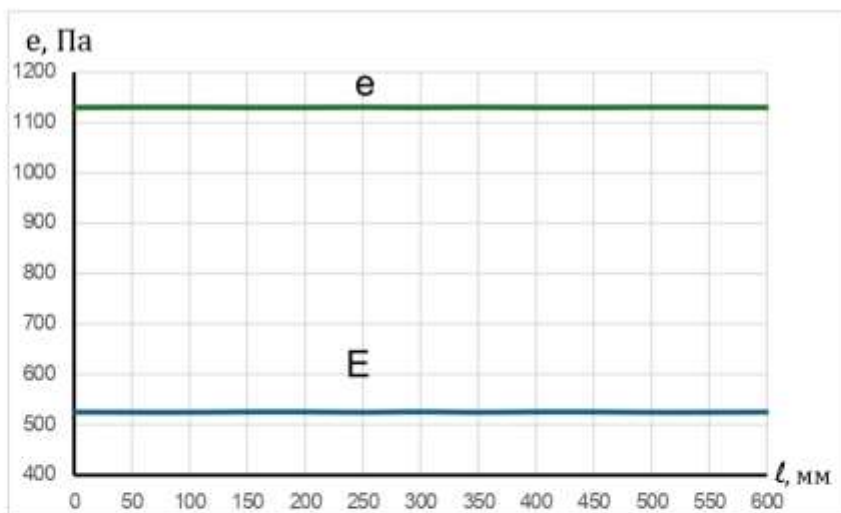


Рис. 46 Парціальний тиск e та парціального тиску насиченої водяної пари E

Як видно з графіків на рис. 46 парціальний тиск насиченої водяної пари E нижче парціального тиску водяної пари e . Тому на всій поверхні залізобетонної плити буде утворюватися конденсат. Він буде зволожувати залізобетонну плиту, що буде приводити до руйнування плити на корозії арматури. Крім цього каплі конденсату будуть капати вниз на шар мінеральної вати вкладеної на підвісну стелю та зволожувати її, що приведе до втрати утеплювачем своїх теплозахисних властивостей.

Висновки по розділу 2

1. Як показали виконані дослідження теплозахисні властивості суміщеного покриття при товщині утеплювача з мінеральної вати від 50 мм до 200 мм не задовольняють нормам.
2. Також у цих варіантах протягом січня спостерігається конденсація вологи на внутрішній поверхні залізобетонних плит покриття.

						601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			39

**РОЗДІЛ 3. Приведення тепловологісних властивостей
суміщеного покриття при додатковому утепленні по
підвісній стелі до вимог норм**

					<i>601-БМ.12175641.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		40

Для приведення теплозахисних якостей суміщеного покриття з утеплювачем по підвісній стелі улаштувати додатковий шар утеплювача зверху існуючого у підвісній стелі не має можливості внаслідок малої відстані між існуючим шаром утеплювача та стелею. Тому додатковий шар утеплювача виконуємо по суміщеному покриттю. Для утеплення була прийнята мінеральна вата щільністю 200 кг/м³.

Товщина додаткового шару утеплювача визначалася методом підбору товщини, з використанням результатів розрахунку температурних полів.

Існує два способи улаштування утеплювача:

- По руберойдному килиму, без його демонтажу;
- По залізобетонній плиті покриття з демонтажем руберойду, стяжки та керамзиту.

Розглянемо перший варіант.

3.1 Додаткове утеплення без демонтажу руберойдного килима

3.1.1 Товщина утеплювача по підвісній стелі 50 мм

Конструкція суміщеного покриття наведена на рис. 47.



Рис 47 Конструкція суміщеного покриття

					601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		41

Для виконання норм теплозахисту необхідно застосувати додатковий шар утеплювача товщиною 260 мм.

Температурне поле наведено на рис. 48.

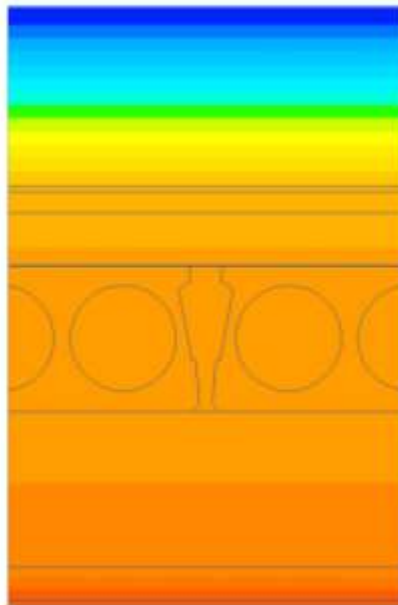


Рис. 48 Температурне поле

Визначасмо приведений опір теплопередачі суміщеного покриття за формулою

$$R_{\Sigma пр} = \frac{\theta_{int} - \theta_e}{q} * l = \frac{20 - (-5,5)}{2,19} * 0,6 = 7,02 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де θ_{int} – температура внутрішнього повітря, $\theta_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

θ_e - температура зовнішнього повітря, $\theta_e = -5,6 \text{ }^\circ\text{C}$;

q – тепловий потік, за даними розрахунку температурного поля $q = 2,19 \text{ Вт}$;

l – довжина розрахункової схеми, $l = 0,6 \text{ м}$.

Висновок. Приведений опір теплопередачі суміщеного покриття більше нормованого значення яке дорівнює $R_{q,min} = 7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

3.1.2 Товщина утеплювача по підвісній стелі 100 мм

Конструкція суміщеного покриття наведена на рис. 49.

					601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42



Рис 49 Конструкція суміщеного покриття

Для виконання норм теплозахисту необхідно застосувати додатковий шар утеплювача товщиною 220 мм.

Температурне поле наведено на рис. 50.

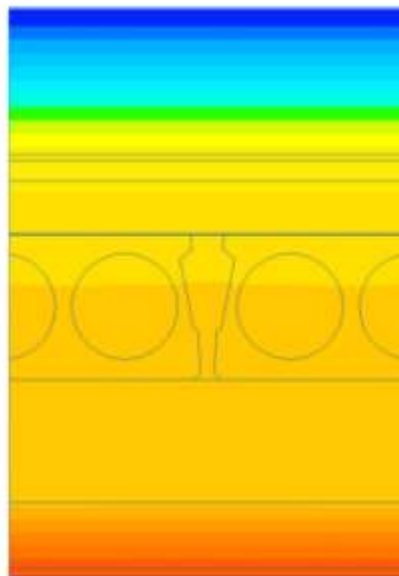


Рис. 50 Температурне поле

Визначасмо приведений опір теплопередачі суміщеного покриття за формулою

					601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$R_{\Sigma пр} = \frac{\theta_{int} - \theta_e}{q} * l = \frac{20 - (-5,5)}{2,2} * 0,6 = 7,05 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де θ_{int} – температура внутрішнього повітря, $\theta_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

θ_e - температура зовнішнього повітря, $\theta_e = -5,5 \text{ }^\circ\text{C}$;

q – тепловий потік, за даними розрахунку температурного поля $q = 2,2 \text{ Вт}$;

l – довжина розрахункової схеми, $l = 0,6 \text{ м}$.

Висновок. Приведений опір теплопередачі суміщеного покриття більше нормованого значення яке дорівнює $R_{q,min} = 7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

3.1.3 Товщина утеплювача по підвісній стелі 150 мм

Конструкція суміщеного покриття наведена на рис. 51.

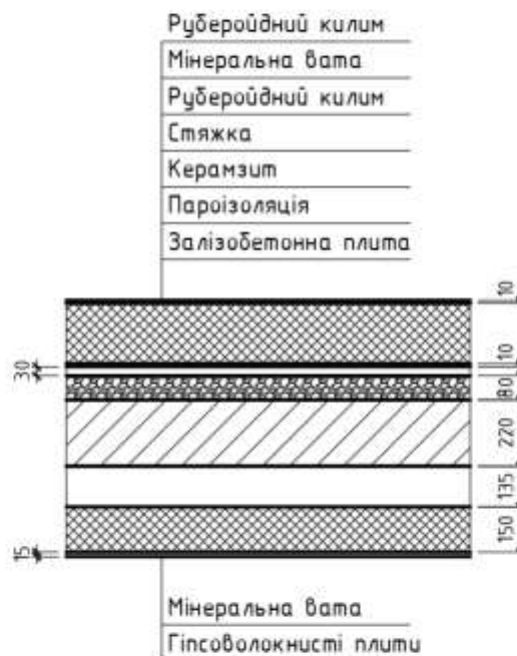


Рис 51 Конструкція суміщеного покриття

Для виконання норм теплозахисту необхідно застосувати додатковий шар утеплювача товщиною 160 мм.

Температурне поле наведено на рис. 52.

						601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			44

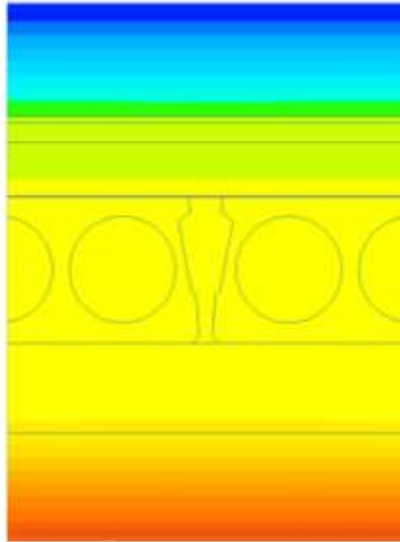


Рис. 52 Температурне поле

Визначаємо приведений опір теплопередачі суміщеного покриття за формулою

$$R_{\Sigma пр} = \frac{\theta_{int} - \theta_e}{q} * l = \frac{20 - (-5,5)}{2,18} * 0,6 = 7,07 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де θ_{int} – температура внутрішнього повітря, $\theta_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

θ_e - температура зовнішнього повітря, $\theta_e = -5,5 \text{ }^\circ\text{C}$;

q – тепловий потік, за даними розрахунку температурного поля $q = 2,18 \text{ Вт}$;

l – довжина розрахункової схеми, $l = 0,6 \text{ м}$.

Висновок. Приведений опір теплопередачі суміщеного покриття більше нормованого значення яке дорівнює $R_{q,min} = 7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

3.1.4 Товщина утеплювача по підвісній стелі 200 мм

Конструкція суміщеного покриття наведена на рис. 53.

					601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		45



Рис 53 Конструкція суміщеного покриття

Для виконання норм теплозахисту необхідно застосувати додатковий шар утеплювача товщиною 110 мм.

Температурне поле наведено на рис. 54.

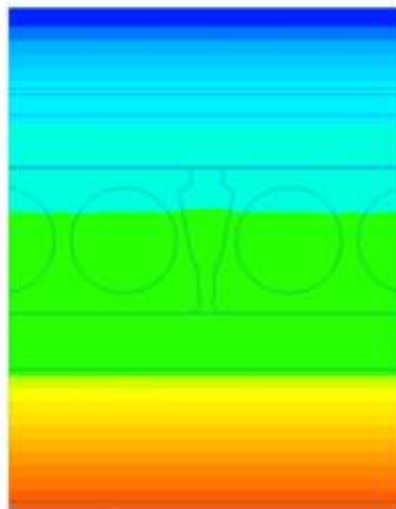


Рис. 54 Температурне поле

Визначаємо приведенний опір теплопередачі суміщеного покриття за формулою

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{\theta_{int} - \theta_e}{q} * l = \frac{20 - (-5,5)}{2,17} * 0,6 = 7,1 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де θ_{int} – температура внутрішнього повітря, $\theta_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

θ_e - температура зовнішнього повітря, $\theta_e = -5,5 \text{ }^\circ\text{C}$;

q – тепловий потік, за даними розрахунку температурного поля $q = 2,17 \text{ Вт}$;

l – довжина розрахункової схеми, $l = 0,6$

Висновок. Приведений опір теплопередачі суміщеного покриття більше нормованого значення яке дорівнює $R_{q,min} = 7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

3.2 Вологісний стан суміщеного покриття при додатковому утепленні без демонтажу руберойдного килима

Попередні дослідження показали, що зміна температури та парціального тиску водяної пари по довжині нижньої поверхні залізобетонної плити покриття незначна, тому дослідження вологісного стану виконуємо використовуючи середні значення цих величин.

Вологісний стан суміщеного покриття виконуємо для всіх місяців року

3.2.1 Товщина утеплювача по підвісній стелі 50 мм

Визначасмо температуру у перетинах огорожувальної конструкції.

Таблиця 1

Температура у перетинах огорожувальної конструкції

№	Місяць року	Температура, $^\circ\text{C}$, у перетинах										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Січень	19,8	19,5	15,8	15,4	14,7	14,6	13,1	13	12,8	-5,1	-5,3
2	Лютий	19,7	19,5	16	15,5	14,8	14,8	13,3	13,2	13	-4,3	-4,4
3	Березень	19,8	19,6	16,8	16,4	15,9	15,9	14,7	14,6	14,5	0,7	0,5
4	Квітень	19,9	19,8	18,3	18	17,8	17,8	17,1	17	16,9	9,3	9,2

					601-БМ.12175641.ПЗ							Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								47

5	Травень	20	20	19,3	19,2	19,1	19,1	18,8	18,8	18,8	15,6	15,5
6	Червень	20,1	20,1	19,9	19,9	19,8	19,8	19,7	19,7	19,7	18,8	18,8
7	Липень	20,1	20,1	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,6	20,6
8	Серпень	20,1	20,1	20	20	20	20	20	20	20	19,8	19,8
9	Вересень	20	20	19,1	19	18,9	18,9	18,5	18,5	18,5	14,5	14,4
10	Жовтень	19,9	19,8	18	17,8	17,5	17,5	16,7	16,7	16,6	8	7,9
11	Листопад	19,8	19,6	17	16,6	16,1	16,1	15	14,9	14,7	1,7	1,5
12	Грудень	19,8	19,5	16,2	15,7	15,1	15,1	13,7	13,6	13,4	-3	-3,2

Результати розрахунку парціального тиску насиченої водяної пари у перетинах шарів наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Парціальний тиск насиченої водяної пари у перетинах шарів

№	Місяць року	Парціальний тиск насиченої водяної пари, Па, у перетинах шарів										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Січень	2299	2263	1800	1738	1670	1668	1510	1498	1478	405	398
2	Лютий	2301	2266	1817	1757	1690	1688	1534	1523	1502	437	429
3	Березень	2311	2283	1916	1865	1809	1807	1676	1666	1649	650	642
4	Квітень	2329	2313	2098	2067	2033	2032	1949	1943	1932	1173	1165
5	Травень	2342	2335	2243	2229	2213	2212	2175	2173	2167	1770	1766
6	Червень	2348	2346	2320	2316	2312	2312	2301	2300	2298	2172	2171
7	Липень	2352	2353	2363	2365	2367	2367	2371	2372	2372	2424	2425
8	Серпень	2350	2350	2344	2343	2342	2342	2339	2339	2339	2309	2309
9	Вересень	2339	2331	2217	2200	2181	2181	2135	2132	2125	1652	1646
10	Жовтень	2326	2309	2070	2036	1999	1997	1906	1900	1887	1076	1069
11	Листопад	2313	2287	1936	1888	1833	1831	1705	1696	1679	696	689
12	Грудень	2304	2270	1842	1785	1720	1718	1570	1559	1540	485	478

Результати розрахунку парціального тиску водяної пари зовнішнього повітря наведені у табл. 3.

					601-БМ.12175641.ПЗ							Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								48

Парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря

№	Місяць рок	Парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря, Па, у перетинах
1	Січень	328
2	Лютий	341
3	Березень	491
4	Квітень	761
5	Травень	1071
6	Червень	1406
7	Липень	1596
8	Серпень	1473
9	Вересень	1128
10	Жовтень	813
11	Листопад	581
12	Грудень	404

Визначаємо опір паропроникненню шарів суміщеного покриття за формулами

$$R_{e1} = \frac{d_1}{\mu_1} = \frac{0,016}{0,076} = 0,21 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e2} = \frac{d_2}{\mu_2} = \frac{0,06}{0,56} = 0,095 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e3} = \frac{d_3}{\mu_3} = \frac{0,236}{1} = 0,24 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e4} = 4,98 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e5} = \frac{d_5}{\mu_5} = \frac{0,001}{0,001} = 1,2 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e6} = \frac{d_6}{\mu_6} = \frac{0,07}{0,25} = 0,35 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

						601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			49

$$R_{e7} = \frac{d_7}{\mu_7} = \frac{0,04}{0,09} = 0,336 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}/\text{мг}$$

$$R_{e8} = \frac{d_8}{\mu_8} = \frac{0,01}{0,001} = 10 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}/\text{мг}$$

$$R_{e9} = \frac{d_9}{\mu_{10}} = \frac{0,27}{0,31} = 0,84 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}/\text{мг}$$

$$R_{e11} = \frac{d_{11}}{\mu_{11}} = \frac{0,01}{0,001} = 10 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}/\text{мг}$$

Умовний переріз суміщеного покриття в січні наведено на рис. 55.

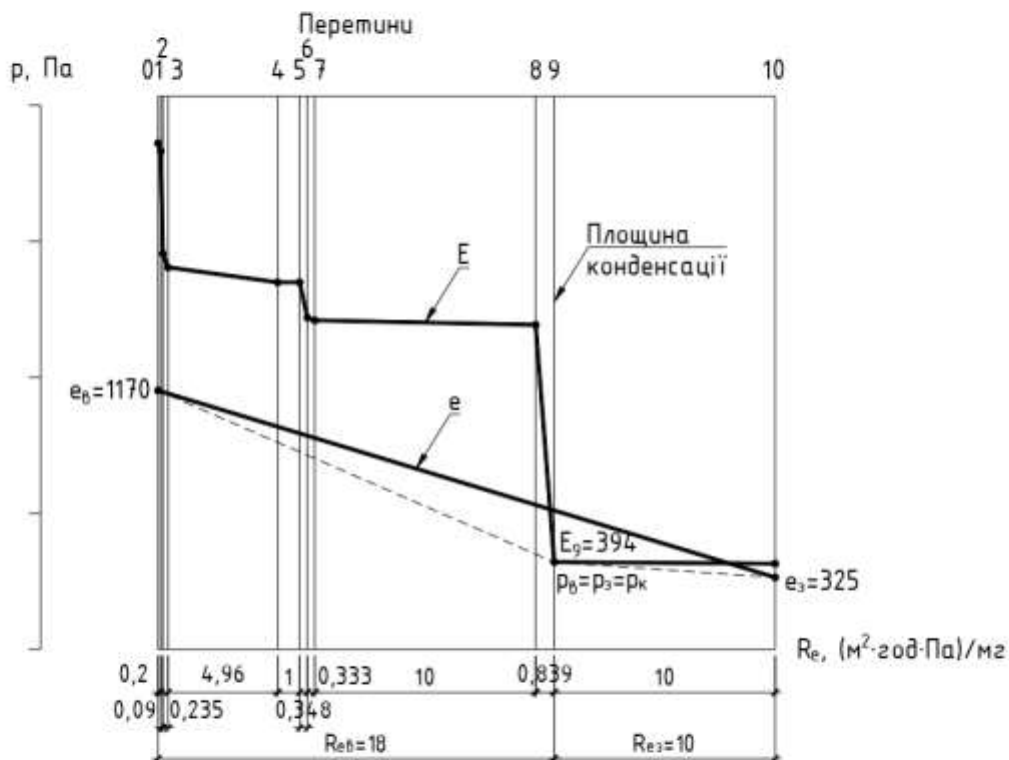


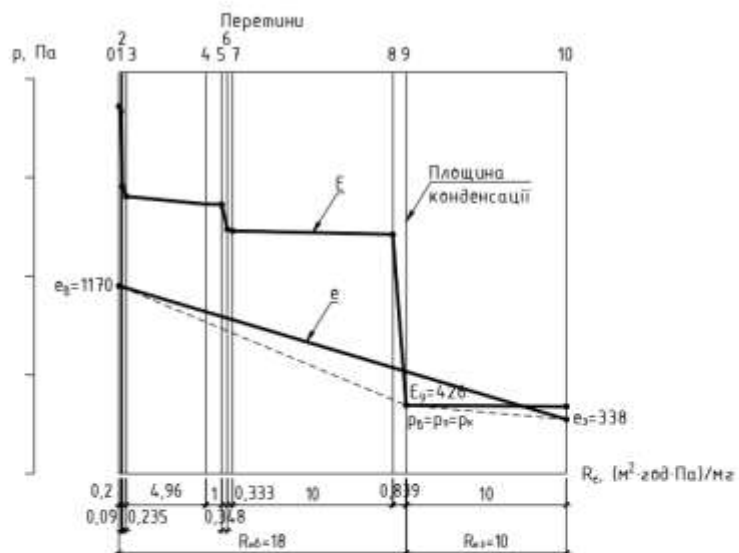
Рис. 55 - Умовний переріз суміщеного покриття в січні

Як видно з рис. 55 після виконання додаткового шару утеплювача товщиною 0,26 м по руберойдному шару, на внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття конденсації вологи не відбувається. В той же час конденсація відбувається на верхній поверхні додаткового шару утеплювача.

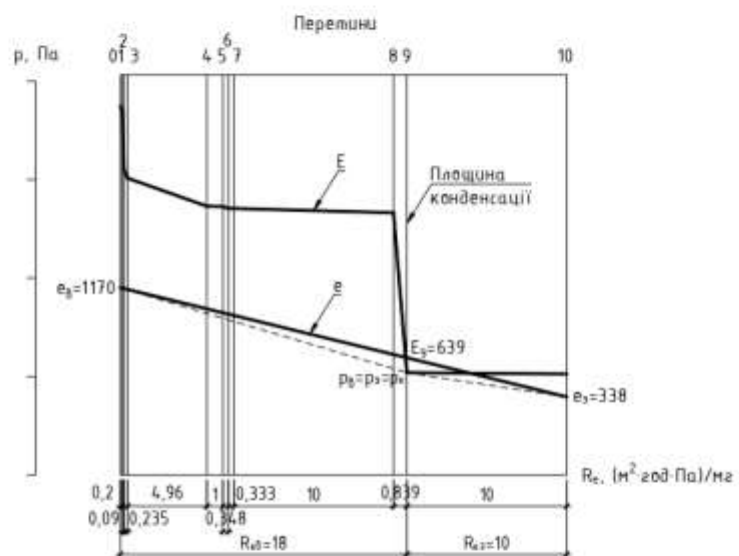
Виконуємо побудову умовних переріз суміщеного покриття в інші місяці року (рис. 56).

								Арк.
								50
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ			

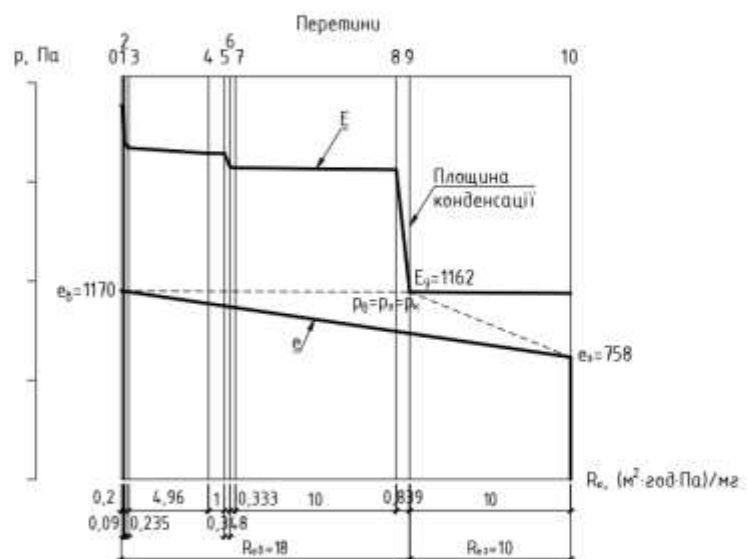
ЛЮТИЙ



Березень



Квітень



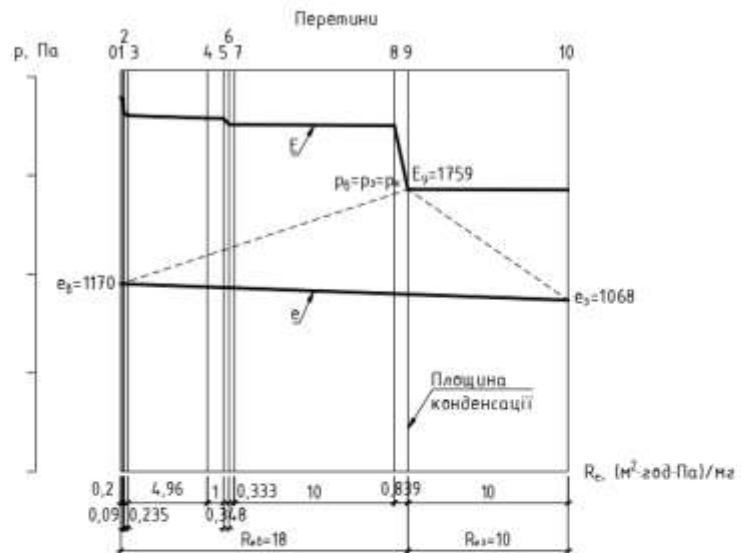
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

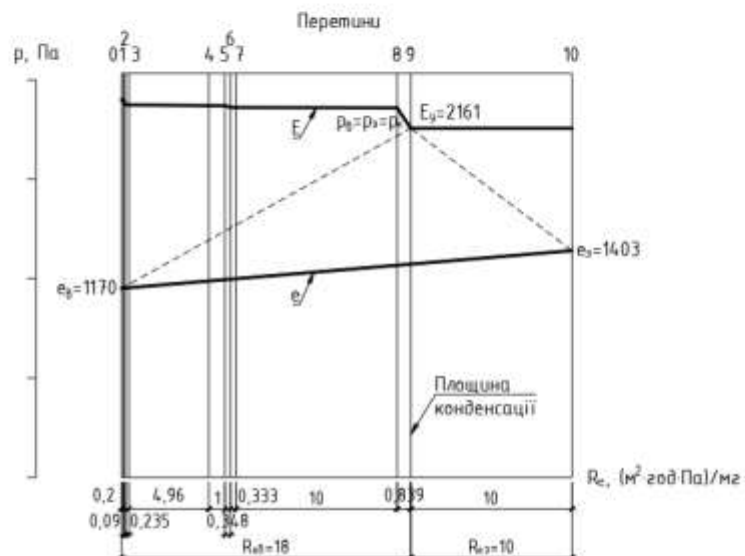
Арк.

51

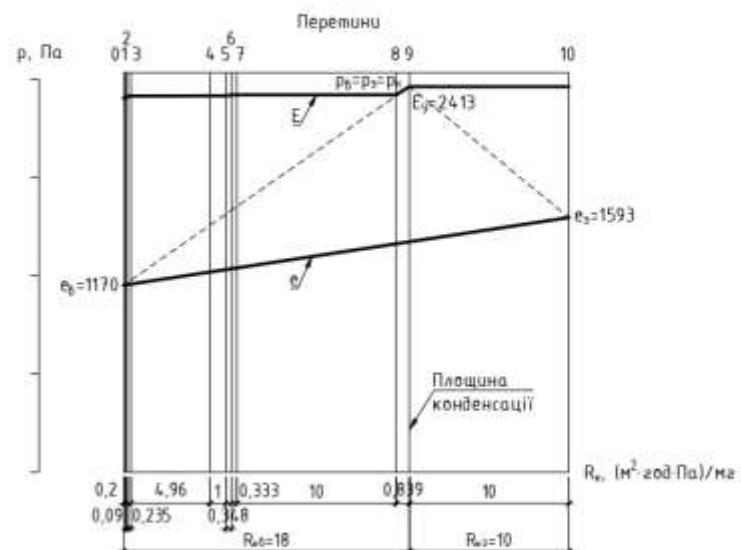
Травень



Червень



Липень



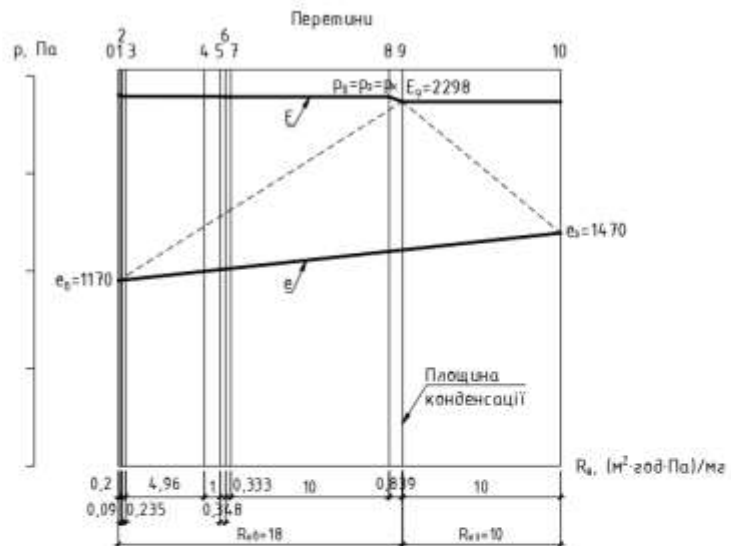
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

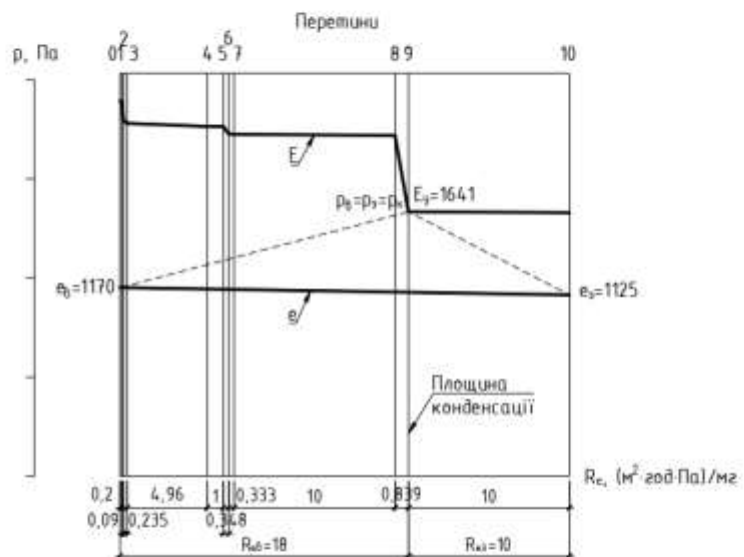
Арк.

52

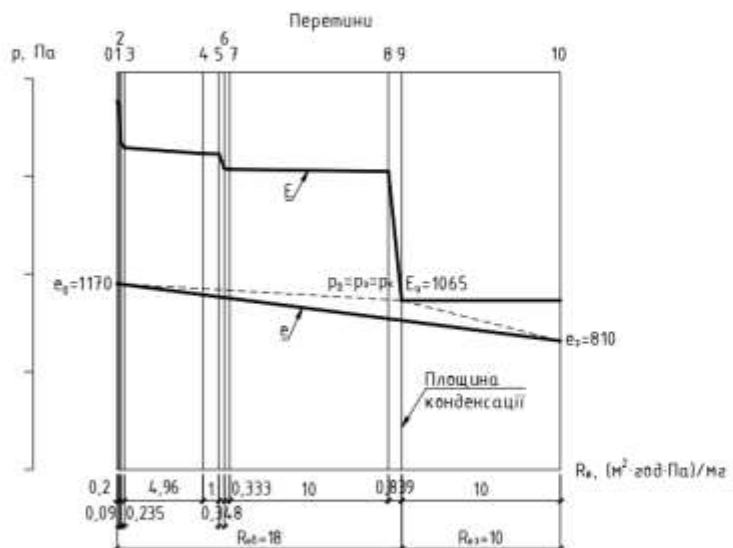
Серпень



Вересень



Жовтень



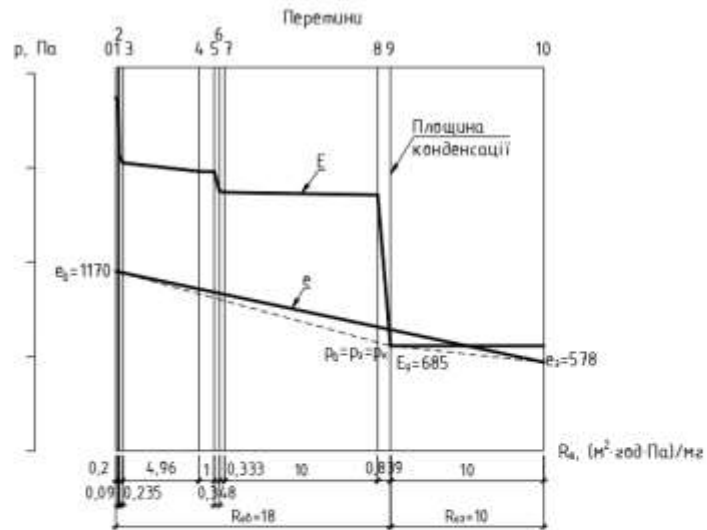
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

Арк.

53

Листопад



Грудень

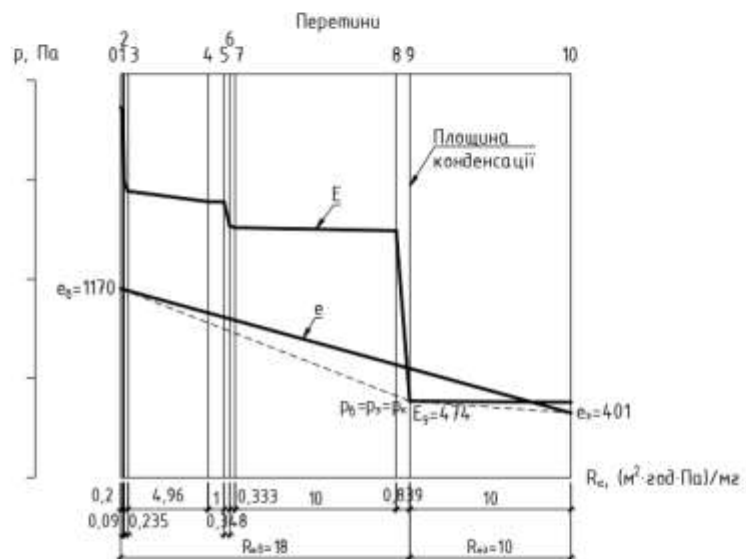


Рис. 56 Умовних переріз суміщеного покриття в різні місяці року

Виконуємо розрахунки вологонакопичення та вологовіддачі в площині конденсації протягом року (табл. 4).

Таблиця 4

Кількості вологи, що накопичується та випаровується з площини конденсації

№	Місяць року	Кількість водяної пари, мг/(м ² ·год),		Кількість вологи, що накопичується, кг/м ² , W _{зп}	Кількість вологи, що випаровується, кг/м ² , W _{лп}
		i _{вi}	i _{зі}		
1	Січень	43,37	6,92	0,026	

2	Лютий	40,47	10,82	0,021	
3	Березень	29,68	15,12	0,01	
4	Квітень	0,47	40,42		0,029
5	Травень	-32,83	69,02		0,075
6	Червень	-55,34	75,82		0,097
7	Липень	-69,42	82,02		0,112
8	Серпень	-63	82,82		0,107
9	Вересень	-26,29	52,62		0,057
10	Жовтень	5,89	25,52		0,014
11	Листопад	27,11	10,72	0,011	
12	Грудень	38,9	7,32	0,022	
				$W_{зп} = 0,09$	$W_{лп} = 0,491$

Так як $W_{зп} = 0,09 \text{ кг/м}^2 < W_{лп} = 0,491 \text{ кг/м}^2$ то друга нормативна вимога виконується.

Визначаємо приріст вологи Δw , %, у шарі додаткового утеплювача, у якому відбувається конденсація вологи, за формулою:

$$\Delta w = \frac{W_{зп}}{\delta_k \cdot \rho_k} 100 = \frac{0,09}{0,26 \cdot 200} * 100 = 0,16 \%$$

де δ_k – товщина додаткового утеплювача, м;

ρ_k – густина додаткового утеплювача, кг/м^3 .

Визначаємо, допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості мінеральної вати, $\Delta w_d = 2,5 \%$

Так як $\Delta w = 0,16 \% < \Delta w_d = 2,5 \%$ то перша нормативна вимога виконується.

3.2.2 Товщина утеплювача по підвісній стелі 100 мм

Визначаємо температуру у перетинах огорожувальної конструкції.

Таблиця 5

Температура у перетинах огорожувальної конструкції

						Арк.
						55
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ	

№	Місяць року	Температура, °С, у перетинах										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Січень	19,7	19,5	12,2	11,8	11,2	11,1	9,6	9,5	9,3	-5,1	-5,3
2	Лютий	19,7	19,5	12,5	12,1	11,5	11,4	10	9,9	9,7	-4,2	-4,4
3	Березень	19,8	19,6	14	13,7	13,2	13,2	12	11,9	11,8	0,7	0,5
4	Квітень	19,9	19,8	16,7	16,5	16,3	16,2	15,6	15,5	15,4	9,3	9,2
5	Травень	20	20	18,7	18,6	18,5	18,5	18,2	18,2	18,2	15,6	15,5
6	Червень	20,1	20,1	19,7	19,7	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	18,8	18,8
7	Липень	20,1	20,1	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,6	20,6
8	Серпень	20,1	20,1	20	20	20	20	20	20	20	19,8	19,8
9	Вересень	20	20	18,3	18,2	18,1	18,1	17,8	17,7	17,7	14,5	14,4
10	Жовтень	19,9	19,8	16,3	16,1	15,8	15,8	15,1	15	14,9	8	7,9
11	Листопад	19,8	19,6	14,3	14	13,6	13,6	12,4	12,3	12,2	1,7	1,5
12	Грудень	19,8	19,5	12,9	12,5	11,9	11,9	10,5	10,4	10,2	-3	-3,2

Результати розрахунку парціального тиску насиченої водяної пари у перетинах шарів наведені у табл. 6.

Таблиця 6

Парціальний тиск насиченої водяної пари у перетинах шарів

№	Місяць року	Парціальний тиск насиченої водяної пари, Па, у перетинах шарів										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Січень	2286	2249	1408	1369	1313	1311	1183	1174	1157	388	381
2	Лютий	2287	2252	1435	1395	1341	1339	1213	1204	1187	419	412
3	Березень	2297	2269	1587	1554	1505	1503	1391	1383	1368	636	627
4	Квітень	2315	2299	1888	1866	1834	1832	1757	1751	1741	1162	1154
5	Травень	2328	2321	2139	2129	2114	2114	2077	2074	2069	1760	1749
6	Червень	2334	2332	2280	2277	2273	2273	2262	2261	2259	2158	2156
7	Липень	2338	2339	2360	2361	2363	2363	2368	2368	2369	2411	2411
8	Серпень	2336	2336	2324	2323	2322	2322	2320	2319	2319	2295	2295
9	Вересень	2326	2317	2094	2081	2063	2062	2019	2015	2009	1639	1629

10	Жовтень	2312	2295	1840	1815	1781	1780	1697	1691	1680	1063	1056
11	Листопад	2299	2272	1619	1587	1540	1539	1429	1421	1406	684	674
12	Грудень	2290	2256	1473	1435	1382	1380	1257	1248	1231	469	462

Результати розрахунку парціального тиску водяної пари зовнішнього повітря наведені у табл. 7.

Таблиця 7

Парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря

№	Місяць рок	Парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря, Па, у перетинах
1	Січень	324
2	Лютий	337
3	Березень	487
4	Квітень	757
5	Травень	1067
6	Червень	1402
7	Липень	1592
8	Серпень	1469
9	Вересень	1124
10	Жовтень	809
11	Листопад	577
12	Грудень	400

Визначаємо опір паропроникненню шарів суміщеного покриття за формулами

$$R_{e1} = \frac{d_1}{\mu_1} = \frac{0,02}{0,076} = 0,135 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e2} = \frac{d_2}{\mu_2} = \frac{0,1}{0,56} = 0,184 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e3} = \frac{d_3}{\mu_3} = \frac{0,237}{1} = 0,2365 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e4} = 4,98 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e5} = \frac{d_5}{\mu_5} = \frac{0,001}{0,001} = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e6} = \frac{d_6}{\mu_6} = \frac{0,09}{0,24} = 0,35 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

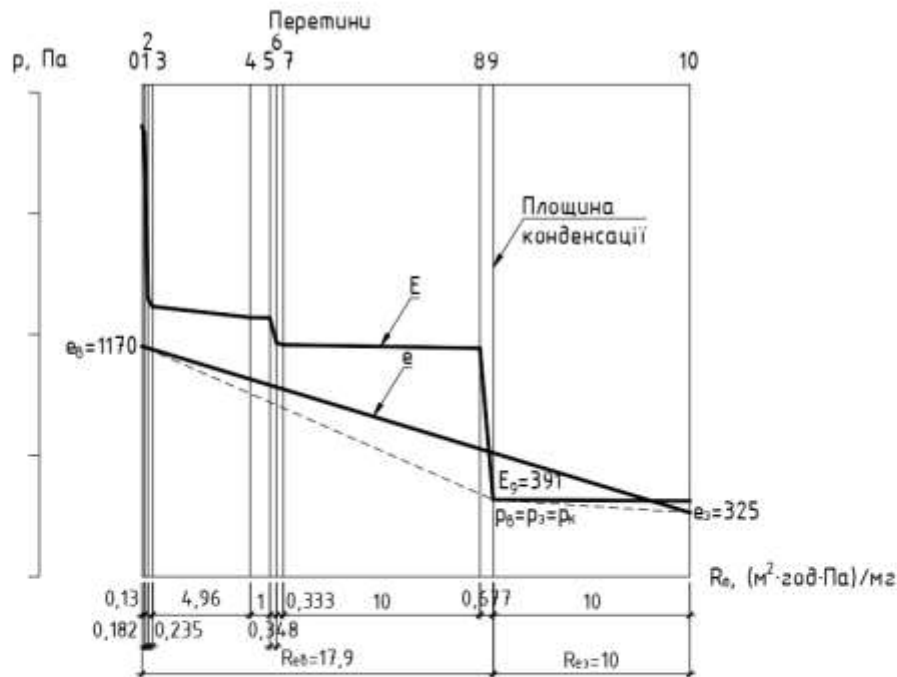
$$R_{e7} = \frac{d_7}{\mu_7} = \frac{0,02}{0,09} = 0,335 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e8} = \frac{d_8}{\mu_8} = \frac{0,01}{0,001} = 10 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e9} = \frac{d_9}{\mu_{10}} = \frac{0,22}{0,31} = 0,679 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e11} = \frac{d_{11}}{\mu_{11}} = \frac{0,01}{0,001} = 10 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

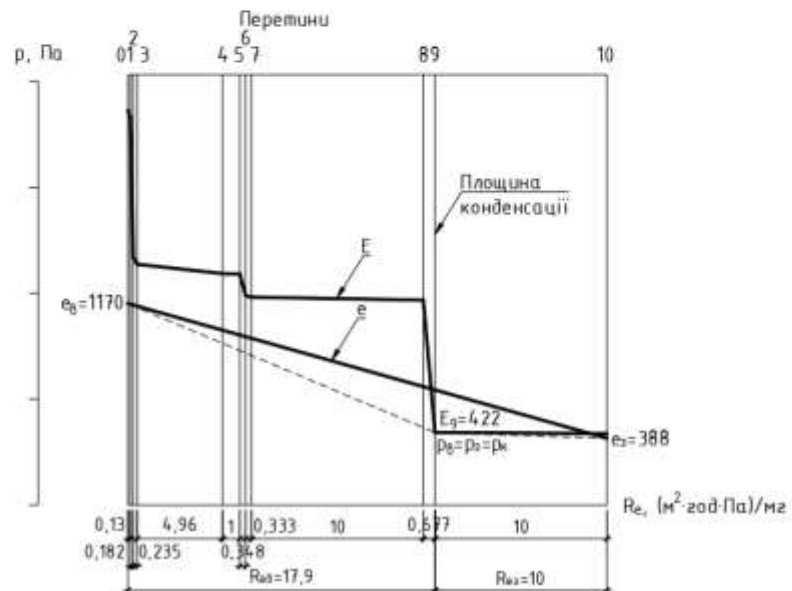
Умовний переріз суміщеного покриття в січні наведено на рис. 57.



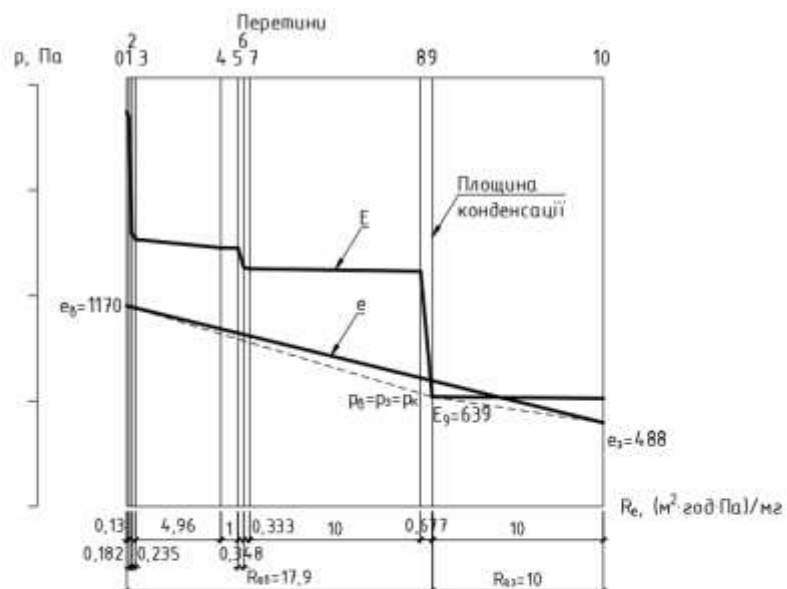
Як видно з рис. 57 після виконання додаткового шару утеплювача товщиною 0,21 м по руберойдному шару, на внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття конденсації вологи не відбувається. В той же час конденсація відбувається на верхній поверхні додаткового шару утеплювача.

Виконуємо побудову умовних переріз суміщеного покриття в інші місяці року (рис. 58).

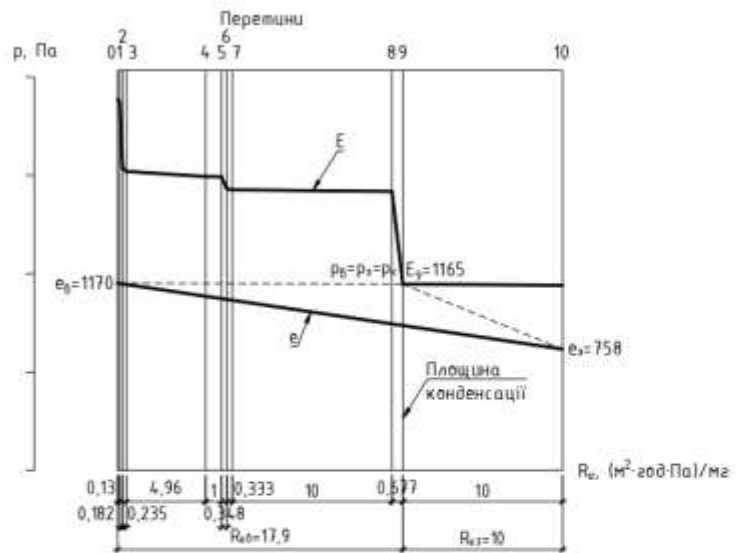
ЛЮТНЬ



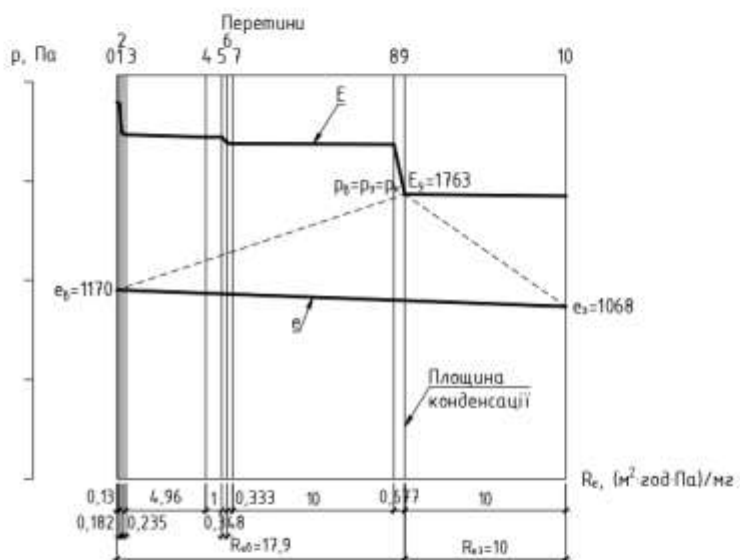
Березень



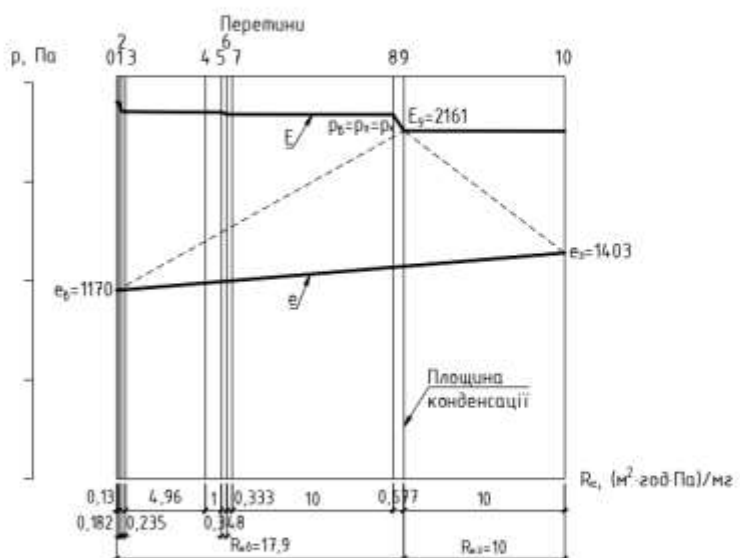
Квітень



Травень



Червень



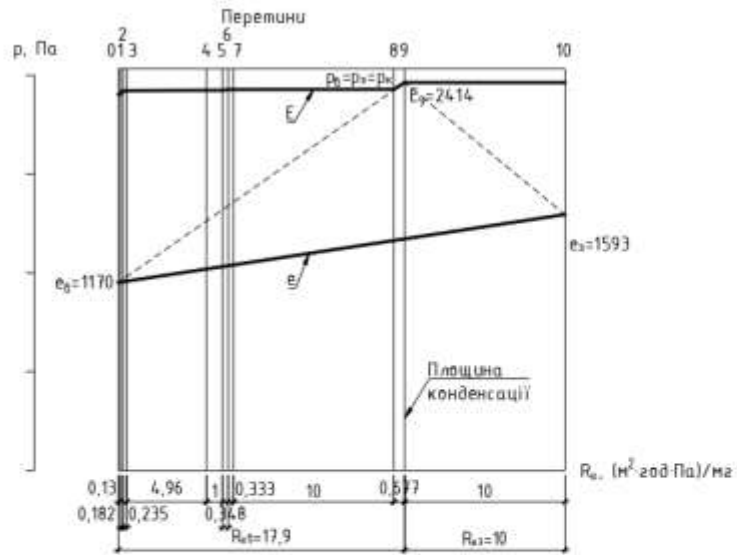
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

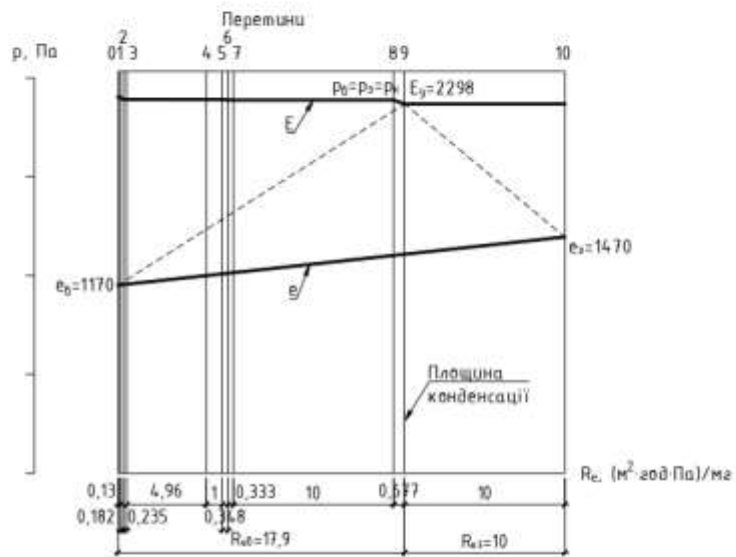
Арк.

60

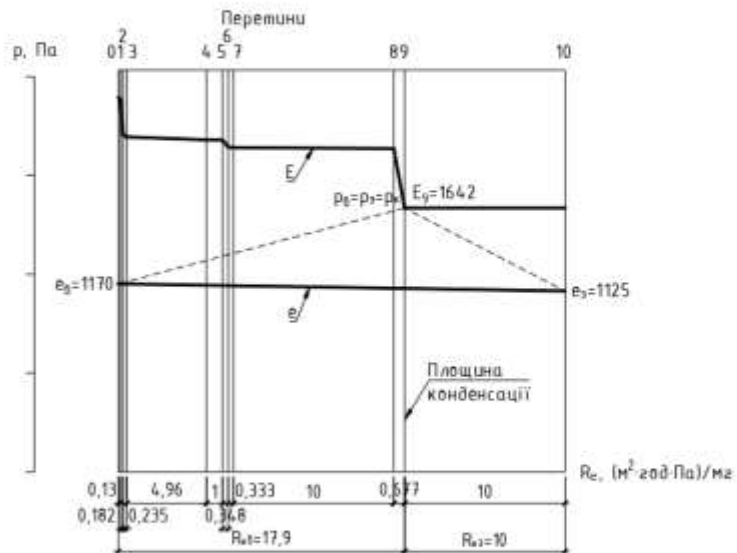
Липень



Серпень



Вересень



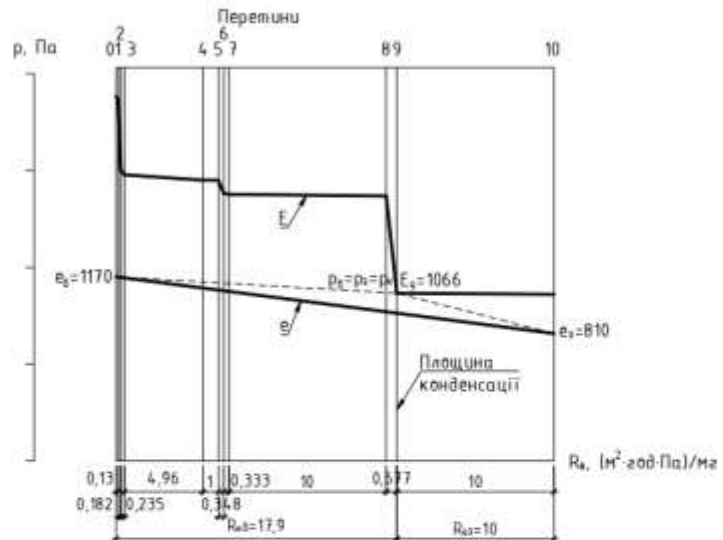
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

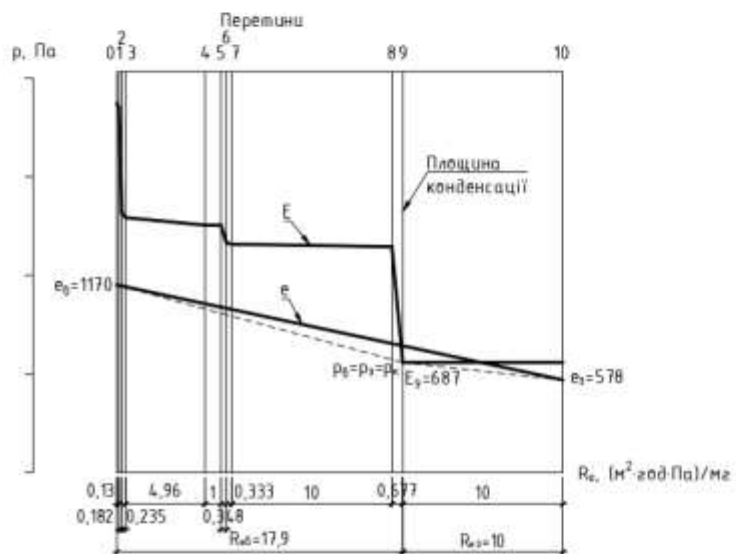
Арк.

61

Жовтень



Листопад



Грудень

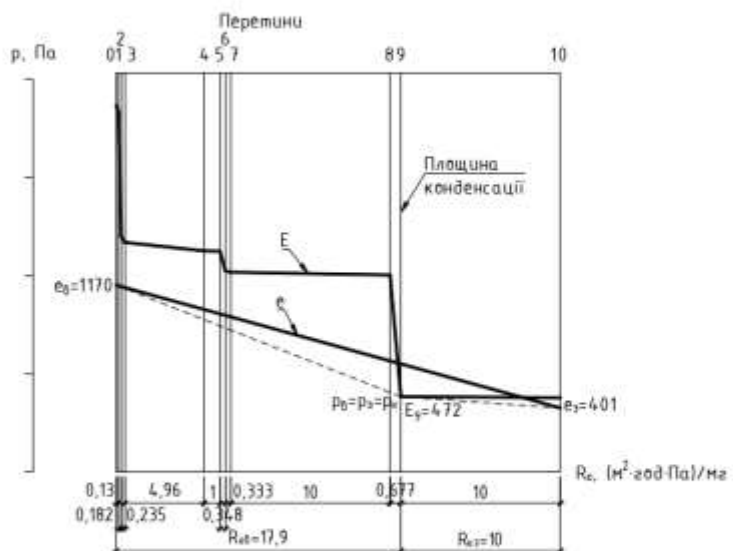


Рис. 58 Умовних переріз суміщеного покриття в різні місяці року

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

Арк.

62

Виконуємо розрахунки вологонакопичення та вологовіддачі в площині конденсації протягом року (табл. 8).

Таблиця 8

Кількості вологи, що накопичується та випаровується з площини конденсації

№	Місяць року	Кількість водяної пари, мг/(м ² ·год),		Кількість вологи, що накопичується, кг/м ² , W _{зп}	Кількість вологи, що випаровується, кг/м ² , W _{лп}
		i _{вi}	i _{zi}		
1	Січень	43,55	6,63	0,029	
2	Лютий	41,82	8,43	0,027	
3	Березень	29,69	19,13	0,01	
4	Квітень	0,31	40,73		0,032
5	Травень	-33,1	69,53		0,078
6	Червень	-55,33	75,83		0,1
7	Липень	-69,47	82,13		0,115
8	Серпень	-62,99	82,83		0,11
9	Вересень	-26,34	51,73		0,06
10	Жовтень	5,84	25,63		0,017
11	Листопад	27,01	10,93	0,014	
12	Грудень	39,02	7,13	0,026	
				W _{зп} = 0,099	W _{лп} = 0,496

Так як $W_{зп} = 0,099 \text{ кг/м}^2 < W_{лп} = 0,496 \text{ кг/м}^2$ то друга нормативна вимога виконується.

Визначаємо приріст вологи Δw , %, у шарі додаткового утеплювача, у якому відбувається конденсація вологи, за формулою:

$$\Delta w = \frac{W_{зп}}{\delta_k \cdot \rho_k} 100 = \frac{0,099}{0,21 \cdot 200} * 100 = 0,24 \%$$

де δ_k – товщина додаткового утеплювача, м;

ρ_k – густина додаткового утеплювача, кг/м³.

Визначаємо, допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості мінеральної вати, $\Delta w_d = 2,5 \%$

Так як $\Delta w = 0,24 \% < \Delta w_d = 2,5 \%$ то перша нормативна вимога виконується.

3.2.3 Товщина утеплювача по підвісній стелі 150 мм

Визначаємо температуру у перетинах огорожувальної конструкції.

Таблиця 9

Температура у перетинах огорожувальної конструкції

№	Місяць року	Температура, °С, у перетинах										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Січень	19,5	19,3	8,4	8,1	7,5	7,5	5,9	5,8	5,6	-5,3	-5,5
2	Лютий	19,6	19,3	8,8	8,5	7,9	7,9	6,4	6,3	6,1	-4,4	-4,6
3	Березень	19,6	19,4	11,1	10,8	10,3	10,3	9,2	9,1	8,9	0,5	0,3
4	Квітень	19,7	19,6	15	14,8	14,6	14,6	13,9	13,8	13,8	9,1	9
5	Травень	19,8	19,8	17,8	17,8	17,7	17,7	17,4	17,4	17,3	15,4	15,3
6	Червень	19,9	19,9	19,3	19,3	19,3	19,3	19,2	19,2	19,2	18,6	18,6
7	Липень	19,9	19,9	20,1	20,1	20,1	20,1	20,2	20,2	20,2	20,4	20,4
8	Серпень	19,9	19,9	19,8	19,8	19,8	19,8	19,7	19,7	19,7	19,6	19,6
9	Вересень	19,8	19,8	17,3	17,3	17,1	17,1	16,8	16,8	16,7	14,3	14,2
10	Жовтень	19,7	19,6	14,4	14,2	13,9	13,9	13,2	13,1	13	7,8	7,7
11	Листопад	19,6	19,4	11,5	11,3	10,8	10,8	9,7	9,6	9,5	1,5	1,3
12	Грудень	19,6	19,3	9,4	9,1	8,5	8,5	7,1	7	6,8	-3,2	-3,4

Результати розрахунку парціального тиску насиченої водяної пари у перетинах шарів наведені у табл. 10.

												Арк.
												64
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ							

Парціальний тиск насиченої водяної пари у перетинах шарів

№	Місяць року	Парціальний тиск насиченої водяної пари, Па, у перетинах шарів										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Січень	2291	2254	1114	1091	1046	1044	940	933	919	396	389
2	Лютий	2293	2257	1144	1122	1077	1075	973	965	952	427	420
3	Березень	2303	2274	1330	1309	1268	1267	1171	1164	1151	640	633
4	Квітень	2320	2304	1716	1701	1672	1671	1601	1596	1587	1163	1156
5	Травень	2333	2326	2059	2052	2038	2038	2003	2000	1995	1761	1757
6	Червень	2339	2337	2260	2257	2253	2253	2242	2241	2240	2163	2162
7	Липень	2343	2344	2375	2376	2378	2378	2383	2383	2384	2415	2416
8	Серпень	2341	2341	2323	2322	2321	2321	2319	2319	2318	2300	2300
9	Вересень	2331	2322	1997	1988	1971	1970	1928	1925	1919	1642	1637
10	Жовтень	2317	2300	1653	1637	1605	1604	1530	1524	1514	1067	1060
11	Листопад	2305	2278	1370	1350	1309	1308	1215	1208	1195	687	680
12	Грудень	2295	2262	1191	1168	1124	1123	1021	1014	1000	476	468

Результати розрахунку парціального тиску водяної пари зовнішнього повітря наведені у табл. 11.

Таблиця 11

Парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря

№	Місяць рок	Парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря, Па, у перетинах
1	Січень	326
2	Лютий	339
3	Березень	489
4	Квітень	759
5	Травень	1069
6	Червень	1404

7	Липень	1594
8	Серпень	1471
9	Вересень	1126
10	Жовтень	811
11	Листопад	579
12	Грудень	402

Визначаємо опір паропроникненню шарів суміщеного покриття за формулами

$$R_{e1} = \frac{d_1}{\mu_1} = \frac{0,016}{0,077} = 0,22 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e2} = \frac{d_2}{\mu_2} = \frac{0,16}{0,54} = 0,278 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e3} = \frac{d_3}{\mu_3} = \frac{0,233}{1} = 0,233 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e4} = 4,97 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e5} = \frac{d_5}{\mu_5} = \frac{0,001}{0,001} = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e6} = \frac{d_6}{\mu_6} = \frac{0,09}{0,24} = 0,342 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e7} = \frac{d_7}{\mu_7} = \frac{0,03}{0,09} = 0,331 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e8} = \frac{d_8}{\mu_8} = \frac{0,01}{0,001} = 10 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e9} = \frac{d_9}{\mu_{10}} = \frac{0,17}{0,31} = 0,517 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e11} = \frac{d_{11}}{\mu_{11}} = \frac{0,01}{0,001} = 10 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

Умовний переріз суміщеного покриття в січні наведено на рис. 59.

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ				66

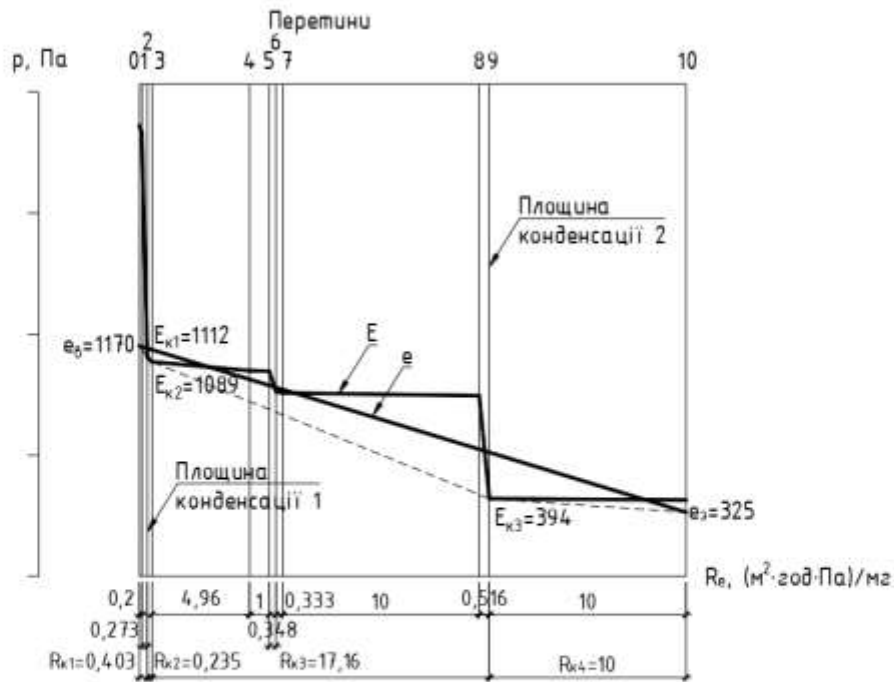
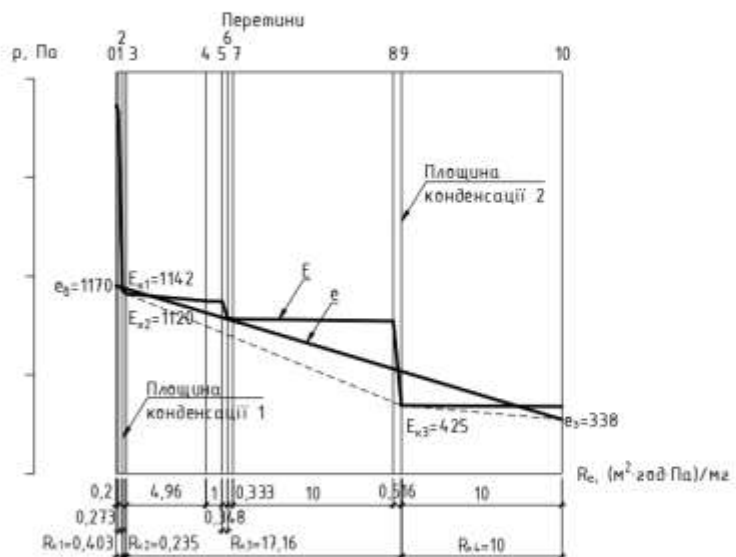


Рис. 59 - Умовний переріз суміщеного покриття в січні

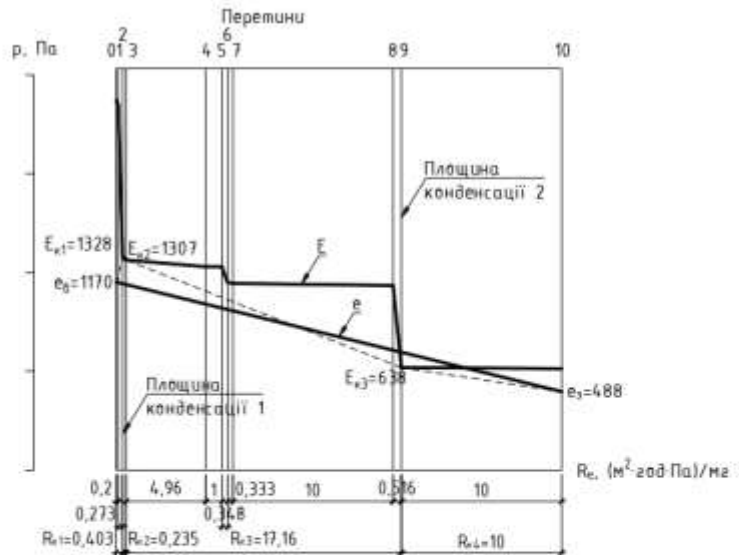
Як видно з рис. 59 після виконання додаткового шару утеплювача товщиною 0,16 м по руберойдову шару, на внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття відбувається конденсації води. Конденсація також відбувається в утеплювачі розташованому на по підвісній стелі та у додатковому шарі утеплювача.

Виконуємо побудову умовних переріз суміщеного покриття в інші місяці року (рис. 60).

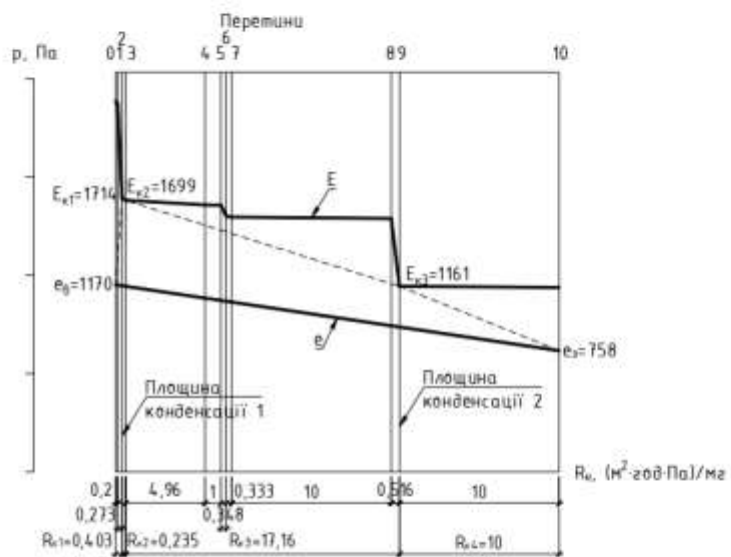
ЛОТІЙ



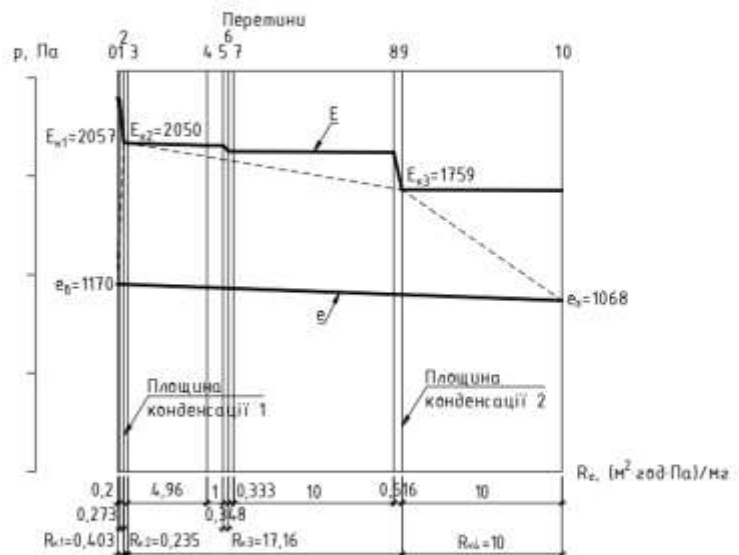
Березень



Квітень



Травень



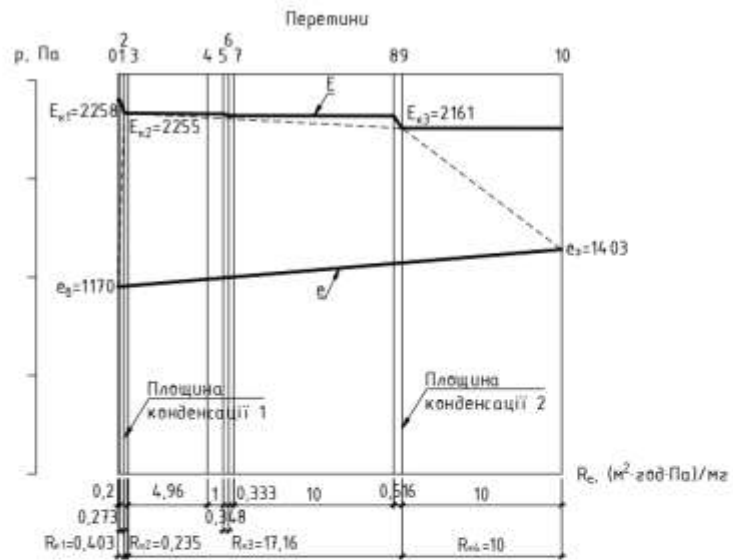
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

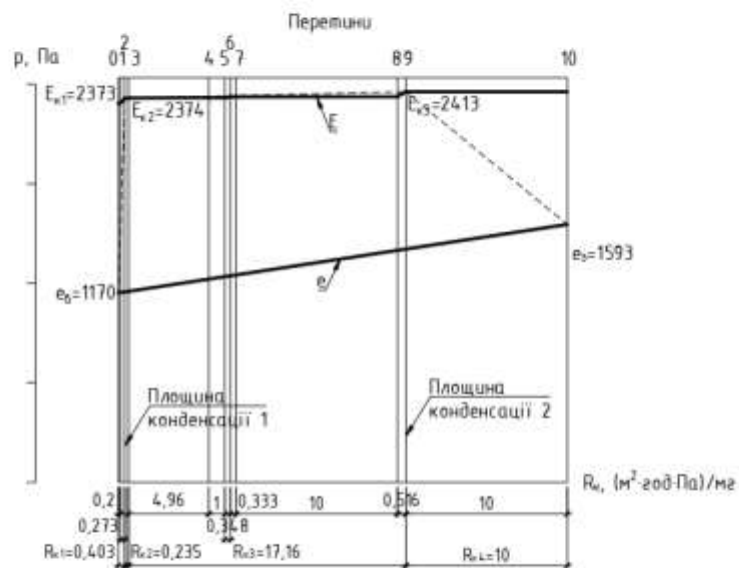
Арк.

68

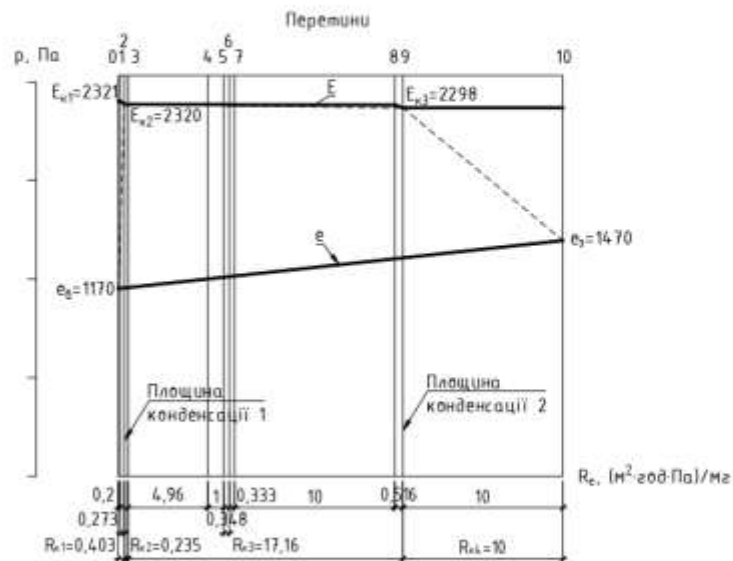
Червень



Липень



Серпень



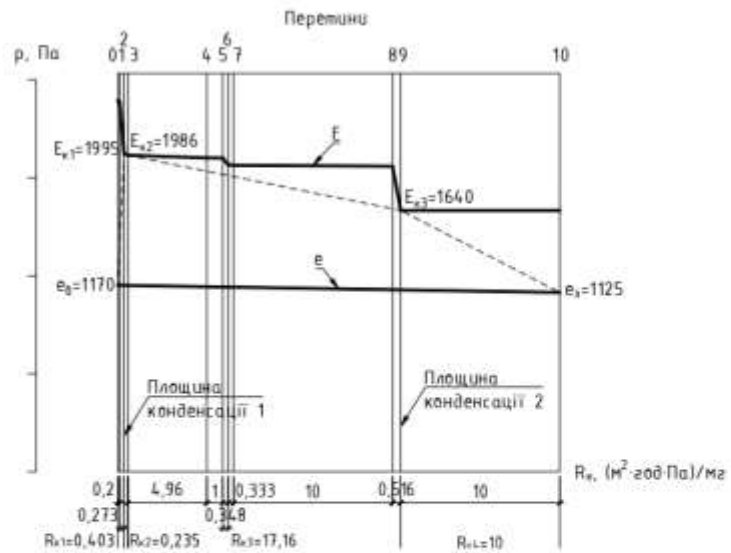
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

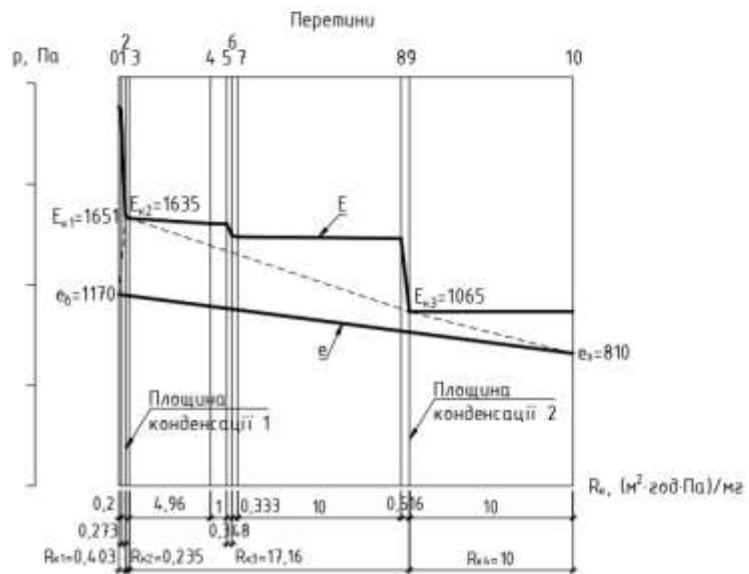
Арк.

69

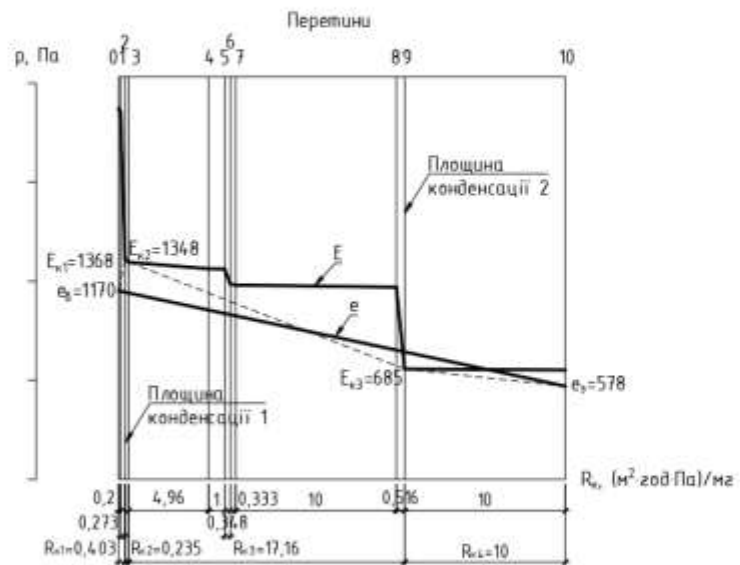
Вересень



Жовтень



Листопад



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

Арк.

70

Грудень

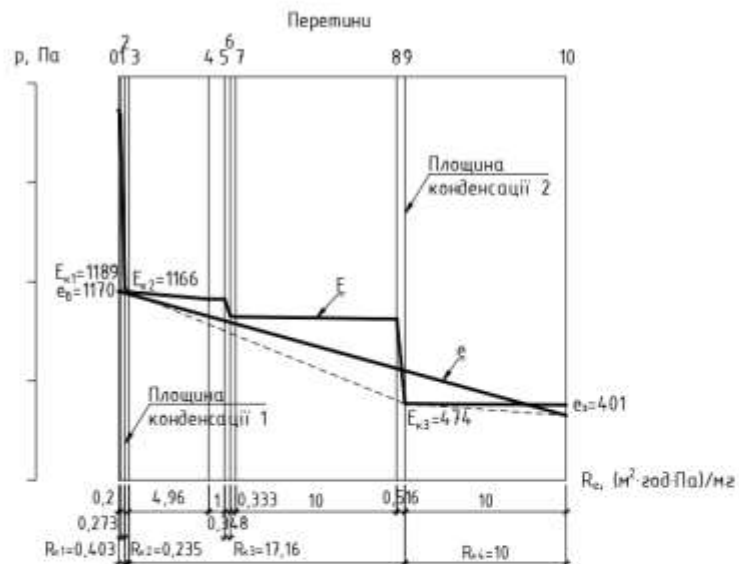


Рис. 60 Умовних переріз суміщеного покриття в різні місяці року

Виконуємо розрахунки вологонакопичення та вологовіддачі у 1-й площині конденсації протягом року (табл. 12).

Таблиця 12

Кількості вологи, що накопичується та випаровується з площини конденсації

№	Місяць року	Кількість водяної пари, мг/(м ² ·год),		Кількість вологи, що накопичується, кг/м ² , W _{зп}	Кількість вологи, що випаровується, кг/м ² , W _{лп}
		$i_{вi}$	$i_{зi}$		
1	Січень	143,94	97,89	0,054	
2	Лютий	69,5	93,64		0,038
3	Березень	-392,04	89,38		0,378
4	Квітень	-1349,97	63,9		1,072
5	Травень	-2199,98	29,81		1,68
6	Червень	-2698,98	12,79		2,038
7	Липень	-2985,09	-4,24		2,238
8	Серпень	-2856,06	4,28		2,148
9	Вересень	-2047,13	38,32		1,572
10	Жовтень	-1193,53	68,11		0,959
11	Листопад	-491,3	85,13		0,449

601-БМ.12175641.ПЗ

Арк.

Зм. Лист № докум. Підпис Дата

71

12	Грудень	-47,13	97,89		0,128
				$W_{зп} = 0,054$	$W_{лп} = 12,68$

Виконуємо розрахунки вологонакопичення та вологовіддачі у 2-й площині конденсації протягом року (табл. 13).

Таблиця 13

Кількості вологи, що накопичується та випаровується з площини конденсації

№	Місяць року	Кількість водяної пари, мг/(м ² ·год),		Кількість вологи, що накопичується, кг/м ² , $W_{зп}$	Кількість вологи, що випаровується, кг/м ² , $W_{лп}$
		$i_{вi}$	$i_{зi}$		
1	Січень	40,52	6,92	0,045	
2	Лютий	40,52	8,72	0,044	
3	Березень	39,01	15,02	0,038	
4	Квітень	31,37	40,32		0,027
5	Травень	16,98	69,12		0,059
6	Червень	5,5	75,82		0,072
7	Липень	-2,25	82,02		0,083
8	Серпень	1,3	82,82		0,081
9	Вересень	20,18	52,52		0,043
10	Жовтень	33,24	25,52	0,026	
11	Листопад	38,66	85,13	0,041	
12	Грудень	40,35	7,32	0,045	
				$W_{зп} = 0,239$	$W_{лп} = 0,365$

У першій площині конденсації $W_{зп} = 0,054 \text{ кг/м}^2 < W_{лп} = 12,68 \text{ кг/м}^2$ друга нормативна вимога виконується.

Визначаємо приріст вологи Δw , %, у шарі додаткового утеплювача, у якому відбувається конденсація вологи, за формулою:

$$\Delta w = \frac{W_{зп}}{\delta_k \cdot \rho_k} 100 = \frac{0,054}{0,15 \cdot 30} * 100 = 1,1 \%$$

								Арк.
								72
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ			

де δ_k – товщина утеплювача по підвісній стелі, м;

ρ_k – густина утеплювача по підвісній стелі, кг/м³.

Визначаємо, допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості мінеральної вати, $\Delta w_d = 2,5 \%$

Так як $\Delta w = 1,1 \% < \Delta w_d = 2,5 \%$ то перша нормативна вимога виконується.

У другій площині конденсації $W_{зп} = 0,239 \text{ кг/м}^2 < W_{лп} = 0,365 \text{ кг/м}^2$ друга нормативна вимога виконується.

Визначаємо приріст вологи Δw , %, у шарі додаткового утеплювача, у якому відбувається конденсація вологи, за формулою:

$$\Delta w = \frac{W_{зп}}{\delta_k \cdot \rho_k} 100 = \frac{0,239}{0,16 * 200} * 100 = 0,8 \%$$

де δ_k – товщина додаткового утеплювача, м;

ρ_k – густина додаткового утеплювача, кг/м³.

Визначаємо, допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості мінеральної вати, $\Delta w_d = 2,5 \%$

Так як $\Delta w = 0,8 \% < \Delta w_d = 2,5 \%$ то перша нормативна вимога виконується.

Висновки:

1. В обох шарах утеплювача нормовані умови тепловологісного стану виконуються.

2. На нижній поверхні залізобетонної плити покриття, протягом січня, спостерігається випадіння конденсату.

3. Для запобігання утворення конденсату, на нижній поверхні залізобетонної плити покриття, необхідно застосувати шар пароізоляції під утеплювачем розташованим по підвісній стелі.

								Арк.
								73
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ			

3.2.3.1 Застосування пароізоляційного шару під утеплювачем товщиною 150 мм розташованим по підвісній стелі

Конструкція суміщеного покриття наведена на рис. 61.

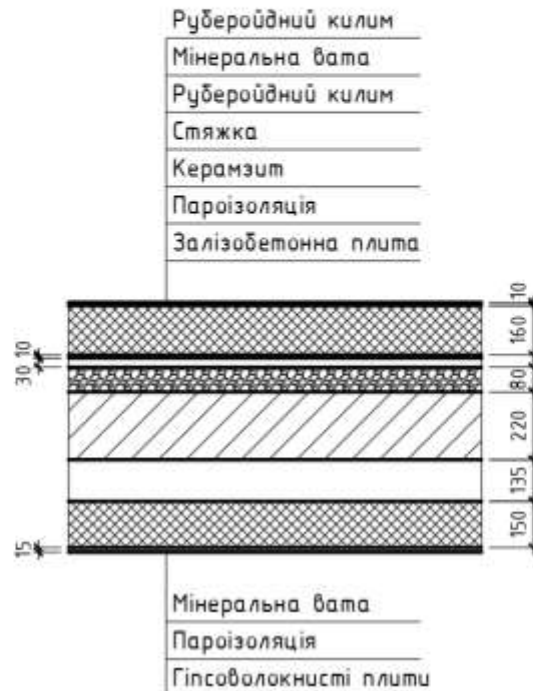


Рис 61 Конструкція суміщеного покриття

Опір паропроникненню шару пароізоляції під утеплювачем на підвісній стелі визначаємо графічним способом. Проводимо з точки e_v ліворуч горизонтальну лінію. Переміщуємо точку e_v до точки де графік парціального тиску насиченої водяної пари E перетинає нижню поверхню залізобетонної плити покриття (перетин 3) (рис. 62).

						601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			74

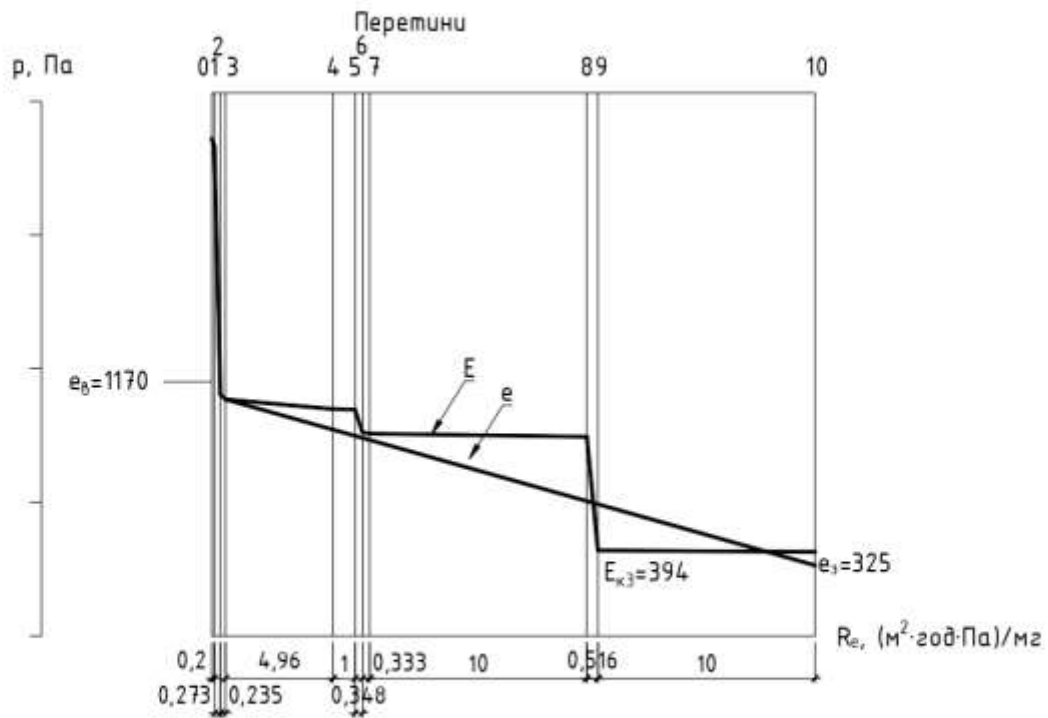


Рис. 62

Подовжуємо лінію $e_{\text{в}} - e_{\text{з}}$ до проведеного горизонтального відрізка (рис. 63).

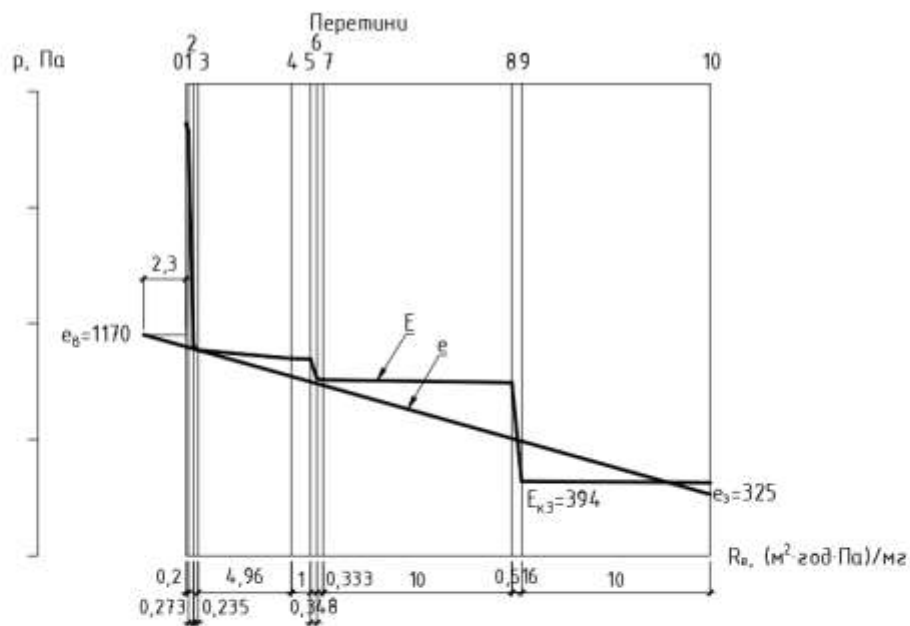
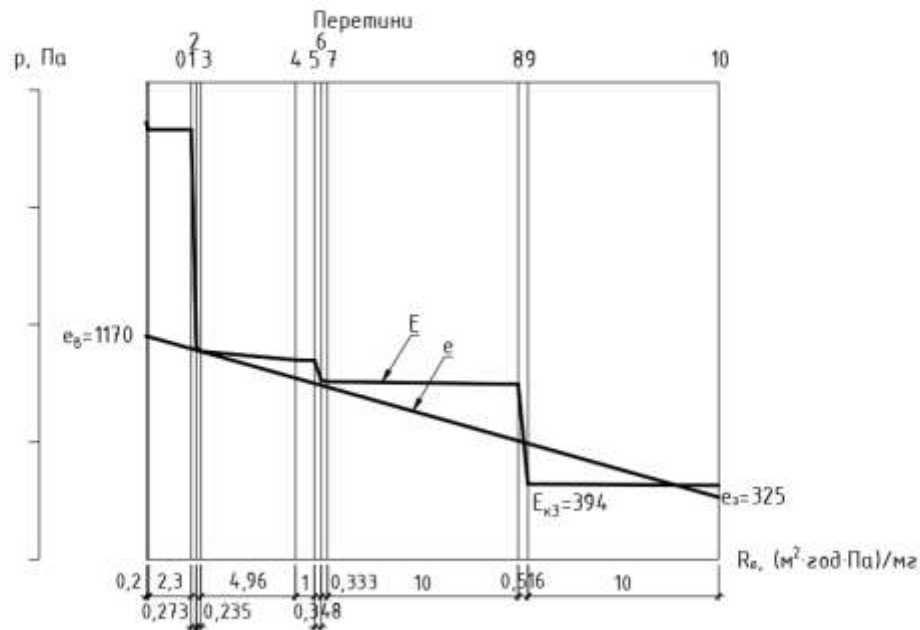


Рис. 63

Довжина горизонтального відрізка і є опором паропроникненню шару пароізоляції який забезпечує відсутність конденсату на нижній поверхні

					601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		75

залізобетонної плити покриття. У нашому випадку опір паропроникненню дорівнює $R_{\text{пар}} = 2,3 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}/\text{мг}$. Остаточний вигляд суміщеного покриття в масштабі опорів паропроникненню наведений на рис. 64.



Висновок. Для приведення суміщеного покриття до вимог норм з тепловологісного стану необхідно застосувати шар пароізоляції розташований під утеплювачем на підвісній стелі з опором паропроникненню $R_{\text{пар}} = 2,3 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}/\text{мг}$.

3.2.4 Товщина утеплювача по підвісній стелі 200 мм

Визначаємо температуру у перетинах огорожувальної конструкції.

Таблиця 14

Температура у перетинах огорожувальної конструкції

№	Місяць року	Температура, °С, у перетинах										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Січень	19,5	19,3	4,8	4,6	4	4	2,5	2,4	2,2	-5,3	-5,5
2	Лютий	19,6	19,3	5,4	5,2	4,6	4,6	3,1	3	2,8	-4,4	-4,6
3	Березень	19,6	19,4	8,3	8,2	7,7	7,7	6,5	6,4	6,2	0,5	0,3

4	Квітень	19,7	19,6	13,4	13,3	13,1	13,1	12,4	12,4	12,3	9,1	9
5	Травень	19,8	19,8	17,2	17,2	17	17	16,8	16,8	16,7	15,4	15,3
6	Червень	19,9	19,9	19,1	19,1	19,1	19,1	19	19	19	18,6	18,6
7	Липень	19,9	19,9	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,4	20,4
8	Серпень	19,9	19,9	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,6	19,6
9	Вересень	19,8	19,8	16,5	16,5	16,4	16,4	16	16	16	14,3	14,2
10	Жовтень	19,7	19,6	12,7	12,6	12,3	12,3	11,5	11,5	11,4	7,8	7,7
11	Листопад	19,6	19,4	8,9	8,8	8,3	8,3	7,2	7,1	6,9	1,5	1,3
12	Грудень	19,6	19,3	6,1	6	5,4	5,4	4	3,9	3,7	-3,2	-3,4

Результати розрахунку парціального тиску насиченої водяної пари у перетинах шарів наведені у табл. 15.

Таблиця 15

Парціальний тиск насиченої водяної пари у перетинах шарів

№	Місяць року	Парціальний тиск насиченої водяної пари, Па, у перетинах шарів										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Січень	2287	2251	868	856	820	818	735	729	718	392	385
2	Лютий	2289	2254	901	889	853	851	768	761	750	423	416
3	Березень	2299	2271	1103	1091	1056	1055	974	968	957	636	629
4	Квітень	2316	2300	1550	1542	1515	1514	1451	1446	1437	1159	1152
5	Травень	2329	2322	1974	1970	1956	1955	1922	1919	1915	1757	1753
6	Червень	2335	2333	2230	2229	2224	2224	2213	2212	2211	2159	2158
7	Липень	2339	2340	2382	2382	2384	2384	2389	2389	2390	2411	2412
8	Серпень	2337	2337	2313	2313	2312	2312	2309	2309	2309	2296	2296
9	Вересень	2327	2319	1895	1890	1873	1873	1832	1829	1823	1638	1633
10	Жовтень	2313	2296	1474	1465	1437	1436	1368	1363	1354	1063	1056
11	Листопад	2301	2274	1147	1136	1102	1101	1021	1014	1004	683	676
12	Грудень	2291	2258	950	938	902	901	817	811	800	472	464

Результати розрахунку парціального тиску водяної пари зовнішнього повітря наведені у табл. 16.

Таблиця 16

Парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря

№	Місяць рок	Парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря, Па, у перетинах
1	Січень	323
2	Лютий	336
3	Березень	486
4	Квітень	756
5	Травень	1066
6	Червень	1401
7	Липень	1591
8	Серпень	1468
9	Вересень	1123
10	Жовтень	808
11	Листопад	576
12	Грудень	399

Визначаємо опір паропроникненню шарів суміщеного покриття за формулами

$$R_{e1} = \frac{d_1}{\mu_1} = \frac{0,016}{0,073} = 0,21 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e2} = \frac{d_2}{\mu_2} = \frac{0,2}{0,56} = 0,367 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e3} = \frac{d_3}{\mu_3} = \frac{0,237}{1} = 0,237 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e4} = 4,98 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e5} = \frac{d_5}{\mu_5} = \frac{0,001}{0,001} = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

					601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		78

$$R_{e6} = \frac{d_6}{\mu_6} = \frac{0,08}{0,22} = 0,346 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e7} = \frac{d_7}{\mu_7} = \frac{0,03}{0,09} = 0,333 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e8} = \frac{d_8}{\mu_8} = \frac{0,01}{0,001} = 10 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e9} = \frac{d_9}{\mu_{10}} = \frac{0,12}{0,3} = 0,36 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e11} = \frac{d_{11}}{\mu_{11}} = \frac{0,01}{0,001} = 10 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

Умовний переріз суміщеного покриття в січні наведено на рис. 65.

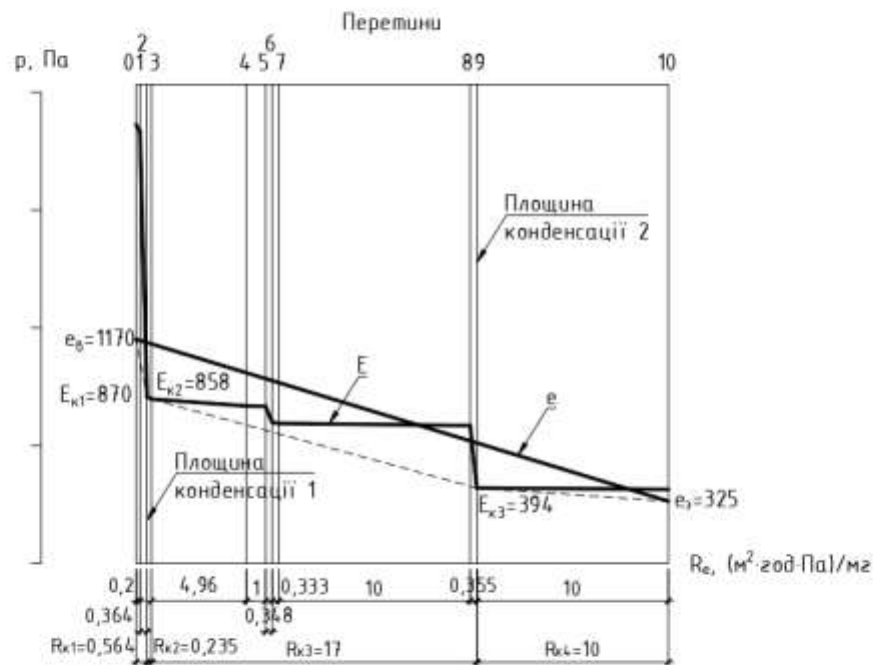


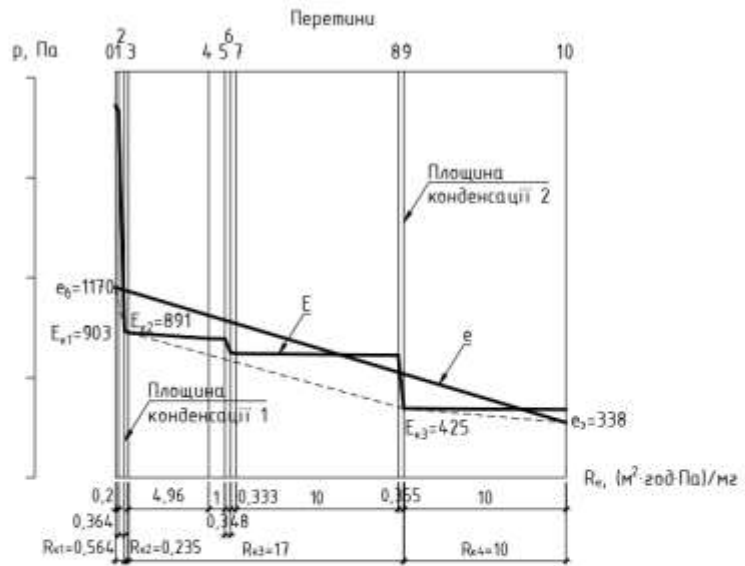
Рис. 65 - Умовний переріз суміщеного покриття в січні

Як видно з рис. 65 після виконання додаткового шару утеплювача товщиною 0,12 м по руберойдову шару, на внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття відбувається конденсації вологи. Конденсація також відбувається в утеплювачі розташованому на підвісній стелі та у додатковому шарі утеплювача.

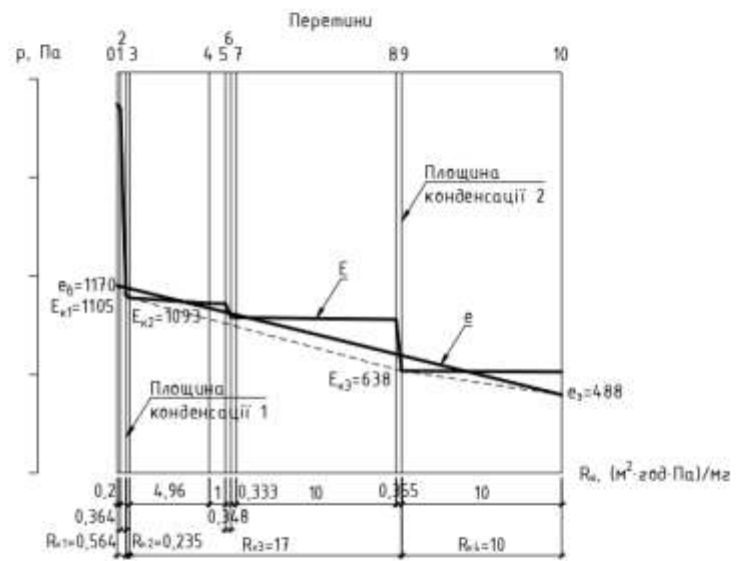
Виконуємо побудову умовних переріз суміщеного покриття в інші місяці року (рис. 66).

									Арк.
									79
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ				

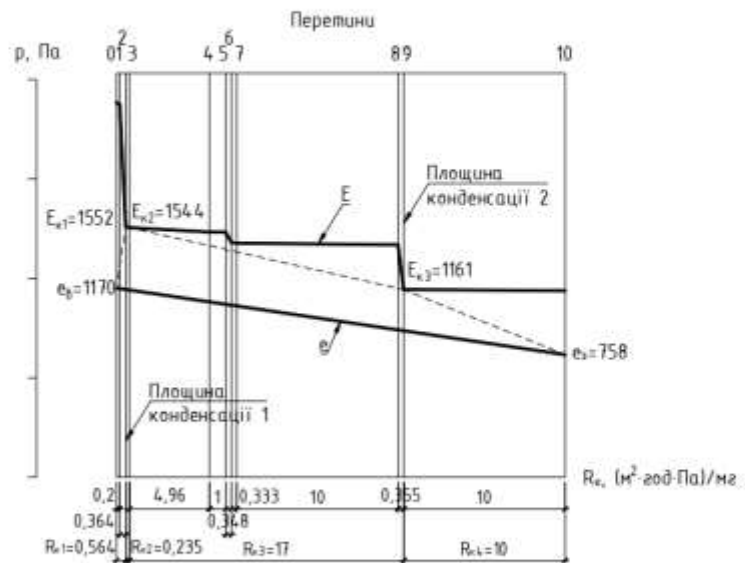
ЛЮТИЙ



Березень



Квітень



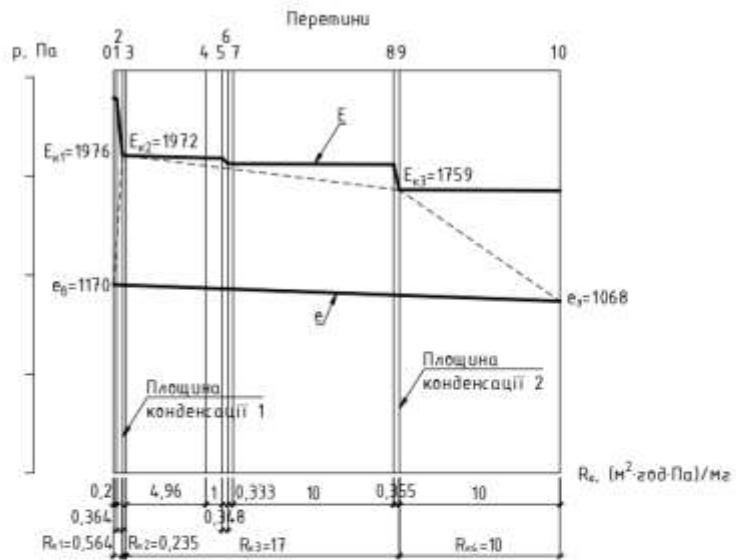
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

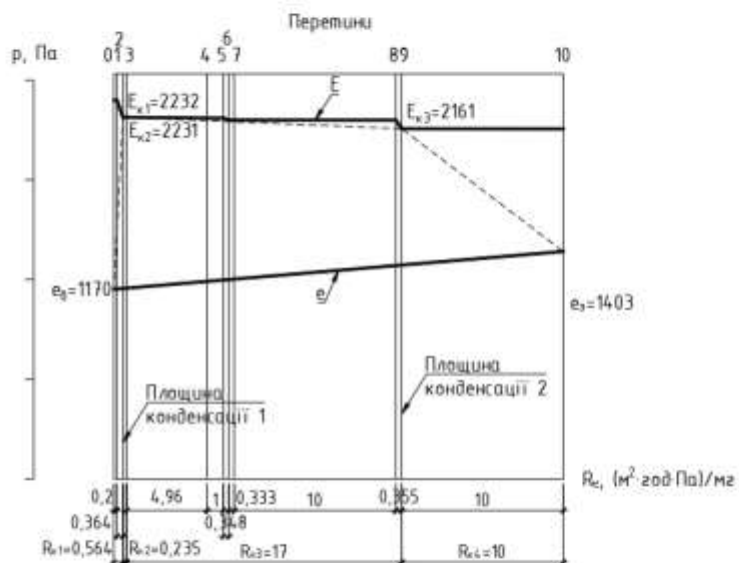
Арк.

80

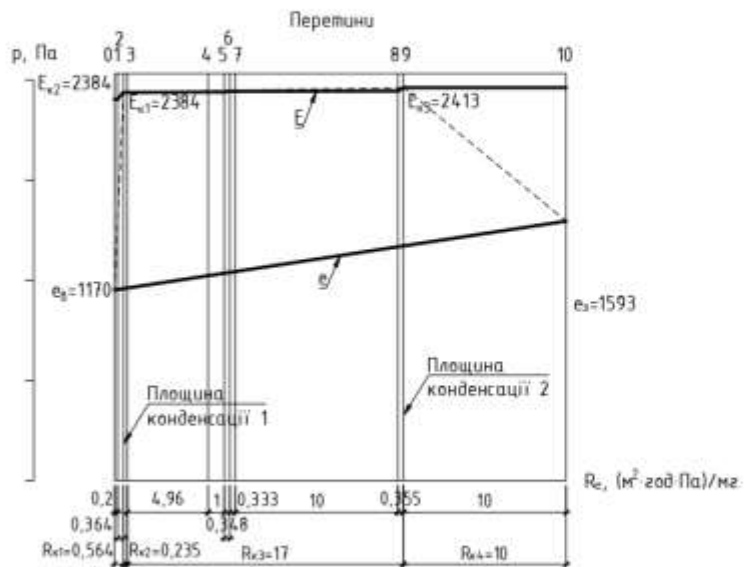
Травень



Червень



Липень



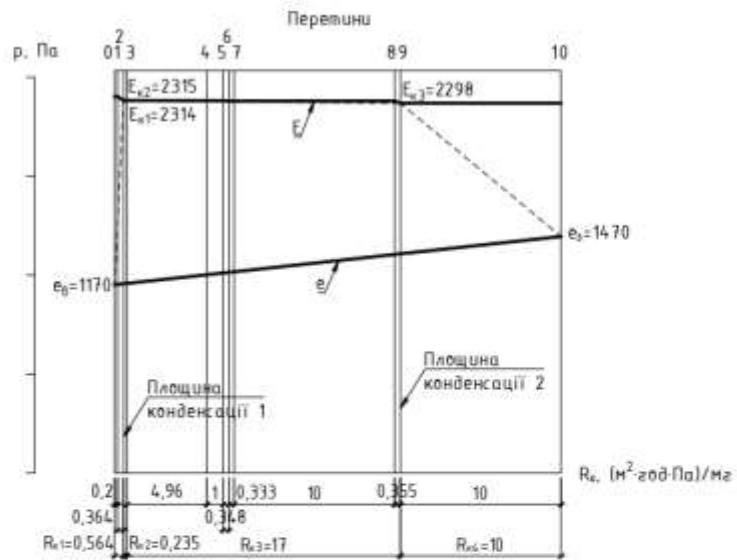
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

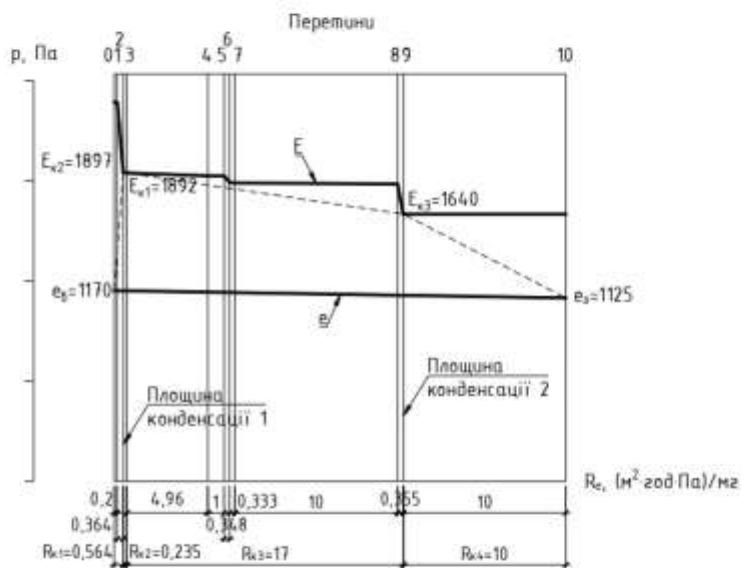
Арк.

81

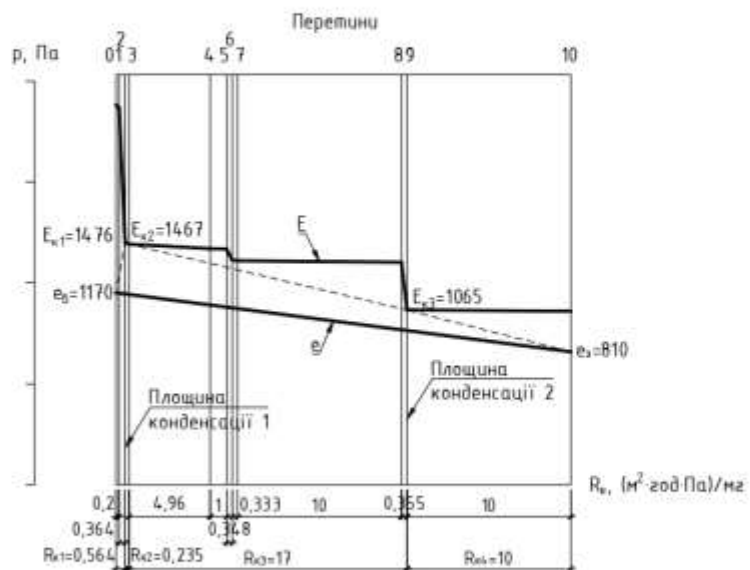
Серпень



Вересень



Жовтень



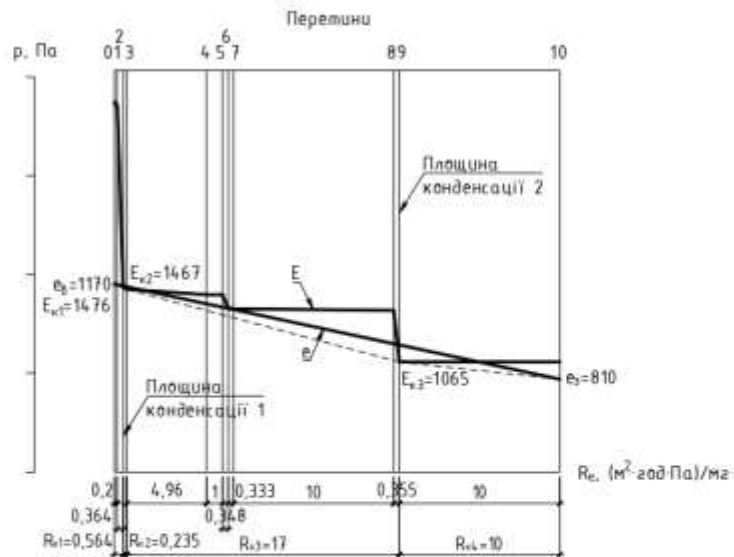
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

Арк.

82

Листопад



Грудень

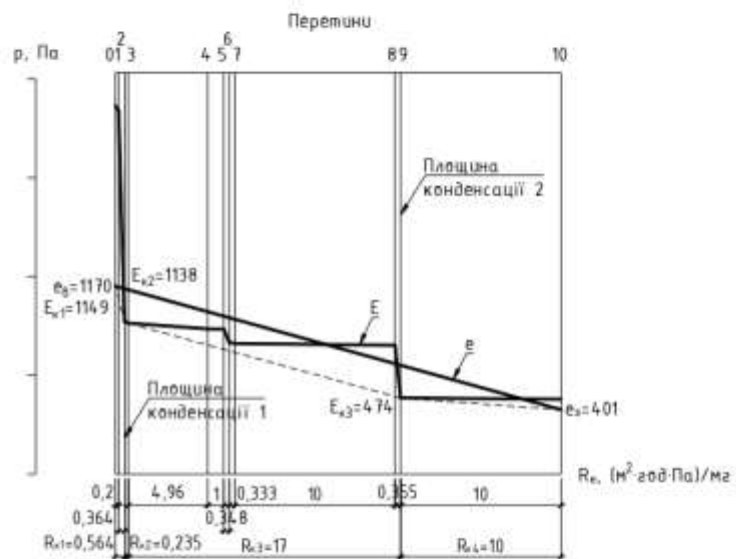


Рис. 66 Умовних переріз суміщеного покриття в різні місяці року

Виконуємо розрахунки вологонакопичення та вологовіддачі у 1-й площині конденсації протягом року (табл. 17).

Таблиця 17

Кількості вологи, що накопичується та випаровується з площини конденсації

№	Місяць року	Кількість водяної пари, мг/(м ² ·год),		Кількість вологи, що накопичується, кг/м ² , W _{зп}	Кількість вологи, що випаровується, кг/м ² , W _{лп}
		i _{ві}	i _{зі}		
1	Січень	531,94	51,09	0,363	

2	Лютий	473,43	51,09	0,319	
3	Березень	115,28	51,09	0,053	
4	Квітень	-677,27	34,07		0,534
5	Травень	-1429,05	17,05		1,081
6	Червень	-1882,95	4,29		1,409
7	Липень	-2152,45	0,03		1,606
8	Серпень	-2030,11	0,03		1,515
9	Вересень	-1288,98	21,31		0,98
10	Жовтень	-542,52	38,33		0,437
11	Листопад	37,26	46,84		0,012
12	Грудень	386,55	51,09	0,255	
				$W_{зп} = 0,99$	$W_{лп} = 7,574$

Виконуємо розрахунки вологонакопичення та вологовіддачі у 2-й площині конденсації протягом року (табл. 18).

Таблиця 18

Кількості вологи, що накопичується та випаровується з площини конденсації

№	Місяць року	Кількість водяної пари, мг/(м ² ·год),		Кількість вологи, що накопичується, кг/м ² , $W_{зп}$	Кількість вологи, що випаровується, кг/м ² , $W_{лп}$
		$i_{ві}$	$i_{зі}$		
1	Січень	27,32	6,93	0,02	
2	Лютий	27,44	8,73	0,019	
3	Березень	26,79	15,03	0,014	
4	Квітень	22,56	40,33		0,018
5	Травень	12,56	69,13		0,047
6	Червень	4,15	75,83		0,058
7	Липень	15,97	52,03		0,032
8	Серпень	1,03	82,83		0,066
9	Вересень	-23,85	82,83		0,084
10	Жовтень	23,68	25,53		0,006

11	Листопад	26,68	10,73	0,017	
12	Грудень	27,44	7,33	0,02	
				$W_{зп} = 0,09$	$W_{лп} = 0,311$

У першій площині конденсації $W_{зп} = 0,99 \text{ кг/м}^2 < W_{лп} = 7,574 \text{ кг/м}^2$ друга нормативна вимога виконується.

Визначаємо приріст вологи Δw , %, у шарі додаткового утеплювача, у якому відбувається конденсація вологи, за формулою:

$$\Delta w = \frac{W_{зп}}{\delta_k \cdot \rho_k} 100 = \frac{0,99}{0,2 \cdot 30} * 100 = 1,6 \%$$

де δ_k – товщина утеплювача по підвісній стелі, м;

ρ_k – густина утеплювача по підвісній стелі, кг/м^3 .

Визначаємо, допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості мінеральної вати, $\Delta w_d = 2,5 \%$

Так як $\Delta w = 1,6 \% < \Delta w_d = 2,5 \%$ то перша нормативна вимога виконується.

У другій площині конденсації $W_{зп} = 0,09 \text{ кг/м}^2 < W_{лп} = 0,311 \text{ кг/м}^2$ друга нормативна вимога виконується.

Визначаємо приріст вологи Δw , %, у шарі додаткового утеплювача, у якому відбувається конденсація вологи, за формулою:

$$\Delta w = \frac{W_{зп}}{\delta_k \cdot \rho_k} 100 = \frac{0,09}{0,11 \cdot 200} * 100 = 0,41 \%$$

де δ_k – товщина додаткового утеплювача, м;

ρ_k – густина додаткового утеплювача, кг/м^3 .

Визначаємо, допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості мінеральної вати, $\Delta w_d = 2,5 \%$

Так як $\Delta w = 0,41 \% < \Delta w_d = 2,5 \%$ то перша нормативна вимога виконується.

Висновки:

								Арк.
								85
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ			

1. В обох шарах утеплювача нормовані умови тепловологісного стану виконуються.

2. На нижній поверхні залізобетонної плити покриття, протягом січня, спостерігається випадіння конденсату.

3. Для запобігання утворення конденсату, на нижній поверхні залізобетонної плити покриття, необхідно застосувати шар пароізоляції під утеплювачем розташованим по підвісній стелі.

3.2.4.1 Застосування пароізоляційного шару під утеплювачем товщиною 200 мм розташованим по підвісній стелі

Конструкція суміщеного покриття наведена на рис. 67.

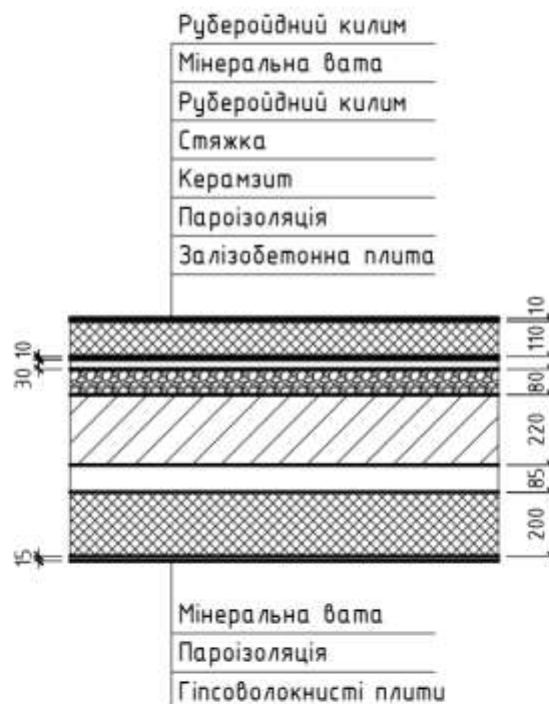


Рис 67 Конструкція суміщеного покриття

Опір паропроникненню шару пароізоляції під утеплювачем на підвісній стелі визначаємо графічним способом. Проводимо з точки e_v ліворуч горизонтальну лінію. Переміщуємо точку e_v до точки де графік парціального тиску насиченої водяної пари E перетинає нижню поверхню залізобетонної плити покриття (перетин 3) (рис. 68).

					601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		86

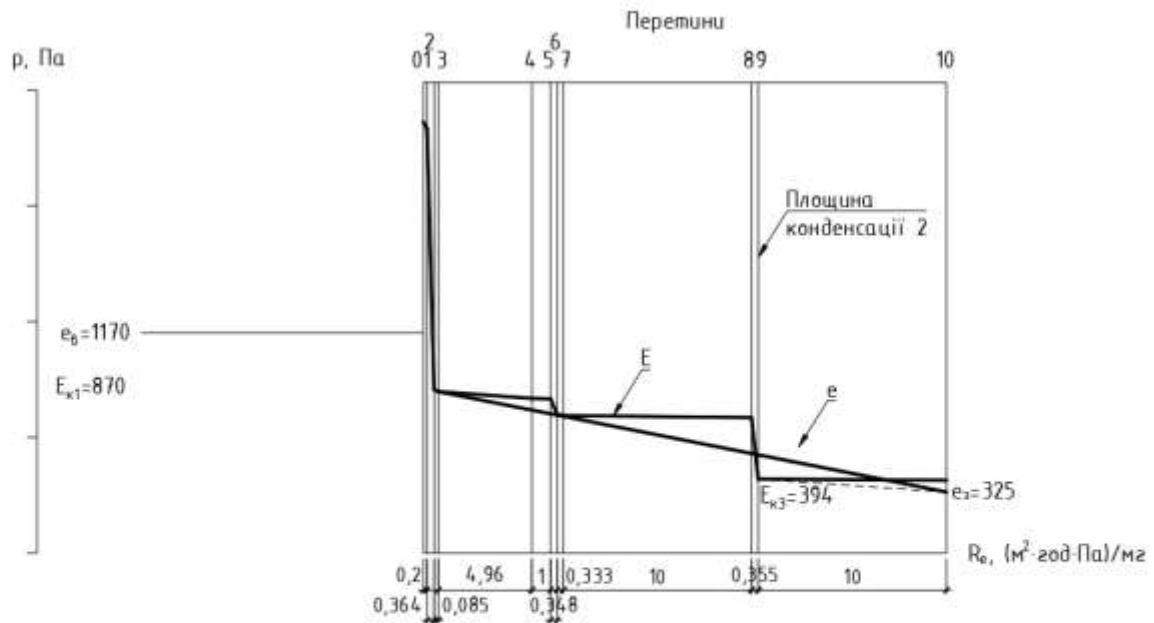


Рис. 68

Подовжимо лінію $e_b - e_3$ до проведеного горизонтального відрізка (рис. 69).

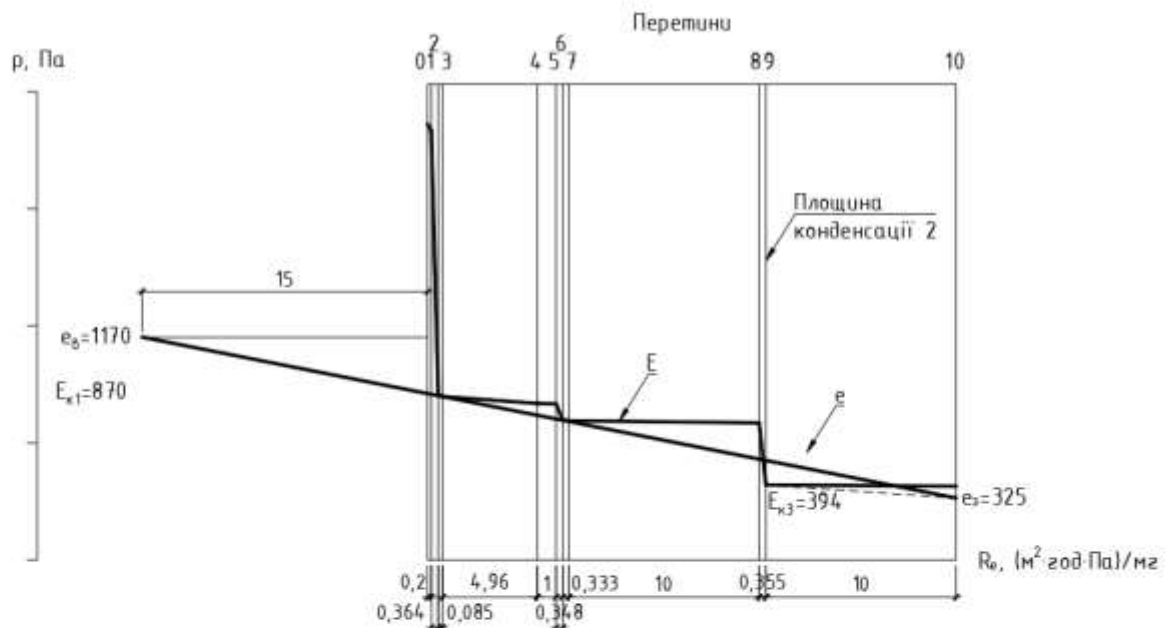


Рис. 69

Довжина горизонтального відрізка і є опором паропроникненню шару пароізоляції який забезпечує відсутність конденсату на нижній поверхні залізобетонної плити покриття. У нашому випадку опір паропроникненню дорівнює

					601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		87

$R_{\text{пар}} = 2,36 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}/\text{мг}$. Остаточний вигляд суміщеного покриття в масштабі опорів паропроникнення наведений на рис. 70.

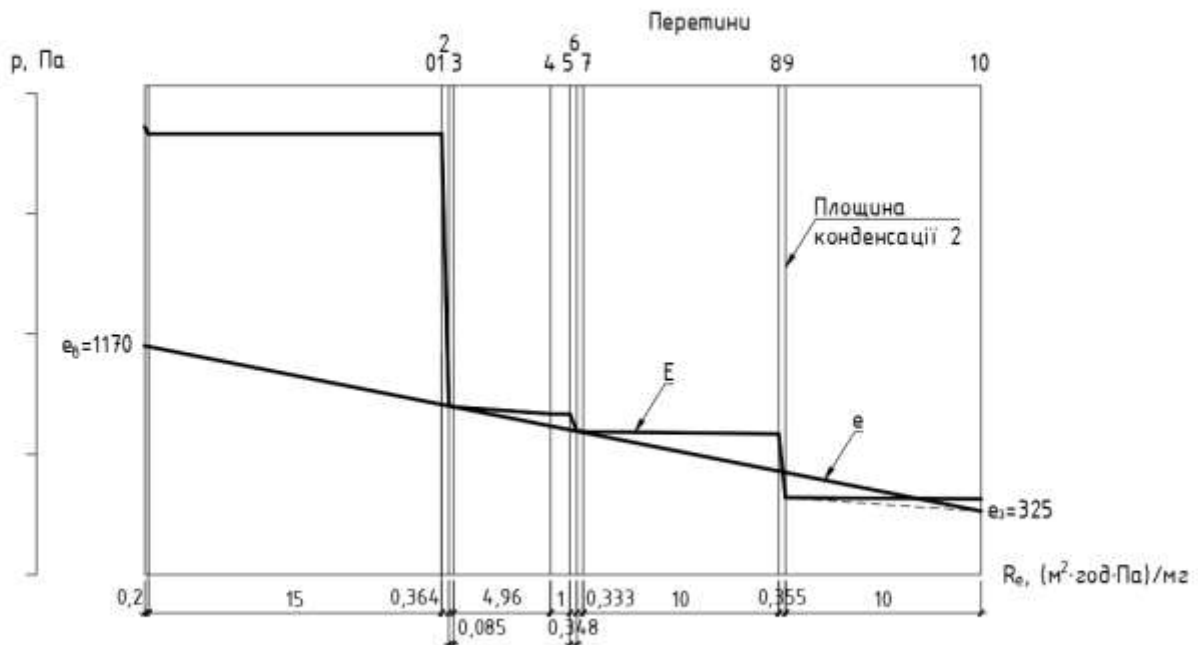


Рис. 70

Висновок. Для приведення суміщеного покриття до вимог норм з тепловологісного стану необхідно застосувати шар пароізоляції розташований під утеплювачем на підвісній стелі з опором паропроникненню $R_{\text{пар}} = 16 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}/\text{мг}$.

3.3 Додаткове утеплення з видаленням шарів розташованих зверху плити покриття

3.3.1 Товщина утеплювача по підвісній стелі 50 мм

Конструкція суміщеного покриття наведена на рис. 71.

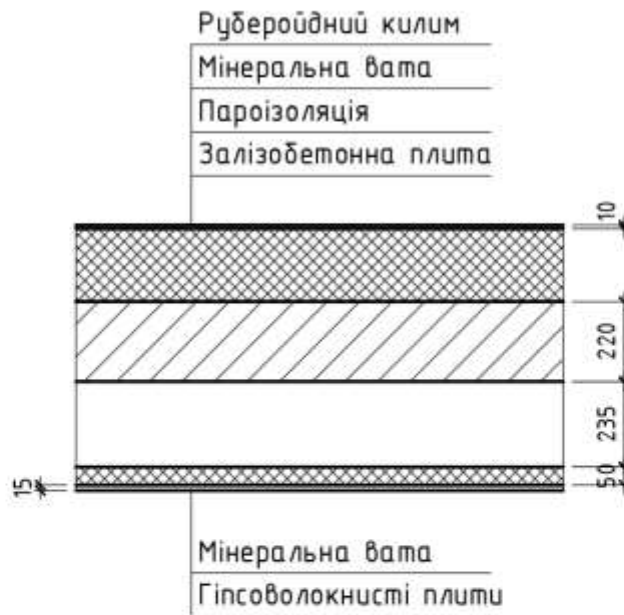


Рис 71 Конструкція суміщеного покриття

Для виконання норм теплозахисту необхідно застосувати додатковий шар утеплювача товщиною 280 мм.

Температурне поле наведено на рис. 72.

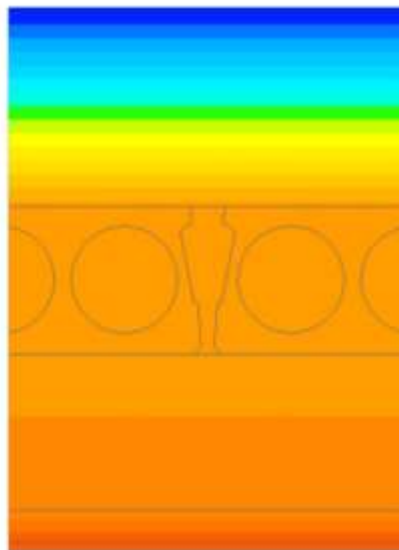


Рис. 72 Температурне поле

Визначаємо приведенний опір теплопередачі суміщеного покриття за формулою

								Арк.
								89
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ			

$$R_{\Sigma пр} = \frac{\theta_{int} - \theta_e}{q} * l = \frac{20 - (-5,5)}{2,18} * 0,6 = 7,07 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де θ_{int} – температура внутрішнього повітря, $\theta_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

θ_e - температура зовнішнього повітря, $\theta_e = -5,5^\circ\text{C}$;

q – тепловий потік, за даними розрахунку температурного поля $q = 2,18 \text{ Вт}$;

l – довжина розрахункової схеми, $l = 0,6 \text{ м}$.

Висновок. Приведений опір теплопередачі суміщеного покриття більше нормованого значення яке дорівнює $R_{q,min} = 7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

3.3.2 Товщина утеплювача по підвісній стелі 100 мм

Конструкція суміщеного покриття наведена на рис. 73.

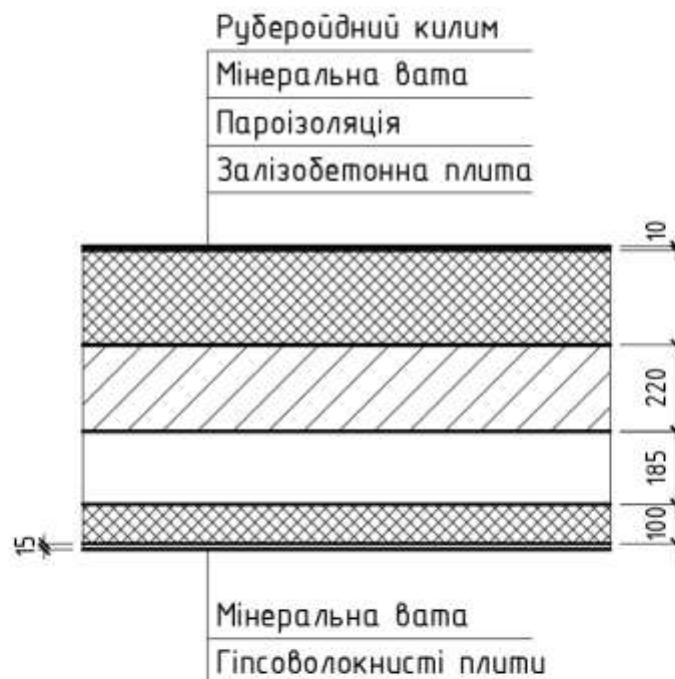


Рис 73 Конструкція суміщеного покриття

Для виконання норм теплозахисту необхідно застосувати додатковий шар утеплювача товщиною 230 мм.

Температурне поле наведено на рис. 74.

						601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			90

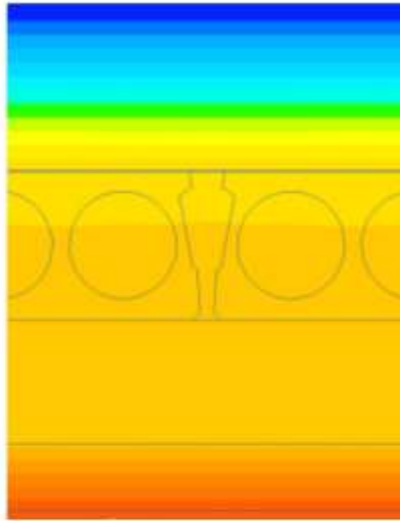


Рис. 74 Температурне поле

Визначасмо приведенний опір теплопередачі суміщеного покриття за формулою

$$R_{\Sigma пр} = \frac{\theta_{int} - \theta_e}{q} * l = \frac{20 - (-5,5)}{2,15} * 0,6 = 7,14 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де θ_{int} – температура внутрішнього повітря, $\theta_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

θ_e - температура зовнішнього повітря, $\theta_e = -5,5 \text{ }^\circ\text{C}$;

q – тепловий потік, за даними розрахунку температурного поля $q = 2,15 \text{ Вт}$;

l – довжина розрахункової схеми, $l = 0,6 \text{ м}$.

Висновок. Приведений опір теплопередачі суміщеного покриття більше нормованого значення яке дорівнює $R_{q,min} = 7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

3.3.3 Товщина утеплювача по підвісній стелі 150 мм

Конструкція суміщеного покриття наведена на рис. 75.

					601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		91

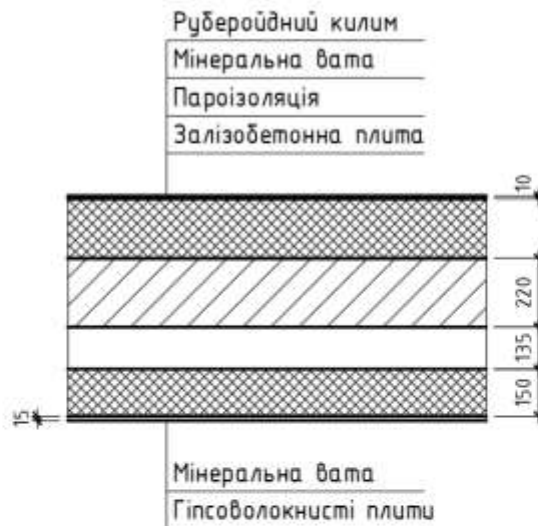


Рис 75 Конструкція суміщеного покриття

Для виконання норм теплозахисту необхідно застосувати додатковий шар утеплювача товщиною 180 мм.

Температурне поле наведено на рис. 76.

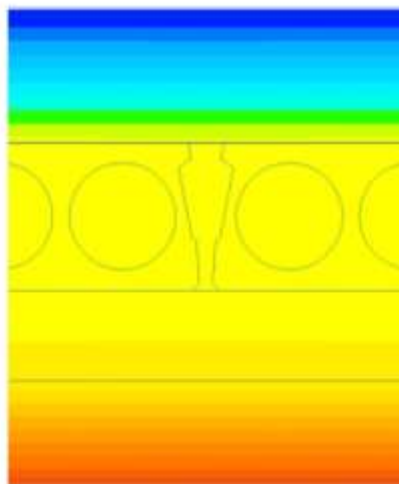


Рис. 76 Температурне поле

Визначасмо приведений опір теплопередачі суміщеного покриття за формулою

$$R_{\Sigma пр} = \frac{\theta_{int} - \theta_e}{q} * l = \frac{20 - (-5,5)}{2,14} * 0,6 = 7,19 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де θ_{int} – температура внутрішнього повітря, $\theta_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

θ_e - температура зовнішнього повітря, $\theta_e = -5,5 \text{ }^\circ\text{C}$;

					601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		92

q – тепловий потік, за даними розрахунку температурного поля $q = 2,14 \text{ Вт}$;

l – довжина розрахункової схеми, $l = 0,6 \text{ м}$.

Висновок. Приведений опір теплопередачі суміщеного покриття більше нормованого значення яке дорівнює $R_{q,min} = 7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

3.3.4 Товщина утеплювача по підвісній стелі 200 мм

Конструкція суміщеного покриття наведена на рис. 77.

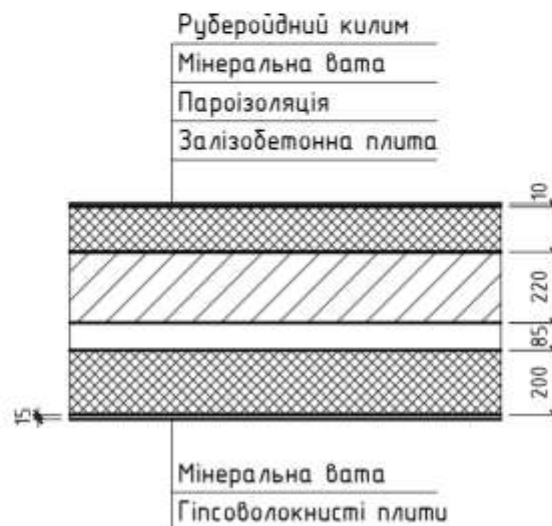


Рис 77 Конструкція суміщеного покриття

Для виконання норм теплозахисту необхідно застосувати додатковий шар утеплювача товщиною 140 мм.

Температурне поле наведено на рис. 78.

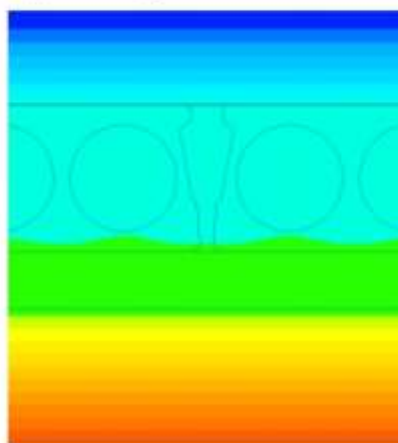


Рис. 78 Температурне поле

						601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			93

Визначасмо приведенний опір теплопередачі суміщеного покриття за формулою

$$R_{\Sigma пр} = \frac{\theta_{int} - \theta_e}{q} * l = \frac{20 - (-5,5)}{2,18} * 0,6 = 7,05 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де θ_{int} – температура внутрішнього повітря, $\theta_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

θ_e - температура зовнішнього повітря, $\theta_e = -5,5 \text{ }^\circ\text{C}$;

q – тепловий потік, за даними розрахунку температурного поля $q = 2,18 \text{ Вт}$;

l – довжина розрахункової схеми, $l = 0,6$

Висновок. Приведений опір теплопередачі суміщеного покриття більше нормованого значення яке дорівнює $R_{q,min} = 7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

3.4 Вологісний стан суміщеного покриття при додатковому утепленні утеплення з видаленням шарів розташованих зверху плити покриття

Попередні дослідження показали, що зміна температури та парціального тиску водяної пари по довжині нижньої поверхні залізобетонної плити покриття незначна, тому дослідження вологісного стану виконуємо використовуючи середні значення цих величин.

Вологісний стан суміщеного покриття виконуємо для всіх місяців року

3.4.1 Товщина утеплювача по підвісній стелі 50 мм

Визначасмо температуру у перетинах огорожувальної конструкції.

Таблиця 19

Температура у перетинах огорожувальної конструкції

№	Місяць року	Температура, °C, у перетинах							
		0	1	2	3	4	5	6	7
1	Січень	19,8	19,6	16	15,4	14,8	14,8	-5	-5,2
2	Лютий	19,9	19,6	16,1	15,6	15	15	-4,1	-4,3

					601-БМ.12175641.ПЗ				Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					94

3	Березень	19,9	19,7	16,9	16,5	16	16	0,8	0,6
4	Квітень	20	19,9	18,4	18,1	17,9	17,9	9,4	9,3
5	Травень	20,1	20,1	19,4	19,3	19,2	19,2	15,7	15,6
6	Червень	20,2	20,2	20	20	19,9	19,9	18,9	18,9
7	Липень	20,2	20,2	20,3	20,3	20,3	20,3	20,7	20,7
8	Серпень	20,2	20,2	20,2	20,1	20,1	20,1	19,9	19,9
9	Вересень	20,1	20,1	19,3	19,1	19	19	14,6	14,5
10	Жовтень	20	19,9	18,2	17,9	17,6	17,6	8,1	8
11	Листопад	19,9	19,7	17,1	16,7	16,3	16,3	1,8	1,6
12	Грудень	19,9	19,6	16,3	15,8	15,3	15,3	-2,8	-3

Результати розрахунку парціального тиску насиченої водяної пари у перетинах шарів наведені у табл. 20.

Таблиця 20

Парціальний тиск насиченої водяної пари у перетинах шарів

№	Місяць року	Парціальний тиск насиченої водяної пари, Па, у перетинах шарів							
		0	1	2	3	4	5	6	7
1	Січень	2291	2254	1794	1733	1665	1665	397	390
2	Лютий	2293	2257	1811	1752	1686	1686	428	421
3	Березень	2303	2275	1910	1860	1804	1804	641	634
4	Квітень	2320	2304	2091	2060	2027	2027	1164	1157
5	Травень	2333	2326	2234	2221	2205	2205	1762	1757
6	Червень	2339	2337	2312	2308	2303	2303	2164	2162
7	Липень	2343	2344	2354	2356	2358	2358	2415	2416
8	Серпень	2341	2341	2335	2334	2333	2333	2300	2300
9	Вересень	2331	2322	2209	2192	2174	2174	1643	1638
10	Жовтень	2317	2300	2063	2030	1992	1992	1068	1060
11	Листопад	2305	2278	1929	1882	1828	1828	688	681
12	Грудень	2295	2262	1836	1779	1715	1715	477	469

Визначасмо опір паропроникненню шарів суміщеного покриття за формулами

$$R_{e1} = \frac{d_1}{\mu_1} = \frac{0,016}{0,073} = 0,22 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e2} = \frac{d_2}{\mu_2} = \frac{0,05}{0,53} = 0,093 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e3} = \frac{d_3}{\mu_3} = \frac{0,237}{1} = 0,237 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e4} = 4,98 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e5} = \frac{d_5}{\mu_5} = \frac{0,001}{0,001} = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e6} = \frac{d_6}{\mu_6} = \frac{0,28}{0,31} = 0,936 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e7} = \frac{d_7}{\mu_7} = \frac{0,01}{0,001} = 10 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

Умовний переріз суміщеного покриття в січні наведено на рис. 79.

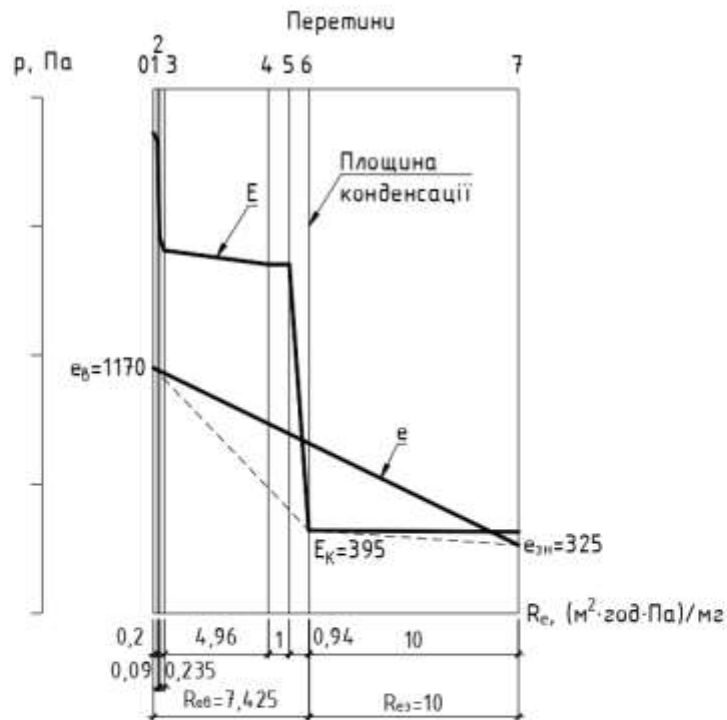


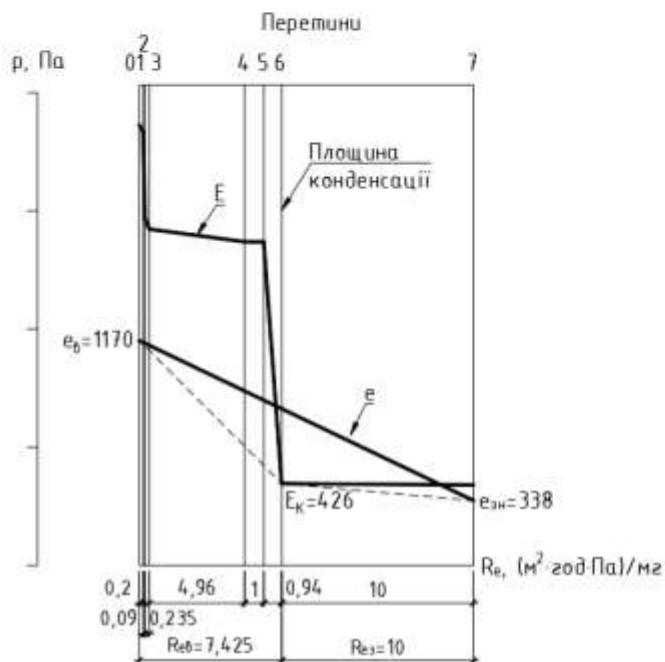
Рис. 79 - Умовний переріз суміщеного покриття в січні

									Арк.
									96
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ				

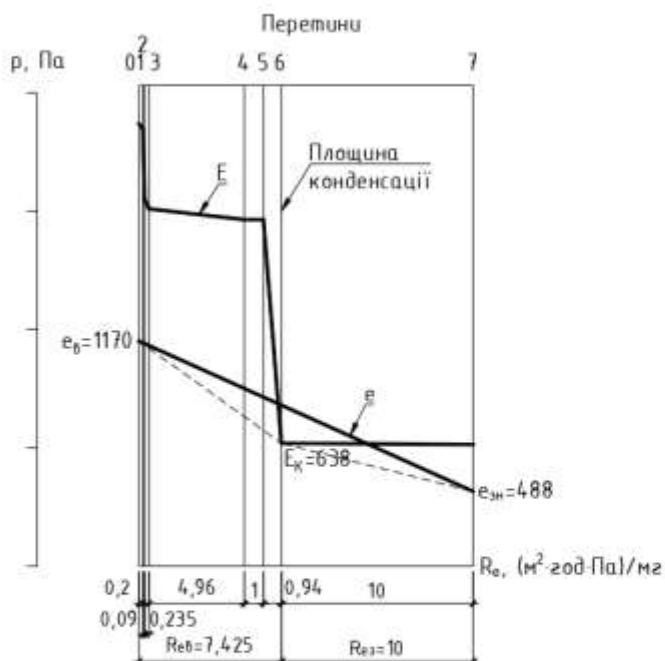
Як видно з рис. 79 після виконання додаткового шару утеплювача товщиною 0,27 м по залізобетонній плиті перекриття, на внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття конденсації вологи не відбувається. В той же час конденсація відбувається на верхній поверхні додаткового шару утеплювача.

Виконуємо побудову умовних переріз суміщеного покриття в інші місяці року (рис. 80).

лютий



Березень



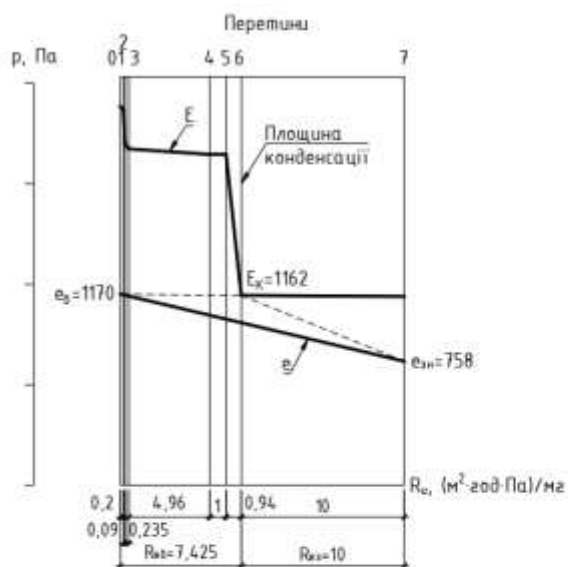
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

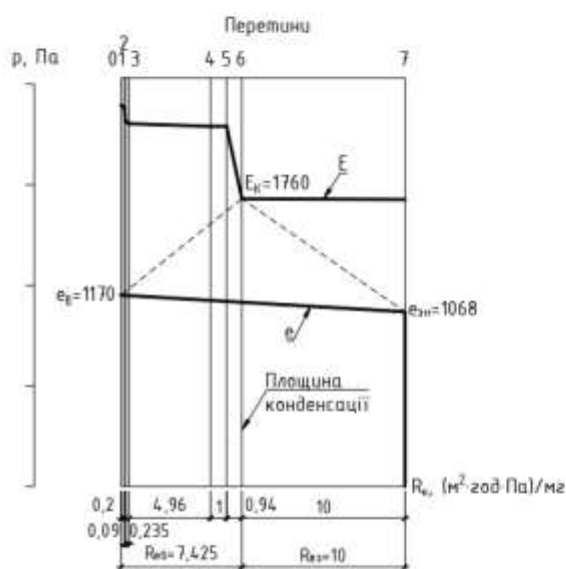
Арк.

97

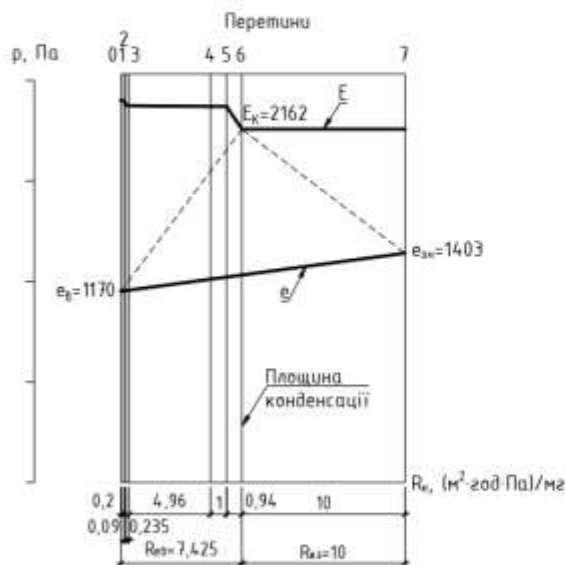
Квітень



Травень



Червень



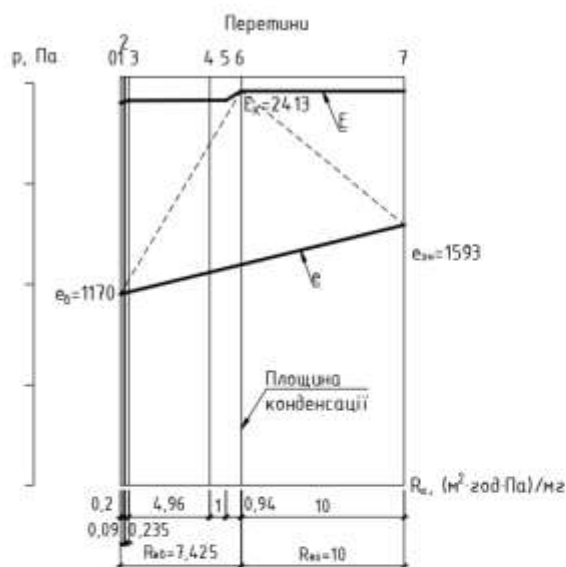
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

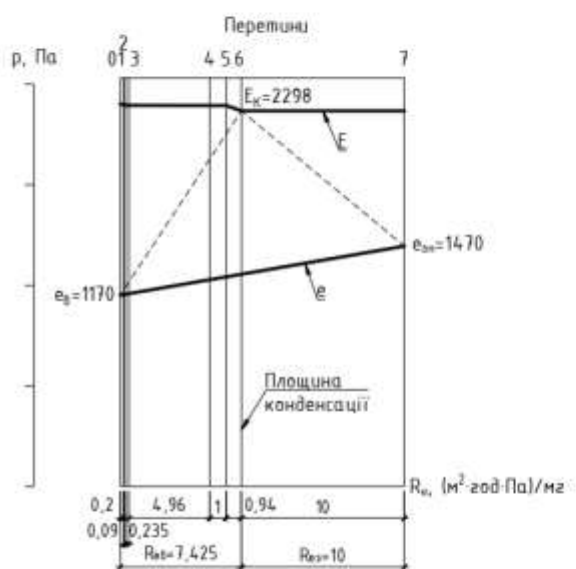
Арк.

98

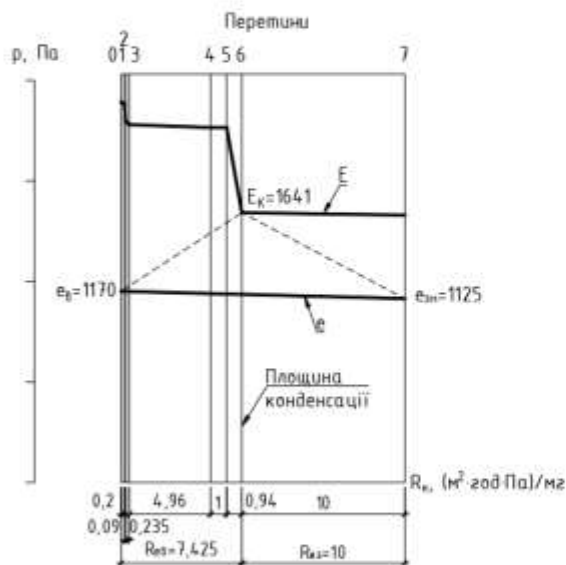
Липень



Серпень



Вересень



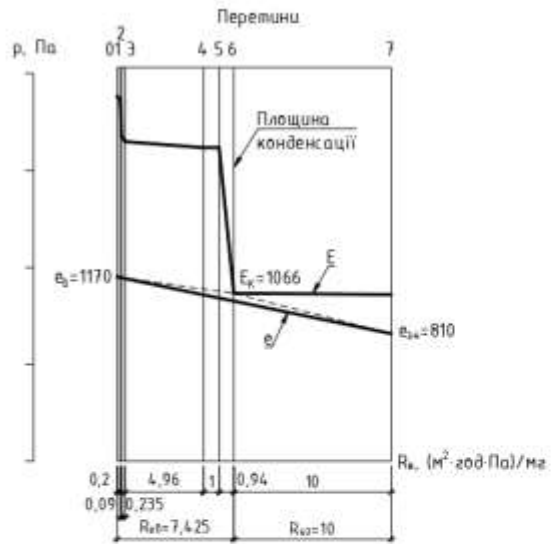
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

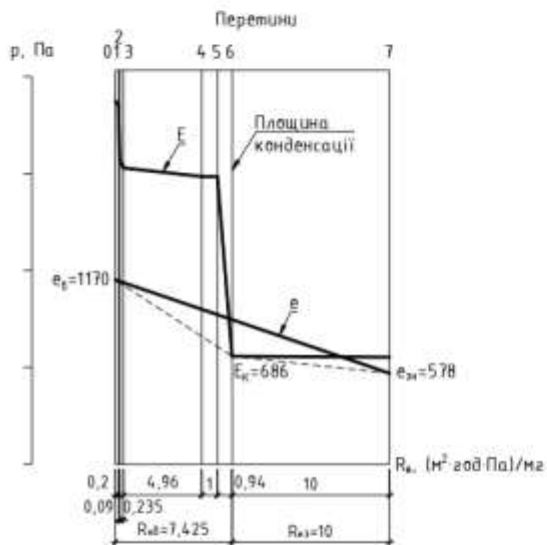
Арк.

99

Жовтень



Листопад



Грудень

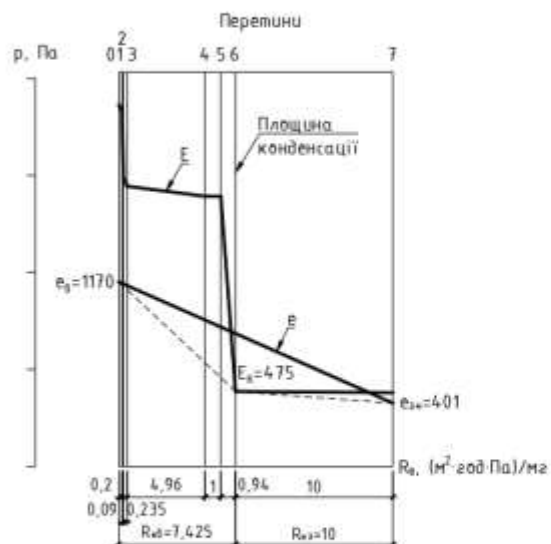


Рис. 80 Умовних переріз суміщеного покриття в різні місяці року

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

Арк.

100

Виконуємо розрахунки вологонакопичення та вологовіддачі в площині конденсації протягом року (табл. 21).

Таблиця 21

Кількості вологи, що накопичується та випаровується з площини конденсації

№	Місяць року	Кількість водяної пари, мг/(м ² ·год),		Кількість вологи, що накопичується, кг/м ² , W _{зп}	Кількість вологи, що випаровується, кг/м ² , W _{лп}
		i _{вi}	i _{зi}		
1	Січень	104,41	7,03	0,077	
2	Лютий	100,23	8,83	0,073	
3	Березень	71,55	15,13	0,047	
4	Квітень	1,11	40,43		0,034
5	Травень	-79,43	69,23		0,116
6	Червень	-133,57	75,93		0,161
7	Липень	-167,38	82,03		0,191
8	Серпень	-151,89	82,83		0,18
9	Вересень	-63,4	51,63		0,091
10	Жовтень	14,04	25,63		0,014
11	Листопад	65,22	10,83	0,045	
12	Грудень	93,63	7,43	0,069	
				W _{зп} = 0,311	W _{лп} = 0,787

Так як $W_{зп} = 0,311 \text{ кг/м}^2 < W_{лп} = 0,787 \text{ кг/м}^2$ то друга нормативна вимога виконується.

Визначаємо приріст вологи Δw , %, у шарі додаткового утеплювача, у якому відбувається конденсація вологи, за формулою:

$$\Delta w = \frac{W_{зп}}{\delta_k \cdot \rho_k} 100 = \frac{0,311}{0,28 \cdot 200} * 100 = 0,48 \%$$

де δ_k – товщина додаткового утеплювача, м;

ρ_k – густина додаткового утеплювача, кг/м³.

Визначаємо, допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості мінеральної вати, $\Delta w_d = 2,5 \%$

Так як $\Delta w = 0,48 \% < \Delta w_d = 2,5 \%$ то перша нормативна вимога виконується.

3.4.2 Товщина утеплювача по підвісній стелі 100 мм

Визначаємо температуру у перетинах огорожувальної конструкції.

Таблиця 22

Температура у перетинах огорожувальної конструкції

№	Місяць року	Температура, °С, у перетинах							
		0	1	2	3	4	5	6	7
1	Січень	19,8	19,6	12,4	11,9	11,2	11,2	-5	-5,2
2	Лютий	19,9	19,6	12,7	12,2	11,6	11,5	-4,1	-4,3
3	Березень	19,9	19,7	14,2	13,8	13,3	13,3	0,8	0,6
4	Квітень	20	19,9	16,8	16,6	16,4	16,3	9,4	9,3
5	Травень	20,1	20,1	18,8	18,7	18,6	18,6	15,7	15,6
6	Червень	20,2	20,2	19,8	19,8	19,7	19,7	18,9	18,9
7	Липень	20,2	20,2	20,4	20,4	20,4	20,4	20,7	20,7
8	Серпень	20,2	20,2	20,1	20,1	20,1	20,1	19,9	19,9
9	Вересень	20,1	20,1	18,5	18,3	18,2	18,2	14,6	14,5
10	Жовтень	20	19,9	16,5	16,2	15,9	15,9	8,1	8
11	Листопад	19,9	19,8	14,5	14,1	13,7	13,6	1,8	1,6
12	Грудень	19,9	19,6	13,1	12,6	12	12	-2,9	-3,1

Результати розрахунку парціального тиску насиченої водяної пари у перетинах шарів наведені у табл. 23.

Таблиця 23

Парціальний тиск насиченої водяної пари у перетинах шарів

№	Місяць року	Парціальний тиск насиченої водяної пари, Па, у перетинах шарів							
		0	1	2	3	4	5	6	7

					601-БМ.12175641.ПЗ					Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						102

1	Січень	2291	2255	1425	1375	1320	1318	396	389
2	Лютий	2293	2258	1451	1402	1348	1346	427	420
3	Березень	2303	2275	1602	1560	1512	1510	640	633
4	Квітень	2320	2305	1899	1871	1840	1839	1163	1156
5	Травень	2333	2326	2147	2134	2120	2119	1761	1757
6	Червень	2339	2337	2286	2282	2278	2278	2163	2162
7	Липень	2343	2344	2365	2366	2368	2368	2415	2416
8	Серпень	2341	2341	2329	2328	2327	2327	2300	2300
9	Вересень	2331	2323	2103	2087	2068	2068	1642	1637
10	Жовтень	2318	2300	1852	1821	1787	1786	1067	1060
11	Листопад	2305	2279	1634	1593	1547	1546	687	680
12	Грудень	2296	2262	1489	1442	1389	1387	476	468

Визначаємо опір паропроникненню шарів суміщеного покриття за формулами

$$R_{e1} = \frac{d_1}{\mu_1} = \frac{0,014}{0,077} = 0,21 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e2} = \frac{d_2}{\mu_2} = \frac{0,1}{0,54} = 0,186 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e3} = \frac{d_3}{\mu_3} = \frac{0,187}{1} = 0,187 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e4} = 4,98 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e5} = \frac{d_5}{\mu_5} = \frac{0,001}{0,001} = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e6} = \frac{d_6}{\mu_6} = \frac{0,23}{0,31} = 0,77 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e7} = \frac{d_7}{\mu_7} = \frac{0,01}{0,001} = 10 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

Умовний переріз суміщеного покриття в січні наведено на рис. 81.

									Арк.
									103
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ				

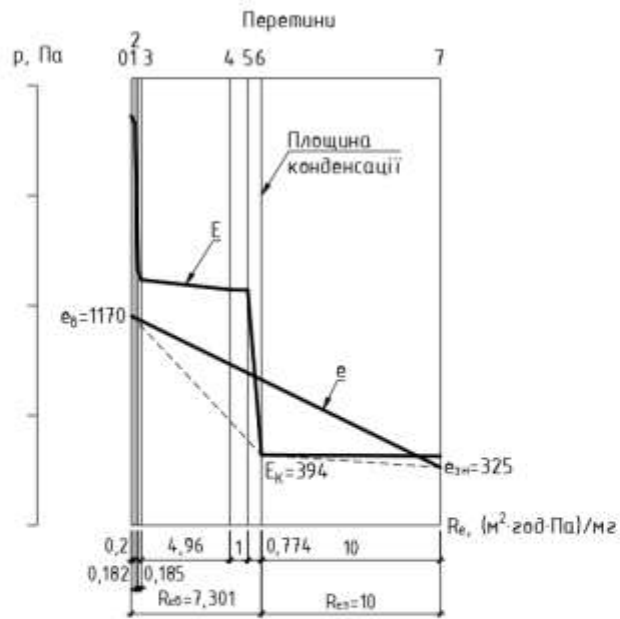
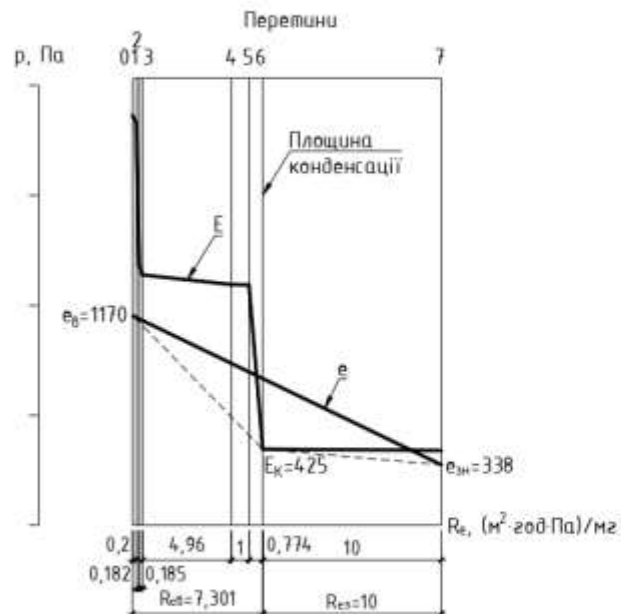


Рис. 81 - Умовний переріз суміщеного покриття в січні

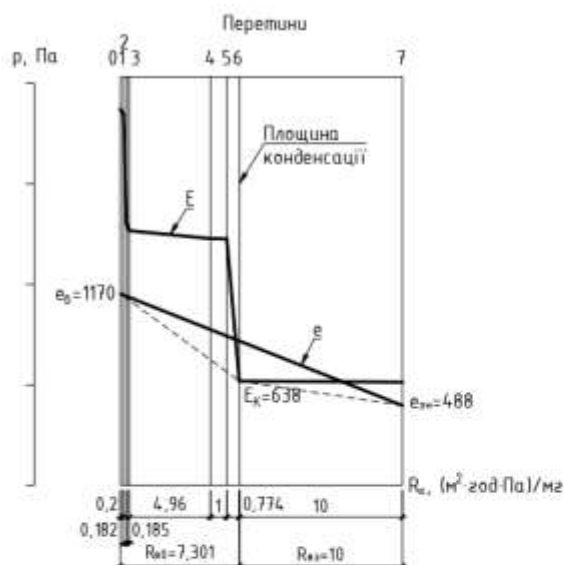
Як видно з рис. 81 після виконання додаткового шару утеплювача товщиною 0,22 м по залізобетонній плиті перекриття, на внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття конденсації вологи не відбувається. В той же час конденсація відбувається на верхній поверхні додаткового шару утеплювача.

Виконуємо побудову умовних переріз суміщеного покриття в інші місяці року (рис. 82).

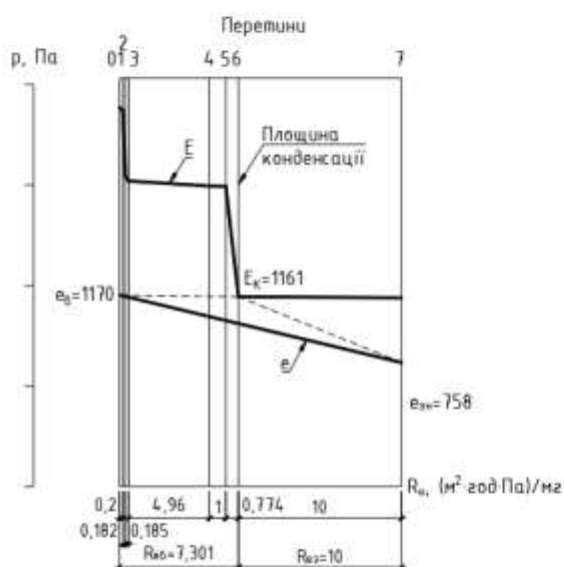
лютий



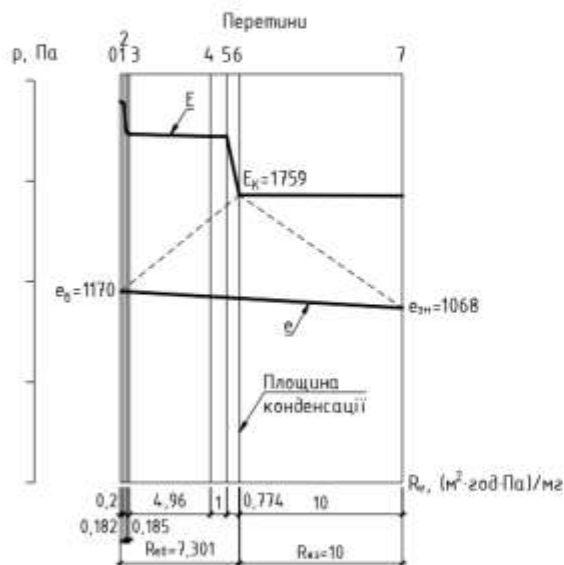
Березень



Квітень



Травень



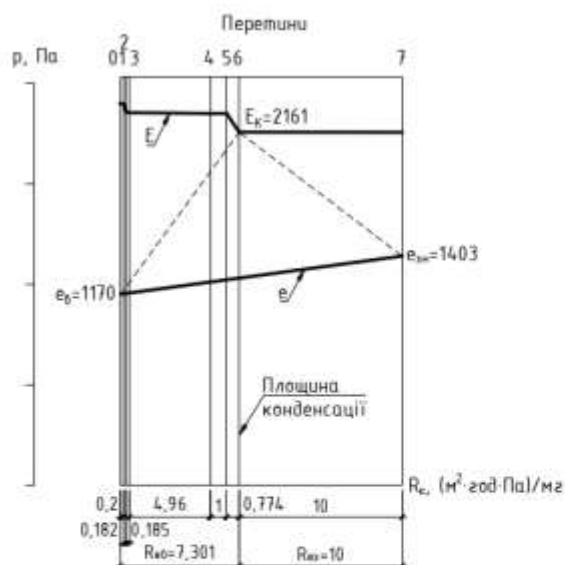
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

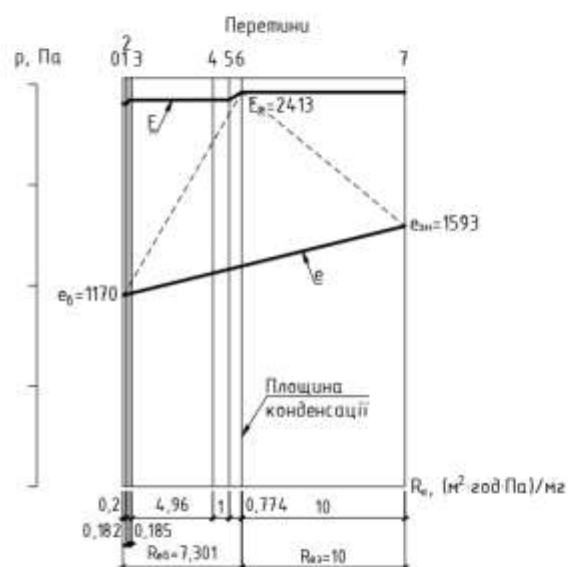
Арк.

105

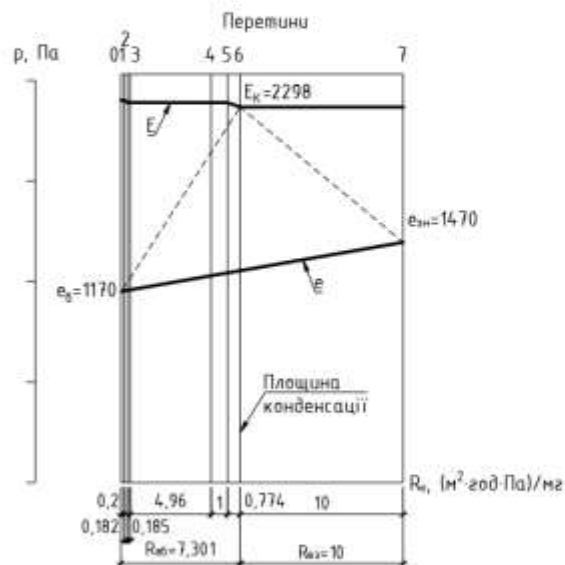
Червень



Липень



Серпень



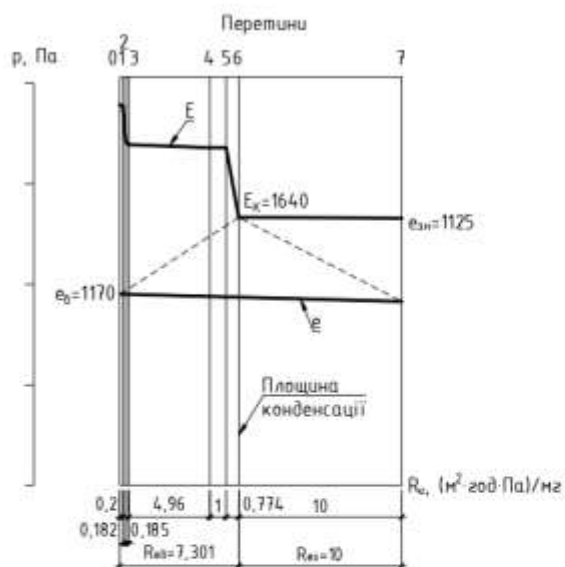
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

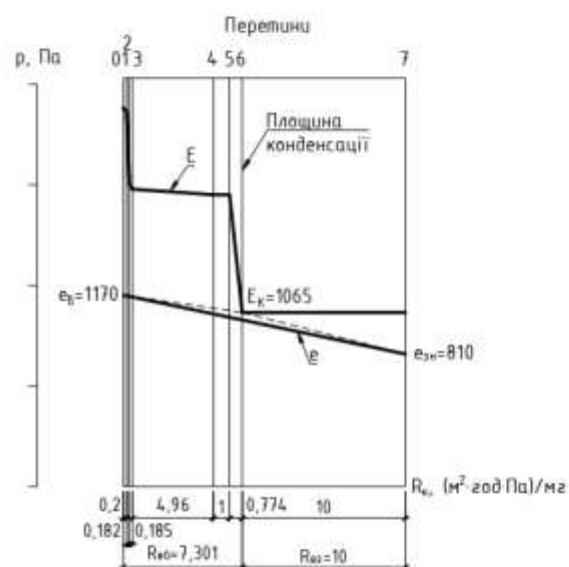
Арк.

106

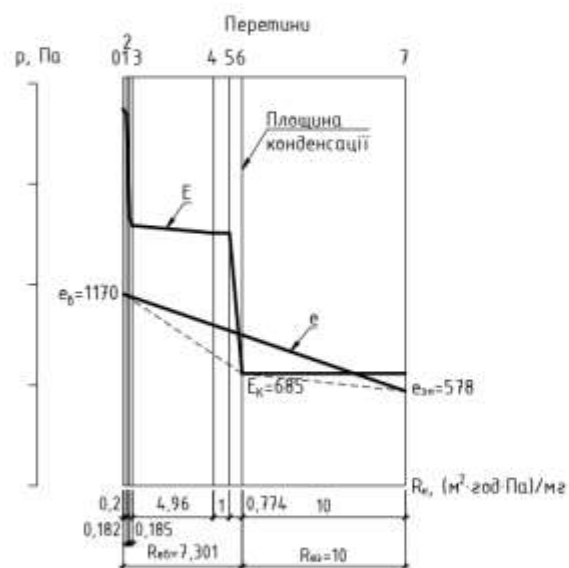
Вересень



Жовтень



Листопад



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

Арк.

107

Грудень

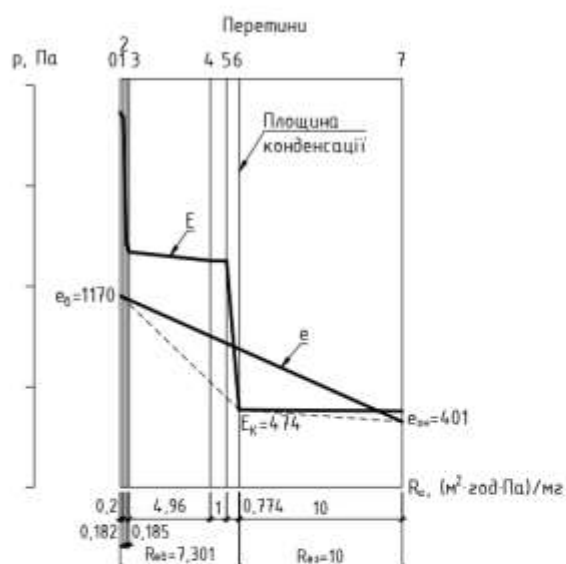


Рис. 82 Умовних переріз сумщеного покриття в різні місяці року

Виконуємо розрахунки вологонакопичення та вологовіддачі в площині конденсації протягом року (табл. 24).

Таблиця 24

Кількості вологи, що накопичується та випаровується з площини конденсації

№	Місяць року	Кількість водяної пари, мг/(м²·год),		Кількість вологи, що накопичується, кг/м², W _{зп}	Кількість вологи, що випаровується, кг/м², W _{лп}
		$i_{ві}$	$i_{зі}$		
1	Січень	106,32	6,93	0,079	
2	Лютий	102,07	8,73	0,074	
3	Березень	72,9	15,03	0,048	
4	Квітень	1,26	40,33		0,034
5	Травень	-80,64	69,13		0,116
6	Червень	-135,7	75,83		0,162
7	Липень	-170,22	82,03		0,193
8	Серпень	-154,47	82,83		0,182
9	Вересень	-64,34	51,53		0,091
10	Жовтень	14,41	25,53		0,013
11	Листопад	66,46	10,73	0,046	

12	Грудень	95,36	7,33	0,07	
				$W_{зп} = 0,317$	$W_{лп} = 0,791$

Так як $W_{зп} = 0,317 \text{ кг/м}^2 < W_{лп} = 0,791 \text{ кг/м}^2$ то друга нормативна вимога виконується.

Визначасмо приріст вологи Δw , %, у шарі додаткового утеплювача, у якому відбувається конденсація вологи, за формулою:

$$\Delta w = \frac{W_{зп}}{\delta_k \cdot \rho_k} 100 = \frac{0,317}{0,22 \cdot 200} * 100 = 0,71 \%$$

де δ_k – товщина додаткового утеплювача, м;

ρ_k – густина додаткового утеплювача, кг/м^3 .

Визначасмо, допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості мінеральної вати, $\Delta w_d = 2,5 \%$

Так як $\Delta w = 0,71 \% < \Delta w_d = 2,5 \%$ то перша нормативна вимога виконується.

3.4.3 Товщина утеплювача по підвісній стелі 150 мм

Визначасмо температуру у перетинах огорожувальної конструкції.

Таблиця 25

Температура у перетинах огорожувальної конструкції

№	Місяць року	Температура, °С, у перетинах							
		0	1	2	3	4	5	6	7
1	Січень	19,8	19,6	8,9	8,4	7,8	7,7	-5	-5,2
2	Лютий	19,9	19,6	9,3	8,8	8,2	8,2	-4,1	-4,4
3	Березень	19,9	19,7	11,5	11,1	10,6	10,6	0,8	0,6
4	Квітень	20	19,9	15,3	15,1	14,9	14,8	9,4	9,3
5	Травень	20,1	20,1	18,2	18,1	18	18	15,7	15,6
6	Червень	20,2	20,2	19,6	19,6	19,6	19,6	18,9	18,9
7	Липень	20,2	20,2	20,4	20,4	20,4	20,4	20,7	20,7

									Арк.
									109
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ				

8	Серпень	20,2	20,2	20,1	20,1	20,1	20,1	19,9	19,9
9	Вересень	20,1	20,1	17,7	17,6	17,4	17,4	14,6	14,5
10	Жовтень	20	19,9	14,8	14,5	14,2	14,2	8,1	8
11	Листопад	19,9	19,8	11,9	11,6	11,1	11,1	1,8	1,6
12	Грудень	19,9	19,6	9,9	9,4	8,8	8,8	-2,9	-3,1

Результати розрахунку парціального тиску насиченої водяної пари у перетинах шарів наведені у табл. 26.

Таблиця 26

Парціальний тиск насиченої водяної пари у перетинах шарів

№	Місяць року	Парціальний тиск насиченої водяної пари, Па, у перетинах шарів							
		0	1	2	3	4	5	6	7
1	Січень	2292	2256	1128	1088	1044	1043	396	389
2	Лютий	2293	2259	1159	1119	1075	1074	427	420
3	Березень	2303	2276	1343	1307	1267	1265	640	633
4	Квітень	2320	2305	1725	1699	1671	1670	1163	1156
5	Травень	2333	2326	2063	2051	2038	2037	1761	1757
6	Червень	2339	2337	2261	2257	2253	2253	2163	2162
7	Липень	2343	2344	2375	2376	2378	2378	2415	2416
8	Серпень	2341	2341	2323	2322	2321	2321	2300	2300
9	Вересень	2331	2323	2002	1987	1970	1969	1642	1637
10	Жовтень	2318	2301	1663	1635	1604	1603	1067	1059
11	Листопад	2305	2279	1383	1348	1308	1307	687	680
12	Грудень	2296	2263	1204	1166	1123	1121	476	468

Визначаємо опір паропроникненню шарів суміщеного покриття за формулами

$$R_{e1} = \frac{d_1}{\mu_1} = \frac{0,014}{0,073} = 0,21 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e2} = \frac{d_2}{\mu_2} = \frac{0,14}{0,53} = 0,278 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

						601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			110

$$R_{e3} = \frac{d_3}{\mu_3} = \frac{0,134}{1} = 0,183 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e4} = 4,94 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e5} = \frac{d_5}{\mu_5} = \frac{0,001}{0,001} = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e6} = \frac{d_6}{\mu_6} = \frac{0,18}{0,31} = 0,61 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e7} = \frac{d_7}{\mu_7} = \frac{0,01}{0,001} = 10 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

Умовний переріз суміщеного покриття в січні наведено на рис. 83.

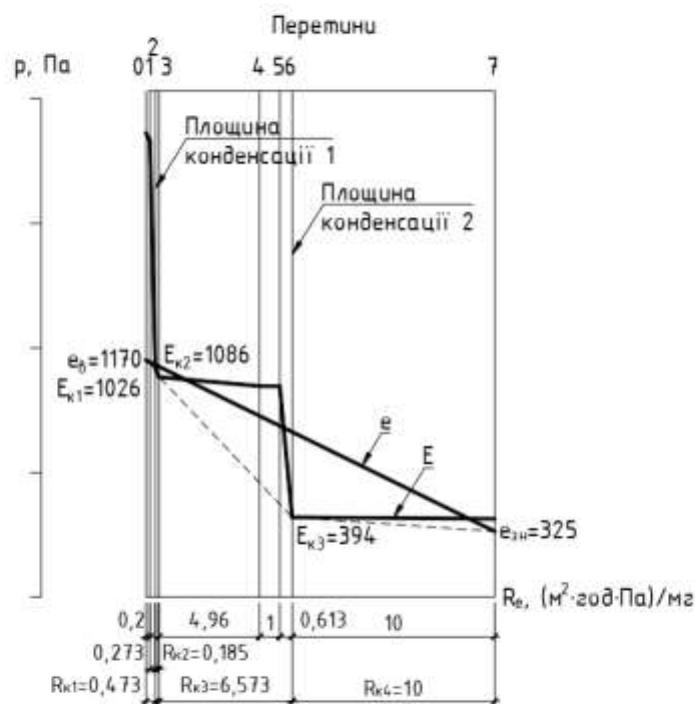


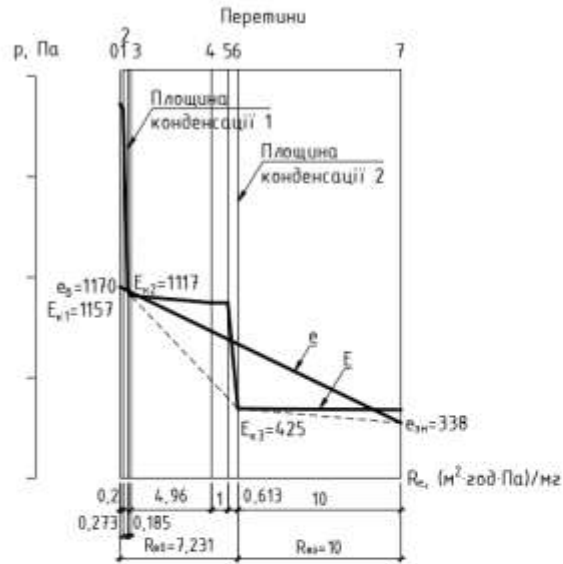
Рис. 83 - Умовний переріз суміщеного покриття в січні

Як видно з рис. 83 після виконання додаткового шару утеплювача товщиною 0,19 м по залізобетонній плиті перекриття, на внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття відбувається конденсація вологи. Також конденсація відбувається на верхній поверхні додаткового шару утеплювача.

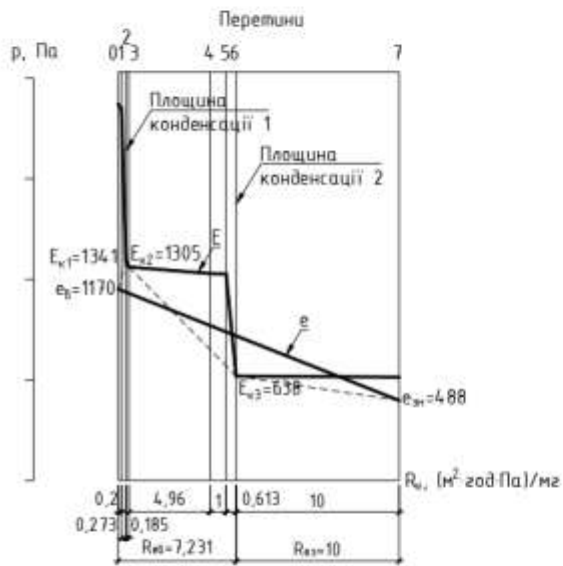
Виконуємо побудову умовних переріз суміщеного покриття в інші місяці року (рис. 84).

									Арк.
									111
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ				

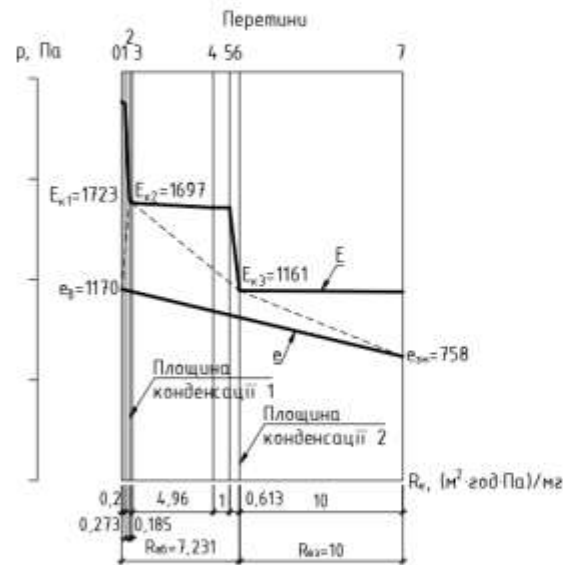
ЛЮТИЙ



Березень



Квітень



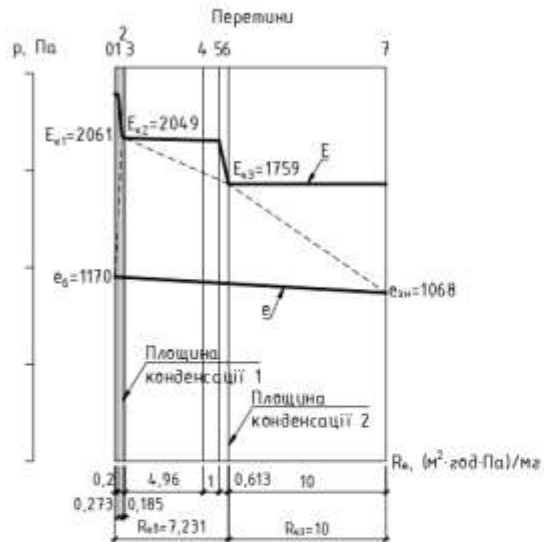
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

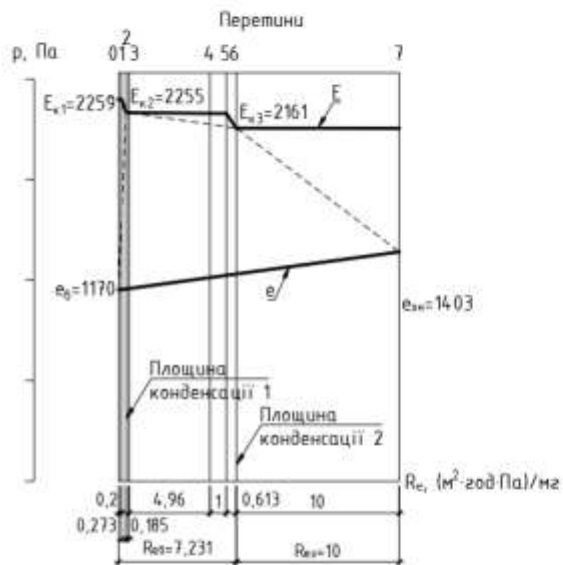
Арк.

112

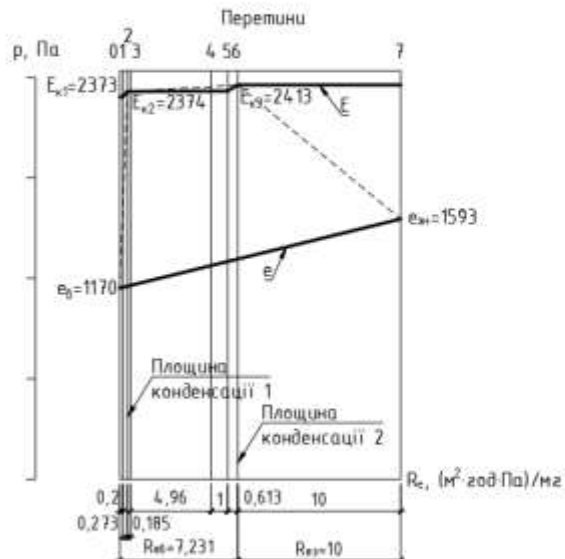
Травень



Червень



Липень



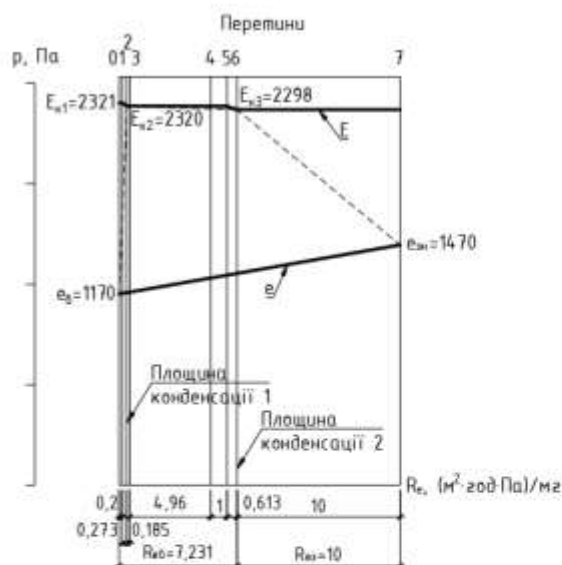
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

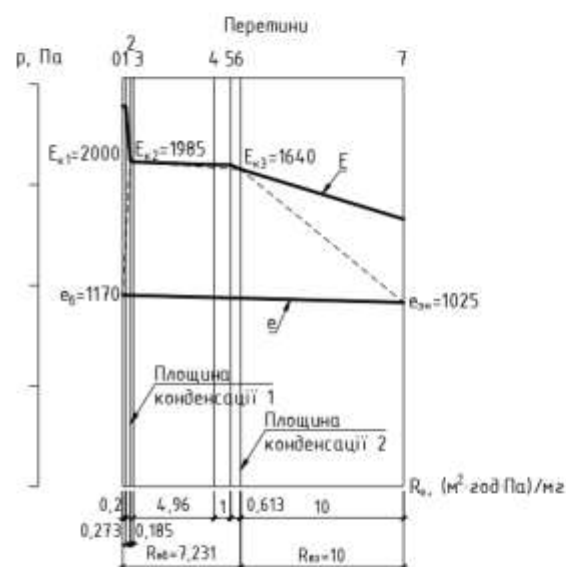
Арк.

113

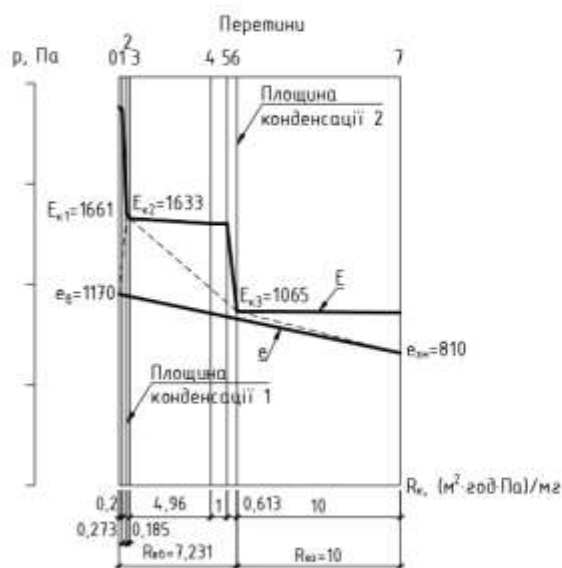
Серпень



Вересень



Жовтень



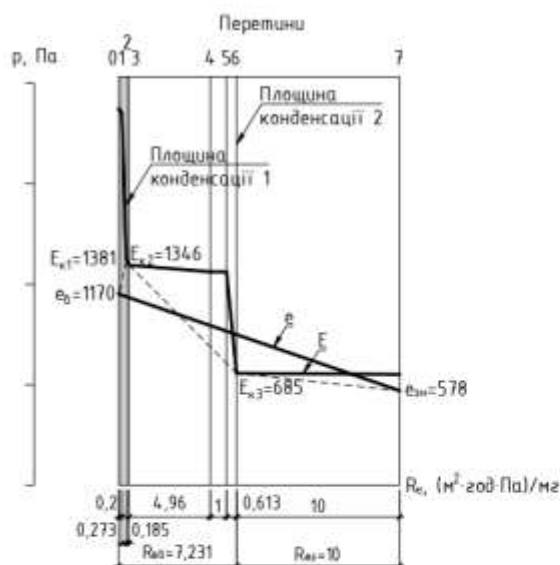
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

Арк.

114

Листопад



Грудень

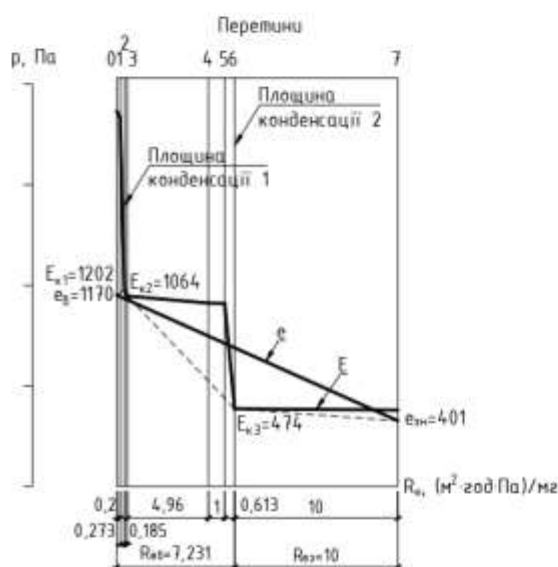


Рис. 84 Умовних переріз суміщеного покриття в різні місяці року

Виконуємо розрахунки вологонакопичення та вологовіддачі у 1-й площині конденсації протягом року (табл. 27).

Таблиця 27

Кількості вологи, що накопичується та випаровується з площини конденсації

№	Місяць року	Кількість водяної пари, мг/(м ² ·год),		Кількість вологи, що накопичується, кг/м ² , W _{зп}	Кількість вологи, що випаровується, кг/м ² , W _{лп}
		i_{vi}	i_{zi}		
1	Січень	93,05	216,25		0,097

2	Лютий	27,51	216,25		0,145
3	Березень	-361,49	194,62		0,419
4	Квітень	-1169,1	140,57		0,979
5	Травень	-1883,69	64,89		1,455
6	Червень	-2302,3	21,65		1,734
7	Липень	-2543,31	-5,38		1,893
8	Серпень	-2433,37	5,44		1,819
9	Вересень	-1754,73	81,11		1,371
10	Жовтень	-1038,02	10,84		0,769
11	Листопад	-446,06	189,22		0,478
12	Грудень	-67,62	205,44		0,208
				$W_{зп} = 0$	$W_{лп} = 11,367$

Виконуємо розрахунки вологонакопичення та вологовіддачі у 2-й площині конденсації протягом року (табл. 28).

Таблиця 28

Кількості вологи, що накопичується та випаровується з площини конденсації

№	Місяць року	Кількість водяної пари, мг/(м ² ·год),		Кількість вологи, що накопичується, кг/м ² , $W_{зп}$	Кількість вологи, що випаровується, кг/м ² , $W_{лп}$
		$i_{ві}$	$i_{зі}$		
1	Січень	105,31	6,93	0,078	
2	Лютий	105,31	8,73	0,077	
3	Березень	101,51	15,03	0,069	
4	Квітень	81,58	40,33	0,036	
5	Травень	44,15	69,13		0,024
6	Червень	14,33	75,83		0,051
7	Липень	-5,9	82,03		0,07
8	Серпень	3,38	82,83		0,064
9	Вересень	52,52	51,53	0,006	
10	Жовтень	91,01	25,53	0,054	

11	Листопад	100,59	10,73	0,072	
12	Грудень	105	7,33	0,078	
				$W_{зп} = 0,47$	$W_{лп} = 0,209$

У утеплювачі розташованому на підвісній стелі вологонакопичення протягом року не відбувається.

У додатковому утеплювачі $W_{зп} = 0,47 \text{ кг/м}^2 > W_{лп} = 0,209 \text{ кг/м}^2$ друга нормативна вимога не виконується.

Визначаємо приріст вологи Δw , %, у шарі додаткового утеплювача, у якому відбувається конденсація вологи, за формулою:

$$\Delta w = \frac{W_{зп}}{\delta_k \cdot \rho_k} 100 = \frac{0,47}{0,19 \cdot 200} * 100 = 1,24 \%$$

де δ_k – товщина додаткового утеплювача, м;

ρ_k – густина додаткового утеплювача, кг/м^3 .

Визначаємо, допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості мінеральної вати, $\Delta w_d = 2,5 \%$

Так як $\Delta w = 1,24 \% < \Delta w_d = 2,5 \%$ то перша нормативна вимога виконується.

На нижній поверхні залізобетонної плити покриття протягом двох зимових місяців (січень, лютий) відбувається конденсація вологи, що приводить до корозії арматури в плиті та руйнування бетону на цій поверхні.

3.4.3.1 Збільшення опору паропроникненню шару пароізоляції під додатковим утеплювачем

Для виконання другої умови тепловологісного стану збільшуємо опір паропроникненню шару пароізоляції під додатковим утеплювачем до $5,3915 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$.

Визначаємо опір паропроникненню шарів суміщеного покриття за формулами

						Арк.
						117
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ	

$$R_{e1} = \frac{d_1}{\mu_1} = \frac{0,014}{0,073} = 0,22 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e2} = \frac{d_2}{\mu_2} = \frac{0,14}{0,53} = 0,276 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e3} = \frac{d_3}{\mu_3} = \frac{0,134}{1} = 0,134 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e4} = 4,94 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e5} = 5,39 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e6} = \frac{d_6}{\mu_6} = \frac{0,18}{0,31} = 0,611 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e7} = \frac{d_7}{\mu_7} = \frac{0,01}{0,001} = 10 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

Умовний переріз суміщеного покриття в січні наведено на рис. 85.

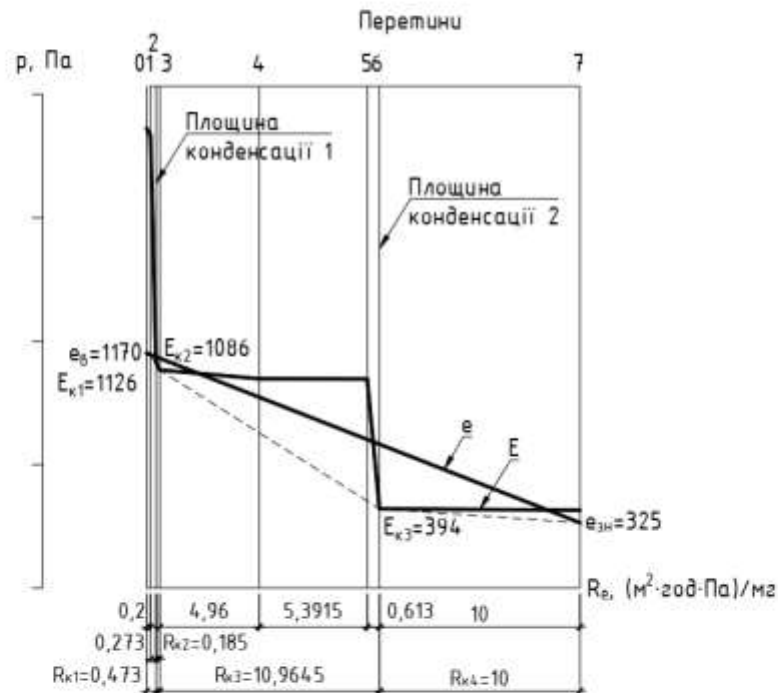


Рис. 85 - Умовний переріз суміщеного покриття в січні

Виконуємо розрахунки вологонакопичення та вологовіддачі у 2-й площині конденсації протягом року (табл. 29).

									Арк.
									118
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ				

Кількості вологи, що накопичується та випаровується з площини конденсації

№	Місяць року	Кількість водяної пари, мг/(м ² ·год),		Кількість вологи, що накопичується, кг/м ² , W _{зп}	Кількість вологи, що випаровується, кг/м ² , W _{лп}
		i _{вi}	i _{зi}		
1	Січень	63,14	6,97	0,046784	
2	Лютий	63,16	8,77	0,045465	
3	Березень	60,8	15,03	0,039053	
4	Квітень	48,92	40,39	0,011348	
5	Травень	26,52	69,17		-0,02674
6	Червень	8,6	75,89		-0,04506
7	Липень	-3,51	82,1		-0,0587
8	Серпень	2,05	82,85		-0,05511
9	Вересень	31,48	51,52	0,005	
10	Жовтень	51,88	25,49	0,024634	
11	Листопад	60,25	10,76	0,041827	
12	Грудень	62,94	7,3	0,046399	
				W _{зп} = 0,2205	W _{лп} = 0,22051

У додатковому утеплювачі $W_{зп} = 0,2205 \text{ кг/м}^2 < W_{лп} = 0,22051 \text{ кг/м}^2$ друга нормативна вимога виконується.

Визначаємо приріст вологи Δw , %, у шарі додаткового утеплювача, у якому відбувається конденсація вологи, за формулою:

$$\Delta w = \frac{W_{зп}}{\delta_k \cdot \rho_k} 100 = \frac{0,2205}{0,19 \cdot 200} * 100 = 0,57\%$$

де δ_k – товщина додаткового утеплювача, м;

ρ_k – густина додаткового утеплювача, кг/м³.

Визначаємо, допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості мінеральної вати, $\Delta w_d = 2,5 \%$

						Арк.
						119
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ	

Так як $\Delta w = 0,57 \% < \Delta w_d = 2,5 \%$ то перша нормативна вимога виконується.

На нижній поверхні залізобетонної плити покриття протягом двох зимових місяців (січень, лютий) відбувається конденсація вологи, що приводить до корозії арматури в плиті та руйнування бетону на цій поверхні.

3.4.3.2 Застосування пароізоляційного шару під утеплювачем товщиною 150 мм розташованим по підвісній стелі

Конструкція суміщеного покриття наведена на рис. 86.



Рис 86 Конструкція суміщеного покриття

Опір паропроникненню шару пароізоляції під утеплювачем на підвісній стелі визначаємо графічним способом. Проводимо з точки e_v ліворуч горизонтальну лінію. Переміщуємо точку e_v до точки де графік парціального тиску насиченої водяної пари E перетинає нижню поверхню залізобетонної плити покриття (перетин 3) (рис. 87).

						601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			120

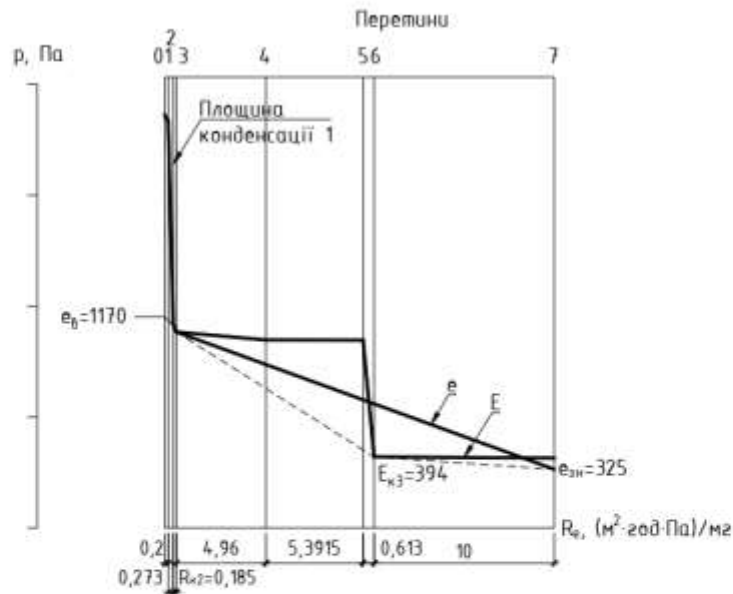


Рис. 87

Подовжуємо лінію $e_B - e_3$ до проведеного горизонтального відрізка (рис. 88).

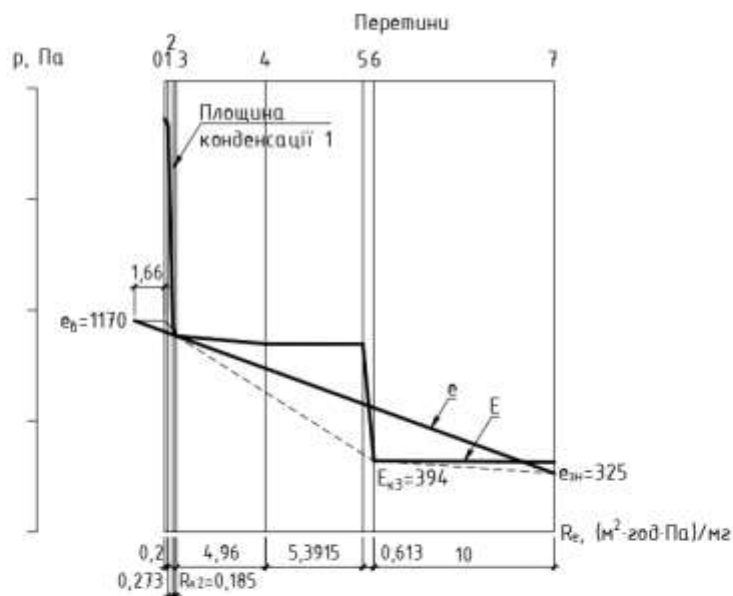
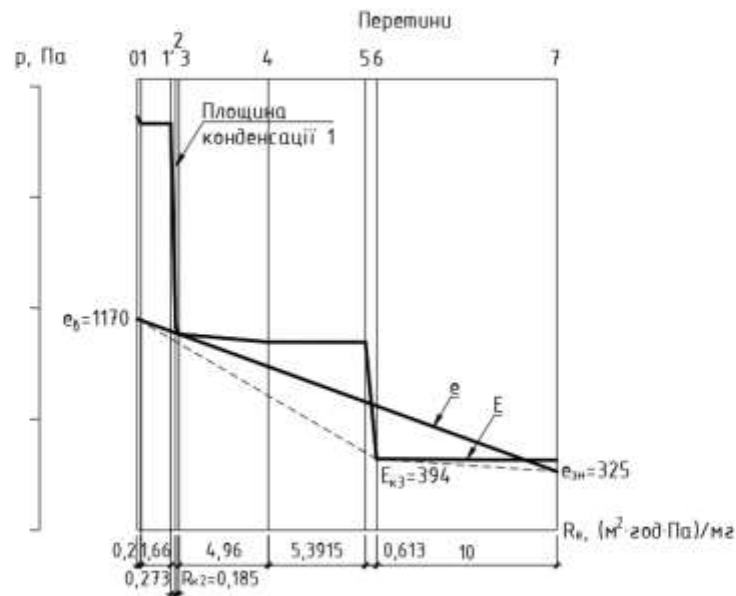


Рис. 88

Довжина горизонтального відрізка і є опором паропроникненню шару пароізоляції який забезпечує відсутність конденсату на нижній поверхні залізобетонної плити покриття. У нашому випадку опір паропроникненню дорівнює

						601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			121

$R_{\text{пар}} = 1,66 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}/\text{мг}$. Остаточний вигляд суміщеного покриття в масштабі опорів паропроникненню у січні наведений на рис. 89.



Висновок.

1. Для запобігання утворення конденсату на внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття необхідно застосувати шар пароізоляції розташований під утеплювачем на підвісній стелі з опором паропроникненню на менше $R_{\text{пар}} = 1,66 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}/\text{мг}$.

2. Для приведення тепловологісного стану додаткового утеплювача розташованого по плиті покриття до вимог норм необхідно застосувати шар пароізоляції розташований під утеплювачем з опором паропроникненню не менше $R_{\text{пар}} = 5,4 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}/\text{мг}$.

3.4.4 Товщина утеплювача по підвісній стелі 200 мм

Визначаємо температуру у перетинах огорожувальної конструкції.

								Арк.
								122
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ			

Температура у перетинах огорожувальної конструкції

№	Місяць року	Температура, °С, у перетинах							
		0	1	2	3	4	5	6	7
1	Січень	19,8	19,6	5,1	4,5	3,9	3,9	-5	-5,2
2	Лютий	19,8	19,6	5,6	5,1	4,5	4,5	-4,1	-4,3
3	Березень	19,9	19,7	8,5	8,1	7,7	7,6	0,8	0,6
4	Квітень	20	19,9	13,7	13,5	13,2	13,2	9,4	9,3
5	Травень	20,1	20,1	17,5	17,4	17,3	17,3	15,7	15,6
6	Червень	20,2	20,2	19,4	19,4	19,4	19,4	18,9	18,9
7	Липень	20,2	20,2	20,5	20,5	20,5	20,5	20,7	20,7
8	Серпень	20,2	20,2	20	20	20	20	19,9	19,9
9	Вересень	20,1	20,1	16,8	16,7	16,6	16,6	14,6	14,5
10	Жовтень	20	19,9	12,9	12,7	12,4	12,4	8,1	8
11	Листопад	19,9	19,7	9,1	8,7	8,3	8,3	1,8	1,6
12	Грудень	19,9	19,6	6,4	5,9	5,3	5,3	-2,9	-3,1

Результати розрахунку парціального тиску насиченої водяної пари у перетинах шарів наведені у табл. 31.

Парціальний тиск насиченої водяної пари у перетинах шарів

№	Місяць року	Парціальний тиск насиченої водяної пари, Па, у перетинах шарів							
		0	1	2	3	4	5	6	7
1	Січень	2291	2254	866	835	799	798	396	389
2	Лютий	2292	2257	899	868	832	831	427	420
3	Березень	2302	2274	1101	1071	1037	1036	640	633
4	Квітень	2320	2304	1550	1527	1500	1499	1164	1156
5	Травень	2333	2326	1976	1964	1950	1949	1761	1757
6	Червень	2339	2337	2233	2230	2225	2225	2163	2162
7	Липень	2343	2344	2386	2388	2389	2389	2415	2416
8	Серпень	2341	2341	2317	2316	2315	2315	2300	2300

					601-БМ.12175641.ПЗ				Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					123

9	Вересень	2331	2322	1896	1882	1866	1865	1642	1637
10	Жовтень	2317	2300	1474	1450	1421	1420	1067	1060
11	Листопад	2304	2278	1146	1117	1083	1081	687	680
12	Грудень	2295	2262	948	917	881	880	476	468

Визначаємо опір паропроникненню шарів суміщеного покриття за формулами

$$R_{e1} = \frac{d_1}{\mu_1} = \frac{0,014}{0,073} = 0,21 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e2} = \frac{d_2}{\mu_2} = \frac{0,20}{0,53} = 0,374 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e3} = \frac{d_3}{\mu_3} = \frac{0,084}{1} = 0,084 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e4} = 4,94 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e5} = \frac{d_5}{\mu_5} = \frac{0,001}{0,001} = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e6} = \frac{d_6}{\mu_6} = \frac{0,12}{0,31} = 0,413 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e7} = \frac{d_7}{\mu_7} = \frac{0,01}{0,001} = 10 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

Умовний переріз суміщеного покриття в січні наведено на рис. 90.

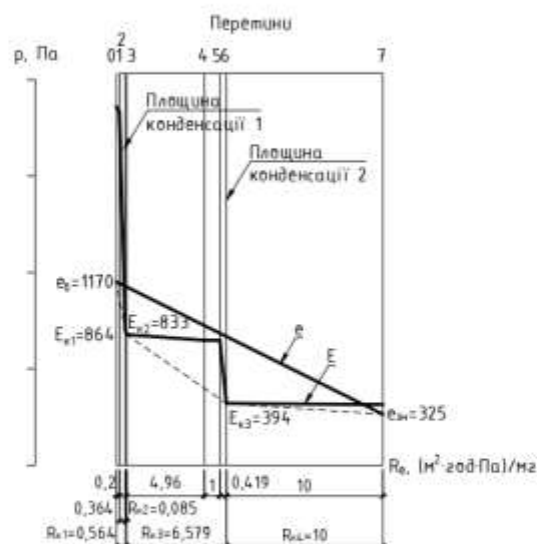


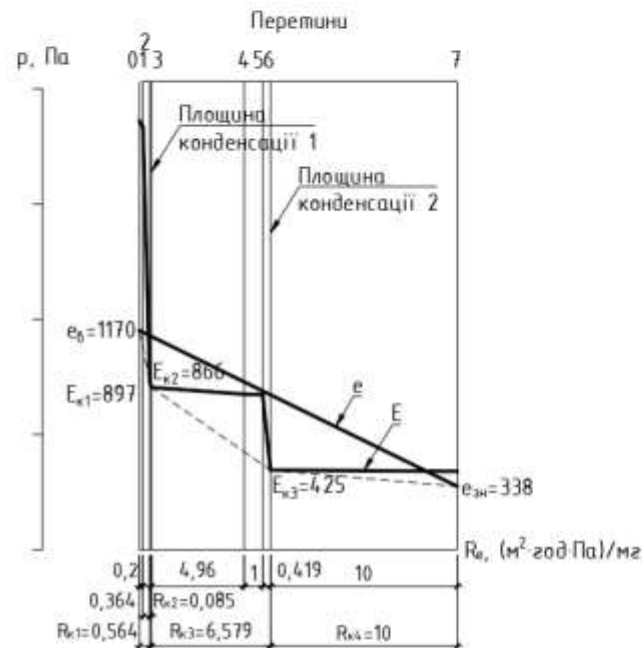
Рис. 90 - Умовний переріз суміщеного покриття в січні

								Арк.
								124
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ			

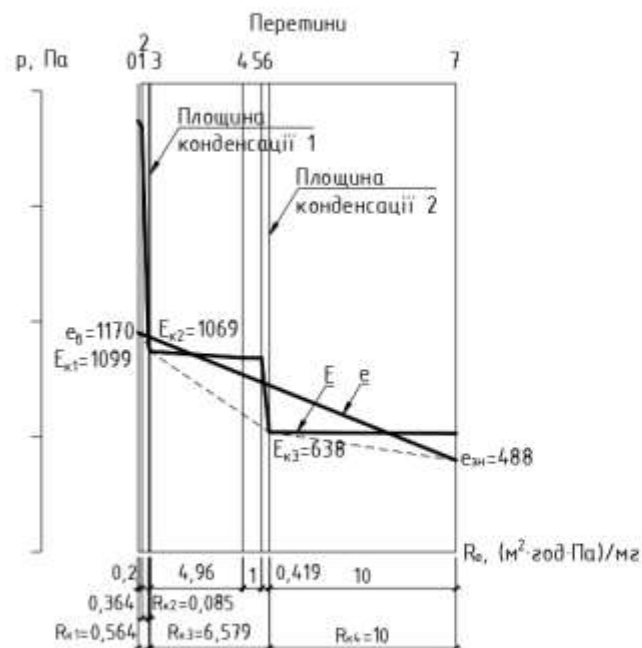
Як видно з рис. 90 після виконання додаткового шару утеплювача товщиною 0,19 м по залізобетонній плиті перекриття, на внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття відбувається конденсації вологи. Також конденсація відбувається на верхній поверхні утеплювача розташованого по підвісній стелі та додаткового шару утеплювача на плиті покриття.

Виконуємо побудову умовних переріз суміщеного покриття в інші місяці року (рис. 91).

лютий



Березень



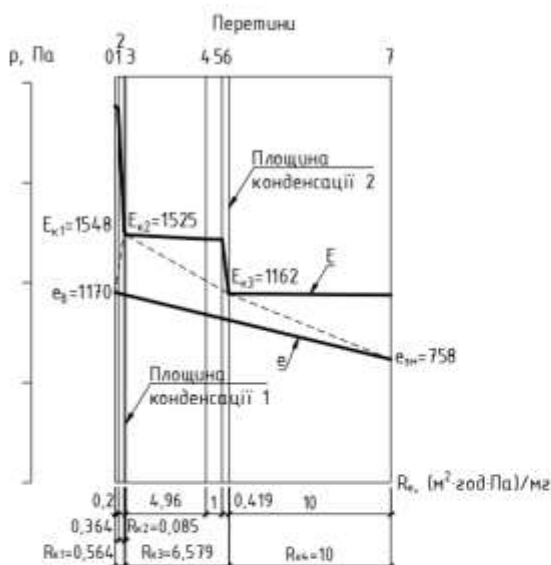
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

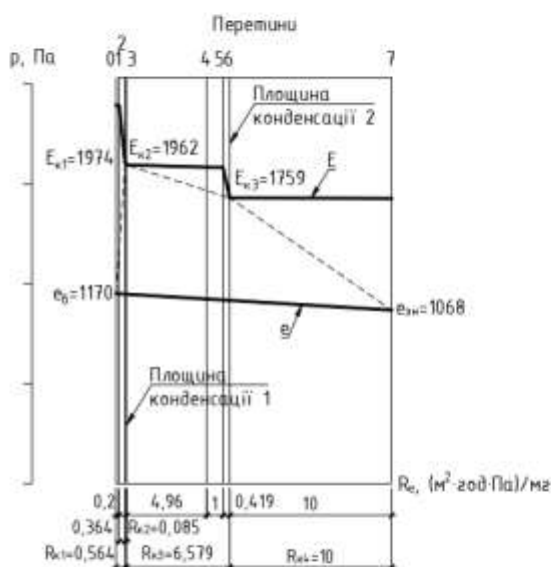
Арк.

125

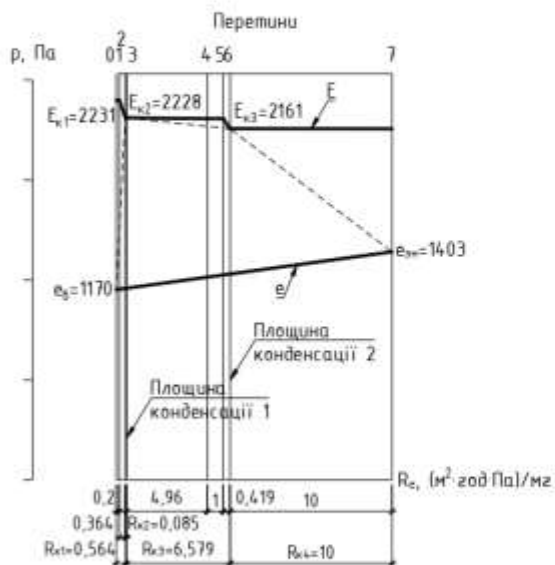
Квітень



Травень



Червень



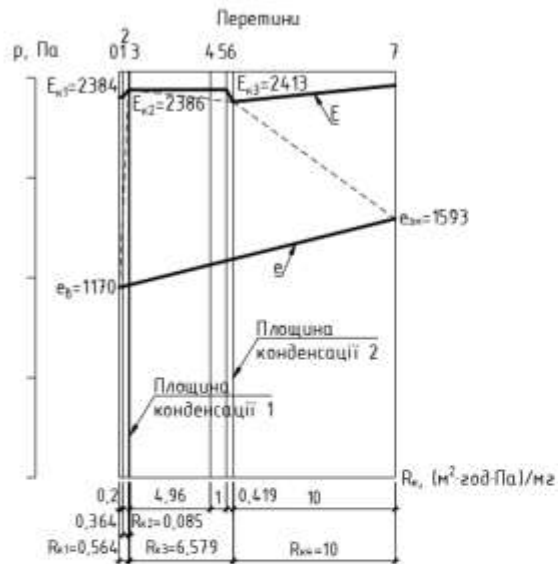
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

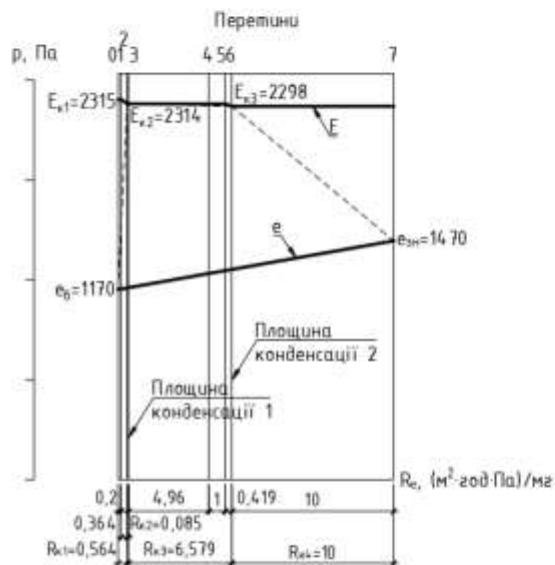
Арк.

126

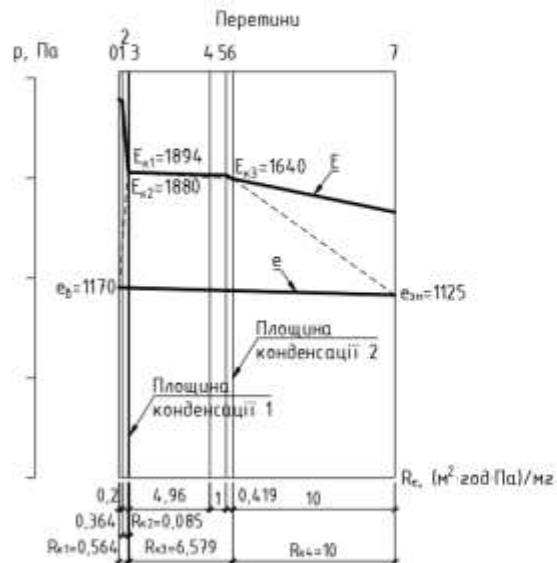
Липень



Серпень



Вересень



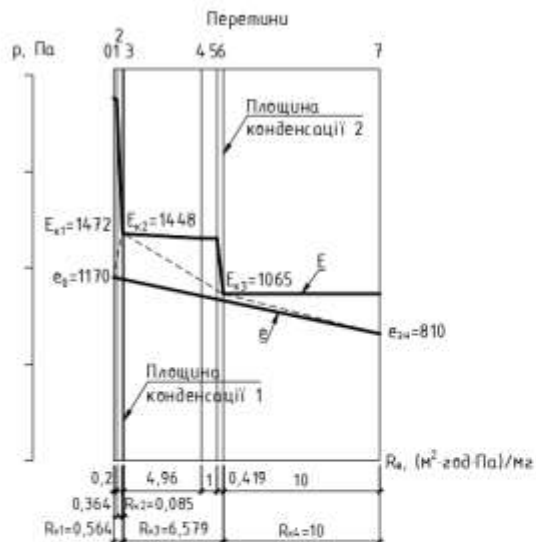
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

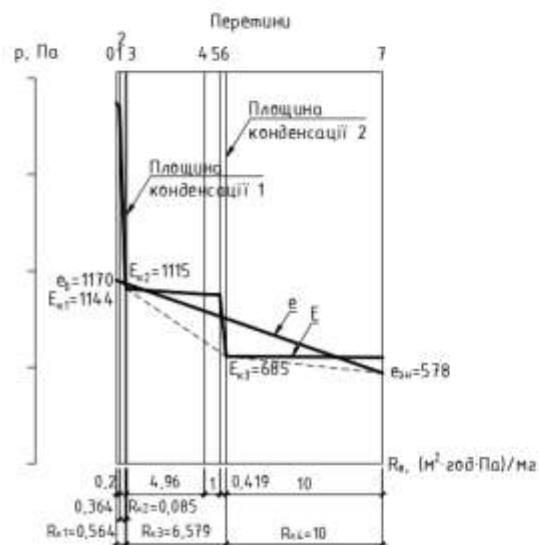
Арк.

127

Жовтень



Листопад



Грудень

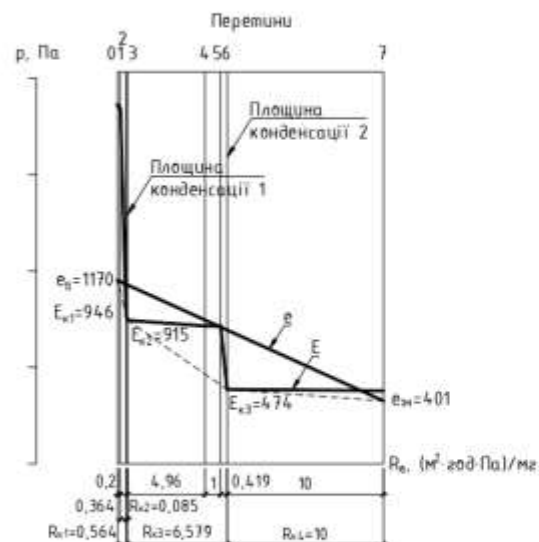


Рис. 91 Умовних переріз суміщеного покриття в різні місяці року

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БМ.12175641.ПЗ

Арк.

128

Виконуємо розрахунки вологонакопичення та вологовіддачі у 1-й площині конденсації протягом року (табл. 32).

Таблиця 32

Кількості вологи, що накопичується та випаровується з площини конденсації

№	Місяць року	Кількість водяної пари, мг/(м ² ·год),		Кількість вологи, що накопичується, кг/м ² , W _{зп}	Кількість вологи, що випаровується, кг/м ² , W _{лп}
		i _{вi}	i _{зi}		
1	Січень	542,58	364,74	0,137	
2	Лютий	484,07	364,74	0,094	
3	Березень	125,92	352,97		0,174
4	Квітень	-670,18	270,62		0,705
5	Травень	-1425,5	141,21		1,171
6	Червень	-1881,18	35,32		1,431
7	Липень	-2152,45	-23,5		1,589
8	Серпень	-2030,11	11,79		1,524
9	Вересень	-1283,66	164,74		1,083
10	Жовтень	-535,43	282,38		0,613
11	Листопад	46,13	341,21		0,225
12	Грудень	397,19	364,74	0,029	
				W _{зп} = 0,26	W _{лп} = 8,515

Виконуємо розрахунки вологонакопичення та вологовіддачі у 2-й площині конденсації протягом року (табл. 33).

Таблиця 33

Кількості вологи, що накопичується та випаровується з площини конденсації

№	Місяць року	Кількість водяної пари, мг/(м ² ·год),		Кількість вологи, що накопичується, кг/м ² , W _{зп}	Кількість вологи, що випаровується, кг/м ² , W _{лп}
		i _{вi}	i _{зi}		
1	Січень	66,76	6,93	0,04951	
2	Лютий	67,06	8,75	0,04839	

3	Березень	65,54	15	0,0426	
4	Квітень	55,21	40,46	0,01597	
5	Травень	31,04	69,08		0,0333
6	Червень	10,21	75,86		0,05384
7	Липень	-4,07	82,07		0,06909
8	Серпень	2,46	82,82		0,06479
9	Вересень	36,51	51,49		0,01615
10	Жовтень	58,25	25,53	0,02934	
11	Листопад	65,39	10,74	0,04566	
12	Грудень	67,06	7,32	0,04945	
				$W_{зп} = 0,281$	$W_{лп} = 0,237$

В утеплювачі розташованому на підвісній стелі $W_{зп} = 0,26 \text{ кг/м}^2 < W_{лп} = 8,515 \text{ кг/м}^2$ друга нормативна вимога виконується.

Визначаємо приріст вологи Δw , %, у шарі додаткового утеплювача, у якому відбувається конденсація вологи, за формулою:

$$\Delta w = \frac{W_{зп}}{\delta_k \cdot \rho_k} 100 = \frac{0,281}{0,20 \cdot 30} * 100 = 4,68 \%$$

де δ_k – товщина додаткового утеплювача, м;

ρ_k – густина додаткового утеплювача, кг/м^3 .

Визначаємо, допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості мінеральної вати, $\Delta w_d = 2,5 \%$

Так як $\Delta w = 4,68\% > \Delta w_d = 2,5 \%$ то перша нормативна вимога не виконується.

У додатковому утеплювачі $W_{зп} = 0,281 \text{ кг/м}^2 > W_{лп} = 0,237 \text{ кг/м}^2$ друга нормативна вимога не виконується.

Визначаємо приріст вологи Δw , %, у шарі додаткового утеплювача, у якому відбувається конденсація вологи, за формулою:

									Арк.	
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ					130

$$\Delta w = \frac{W_{зп}}{\delta_k \cdot \rho_k} 100 = \frac{0,281}{0,13 \cdot 200} * 100 = 1,08 \%$$

де δ_k – товщина додаткового утеплювача, м;

ρ_k – густина додаткового утеплювача, кг/м³.

Визначаємо, допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості мінеральної вати, $\Delta w_d = 2,5 \%$

Так як $\Delta w = 1,08 \% < \Delta w_d = 2,5 \%$ то перша нормативна вимога виконується.

На нижній поверхні залізобетонної плити покриття протягом п'яти осінньо-зимових місяців (листопад, грудень, січень, лютий, березень) відбувається конденсація вологи, що приводить до корозії арматури в плиті та руйнування бетону на цій поверхні.

3.4.4.1 Збільшення опору паропроникненню шару пароізоляції під додатковим утеплювачем

Для виконання другої умови тепловологісного стану збільшуємо опір паропроникненню шару пароізоляції під додатковим утеплювачем до 5,473 м²·год·Па/мг.

Визначаємо опір паропроникненню шарів суміщеного покриття за формулами

$$R_{e1} = \frac{d_1}{\mu_1} = \frac{0,014}{0,073} = 0,21 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e2} = \frac{d_2}{\mu_2} = \frac{0,21}{0,54} = 0,369 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/м}^2$$

$$R_{e3} = \frac{d_3}{\mu_3} = \frac{0,083}{1} = 0,083 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e4} = 4,94 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e5} = 5,48 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

$$R_{e6} = \frac{d_6}{\mu_6} = \frac{0,14}{0,31} = 0,429 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$$

									Арк.
									131
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ				

$$R_{e7} = \frac{d_7}{\mu_7} = \frac{0,01}{0,001} = 10 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}/\text{мг}$$

Умовний переріз суміщеного покриття в січні наведено на рис. 92.

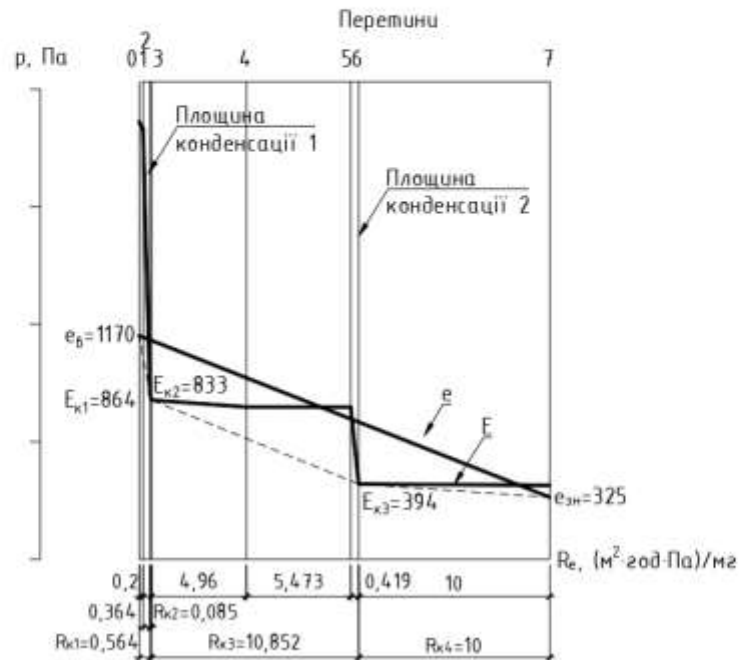


Рис. 92 - Умовний переріз суміщеного покриття в січні

Виконуємо розрахунки вологонакопичення та вологовіддачі у 2-й площині конденсації протягом року (табл. 34).

Таблиця 34

Кількості вологи, що накопичується та випаровується з площини конденсації

№	Місяць року	Кількість водяної пари, мг/(м ² ·год),		Кількість вологи, що накопичується, кг/м ² , W _{зп}	Кількість вологи, що випаровується, кг/м ² , W _{лп}
		i _{вi}	i _{зi}		
1	Січень	57,13	14,20282	0,036938	
2	Лютий	64,47	8,054352	0,046974	
3	Березень	62,1	14,29729	0,040563	
4	Квітень	50,08	39,67733	0,012741	
5	Травень	27,18	68,7564		0,035936

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
						132

6	Червень	8,82	75,73845		0,054786
7	Липень	-3,61	82,15744		0,068808
8	Серпень	2,11	82,80311		0,065035
9	Вересень	32,26	51,0288		0,018964
10	Жовтень	53,07	24,78075	0,026047	
11	Листопад	61,56	10,01246	0,043354	
12	Грудень	63,59	7,296112	0,046884	
				$W_{зп} = 0,2187$	$W_{лп} = 0,21855$

У додатковому утеплювачі $W_{зп} = 0,2187 \text{ кг/м}^2 < W_{лп} = 0,21855 \text{ кг/м}^2$ друга нормативна вимога виконується.

Визначаємо приріст вологи Δw , %, у шарі додаткового утеплювача, у якому відбувається конденсація вологи, за формулою:

$$\Delta w = \frac{W_{зп}}{\delta_k \cdot \rho_k} 100 = \frac{0,2187}{0,13 \cdot 200} * 100 = 0,85 \%$$

де δ_k – товщина додаткового утеплювача, м;

ρ_k – густина додаткового утеплювача, кг/м^3 .

Визначаємо, допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості мінеральної вати, $\Delta w_d = 2,5 \%$

Так як $\Delta w = 0,85 \% < \Delta w_d = 2,5 \%$ то перша нормативна вимога виконується.

3.4.4.2 Застосування пароізоляційного шару під утеплювачем товщиною 200 мм розташованим по підвісній стелі

На нижній поверхні залізобетонної плити покриття протягом чотирьох осінньо-зимових місяців (листопад, грудень, січень, лютий) відбувається конденсація вологи, що приводить до корозії арматури в плиті та руйнування бетону на цій поверхні. Необхідно застосувати шар пароізоляції під утеплювачем по підвісній стелі.

Конструкція суміщеного покриття наведена на рис. 93.

								Арк.
								133
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ			

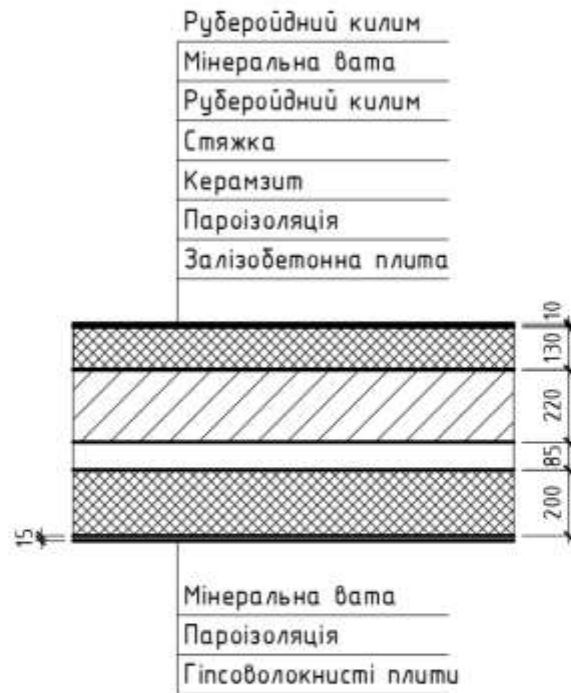


Рис 93 Конструкція суміщеного покриття

Опір паропроникненню шару пароізоляції під утеплювачем на підвісній стелі визначаємо графічним способом. Проводимо з точки e_v ліворуч горизонтальну лінію. Переміщуємо точку e_v до точки де графік парціального тиску насиченої водяної пари E перетинає нижню поверхню залізобетонної плити покриття (перетин 3) (рис. 94).

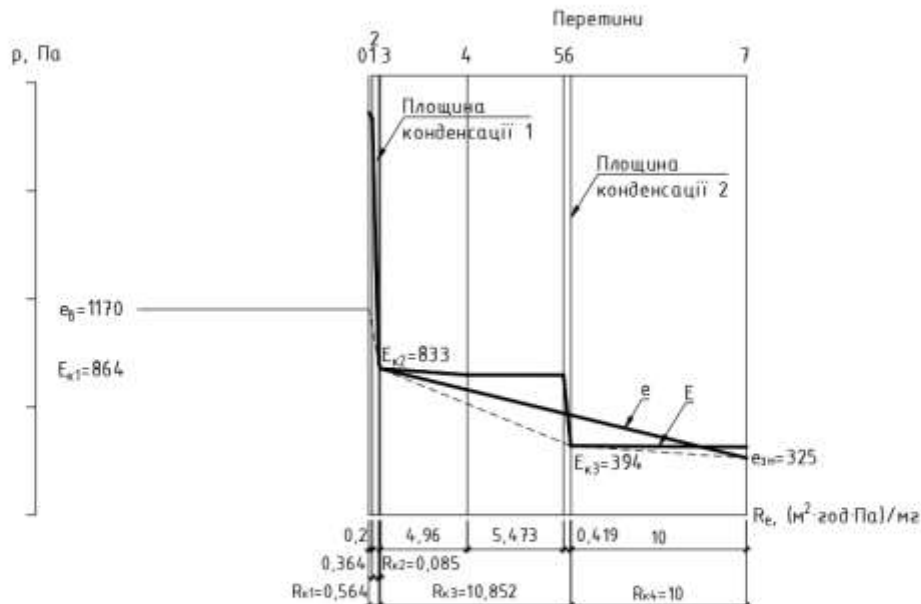


Рис. 94

						601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			134

Подовжимо лінію $e_b - e_3$ до проведеного горизонтального відрізка (рис. 95).

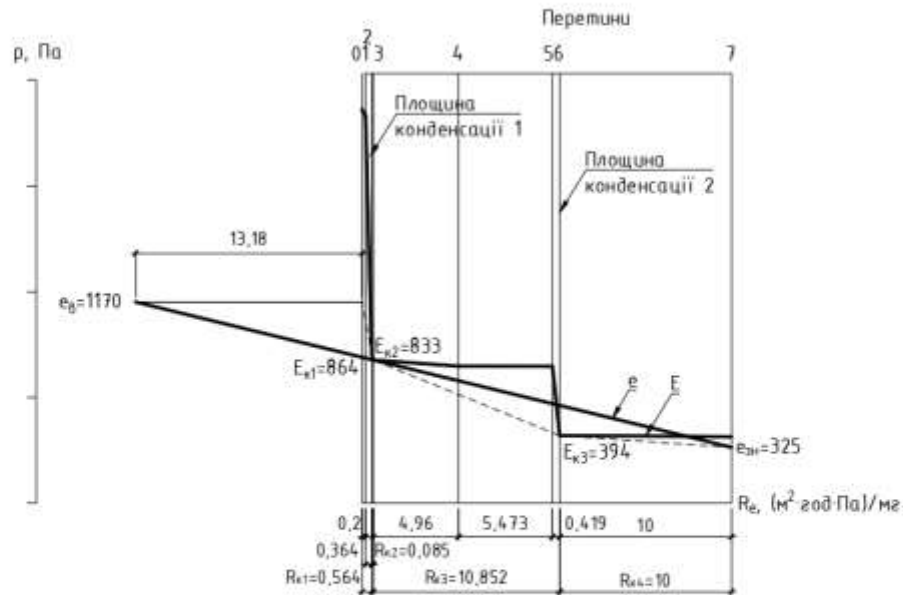


Рис. 95

Довжина горизонтального відрізка і є опором паропроникненню шару пароізоляції який забезпечує відсутність конденсату на нижній поверхні залізобетонної плити покриття. У нашому випадку опір паропроникненню дорівнює $R_{\text{пар}} = 13,18 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па} / \text{мг}$. Остаточний вигляд суміщеного покриття в масштабі опорів паропроникненню у січні наведений на рис. 96.

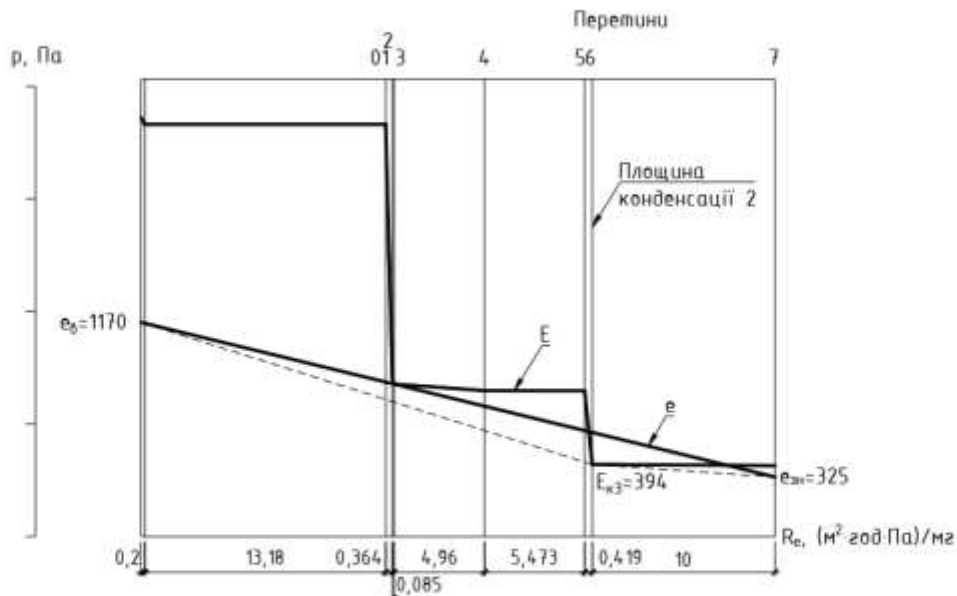


Рис. 96

									Арк.
									135
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ				

Загальні висновки

1. Теплозахист суміщених покриттів будівель зведених у 80-х роках 20-го сторіччя не відповідають сучасним нормам.

2. Застосування додаткового утеплення суміщеного покриття по підвісній стелі недостатньо для виконання норм теплозахисту.

3. При застосуванні додаткового утеплення по підвісній стелі, на нижній поверхні плити покриття спостерігається утворення конденсату.

4. Для приведення теплозахисних властивостей суміщеного покриття з утеплювачем по підвісній стелі необхідно застосувати додатковий шар утеплення розташувавши його зверху плити покриття з демонтажем шарів розташованих по плиті або без демонтажу.

5. Якщо не виконувати демонтаж шарів розташованих зверху плити покриття то, при товщині утеплювача по підвісній стелі до 120 мм його вологісний стан та стан додаткового утеплювача відповідає нормам.

6. При більшій товщині утеплювача по підвісній стелі відбувається утворення конденсату на нижній поверхні плити покриття.

7. Для запобігання утворення конденсату необхідно передбачати шар пароізоляції під утеплювачем розташованим по підвісній стелі. Так при товщині шару утеплювача по підвісній стелі товщиною 140 мм опір паропроникненню шару пароізоляції становить $R_{\text{пар}} = 2,38 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$, а при товщині 210 мм $R_{\text{пар}} = 14 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$.

8. Якщо виконувати демонтаж шарів розташованих зверху плити покриття то, при товщині утеплювача по підвісній стелі до 120 мм його вологісний стан та стан додаткового утеплювача відповідає нормам.

9. При товщині утеплювача по підвісній стелі 140 мм не відповідає нормам вологісний стан додаткового утеплювача влаштованого по плиті покриття, а при товщині 210 мм не відповідає нормам як додатковий утеплювач так і утеплювач по підвісній стелі.

									Арк.
									136
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	601-БМ.12175641.ПЗ				

10. Для приведення додаткового утеплювача до вимог норм необхідно застосувати шар пароізоляції з опором паропроникненню $5,4 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$, розташувачи його по плиті покриття.

11. При товщині утеплювача по підвісній стелі 140 мм та 210 мм відбувається утворення конденсату на нижній поверхні плити покриття. Утворення конденсату відбувається, при товщині утеплювача по підвісній стелі 140 мм протягом січня та лютого, а при товщині 210 мм протягом п'яти місяців, з листопада по березень.

12. Для запобігання утворення конденсату необхідно передбачати шар пароізоляції під утеплювачем розташованим по підвісній стелі. Так при товщині шару утеплювача по підвісній стелі товщиною 140 мм опір паропроникненню шару пароізоляції становить $R_{\text{пар}} = 1,63 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$, а при товщині 210 мм $R_{\text{пар}} = 13,2 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$.

13. Цей шар пароізоляції також запобігає вологонакопиченню в утеплювачі розташованому по підвісній стелі при його товщині 210 мм.

14. Виконані дослідження показали, що при товщині утеплювача по підвісній стелі 140 мм та 210 мм, для виконання норм тепловологісного стану необхідно застосовувати додаткові шари пароізоляції, що збільшує витрати матеріалів та вартість виконання робіт.

					601-БМ.12175641.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		137