

АНАЛІЗ НОРМ ОПОРУ ПАРОПРОНИКНЕННЮ ШАРУ ПАРОІЗОЛЯЦІЇ В ПОКРИТТІ БУДІВЕЛЬ ХОЛОДИЛЬНИКІВ

Юрін О.І., Галінська Т.А., Пашенко А.М., Камінська Л.С., Твердохліб В.С.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
м. Полтава, Україна

АНОТАЦІЯ: Подано результати теоретичних досліджень існуючих норм опору паропроникненню шару пароізоляції в покритті будівель холодильників. Надано аналіз впливу величини опору паропроникненню пароізоляції на вологісний стан утеплювача, динаміку вологонакопичення в ньому, опір теплопередачі, утворення прошарку льоду.

АННОТАЦИЯ: Представлены результаты теоретических исследований существующих норм сопротивления паропроницанию слоя пароизоляции в покрытии зданий холодильников. Дан анализ влияния величины сопротивления паропроницанию пароизоляции на влажностный режим утеплителя, динамику влагонакопления в нем, сопротивление теплопередаче, образование слоя льда.

ABSTRACT: The article deals with the results of theoretical studies of the existing water vapours transmission rates of resistance to the vapours-barrier layer in the surface coating of refrigerated buildings. It is given the impact analysis of water vapours transmission rate of resistance to vapours-barrier on the humid condition of heat retainer, the dynamic of water saturation in it, the resistance of heat transmission and formation of ice layer.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Будівля холодильника, покриття, пароізоляція, вологісний стан.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ. ЗВ'ЯЗОК З НАУКОВИМИ І ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Величина опору паропроникненню шару пароізоляції здійснює значний вплив на вологісний стан утеплювача та як наслідок опір теплопередачі огорожувальної конструкції в цілому. Це особливо актуально для покриття будівель холодильників, особливо низькотемпературних. Через огорожуючі конструкції таких холодильників потік пароподібної вологи протягом всього року спрямований в одному напрямку, від зовнішнього повітря до внутрішнього. На відміну від стін холодильників внутрішній несучий шар конструкції покриття має значний опір паропроникнення, що сприяє вологонакопиченню в утеплювачі. Все це значно погіршує вологісний стан та теплозахисні властивості конструкції покриття.

АНАЛІЗ ПУБЛІКАЦІЙ

В останній час питанням вдосконалення норм проектування будівель холодильників приділяється багато уваги на пострадянському просторі. З'явилося багато публікацій присвячених цій тематиці [1-4], в яких надаються пропозиції по вдосконаленню норм проектування будівель холодильників.

ВИДІЛЕННЯ НЕ РОЗВ'ЯЗАНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

В публікаціях, присвячених вдосконаленню норм проектування будівель холодильників, автори основну увагу приділяють вдосконаленню об'ємно-планувальних рішень, протипожежних норм, застосування металевих сандвіч-панелей, класифікації і т.п. В той же час недостатньо уваги приділяється питанням вдосконалення норм тепло та пароізоляції огорожувальних конструкцій.

Метою роботи було виконати аналіз існуючих норм опору паропроникненню пароізоляції в покритті будівель холодильників та їх впливу на вологісний стан та теплозахисні властивості утеплювача.

ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ. ОБҐРУНТУВАННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Для дослідження була прийнята конструкція покриття, наведена на рис. 1.

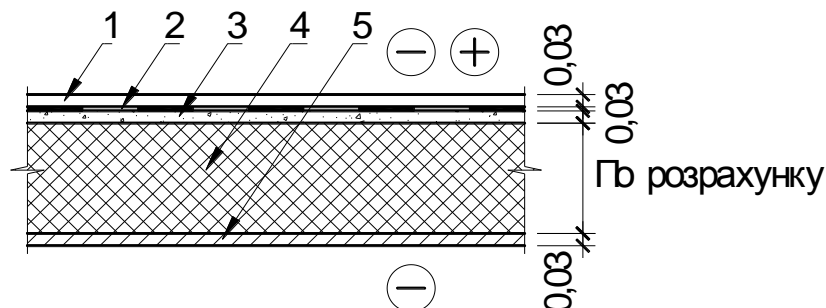


Рис. 1. Конструкція покриття будівель холодильників: 1 – руберойд ний килим; 2 – пароізоляція; 3 – привантажувальний шар; 4 – утеплювач; 5 – плита покриття

В якості утеплювача розглядалися: плити з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому негофрованої структури щільністю 200 кг/м^3 та пінополістирол щільністю 50 кг/м^3 . Вибір цих утеплювачів обумовлений їх найбільшою поширеністю, а також тим, що вони мають протилежні за величиною коефіцієнти паропроникненню та вологості. Діапазон температур внутрішнього повітря приймався від 0°C до -30°C , а відносної вологості від 85 % до 95 %, тобто не розглядалися холодильники, для зовнішніх огорожувальних конструкцій яких потрібно виконувати розрахунок пароізоляції за літніми умовами. Дослідження виконувалися для: північного регіону (м. Чернігів), центрального (м. Черкаси), південного (м. Сімферополь), західного (м. Львів) та східного (м. Луганськ). Товщина утеплювача та опір паропроникненню пароізоляції визначалися за діючими нормами [5]. Використовувалася методика розрахунку вологонакопичення, викладена в [6, 7]. Період часу вологонакопичення приймався 50 років.

Як видно, підвищення вологості утеплювача у північному, центральному, західному та східному регіоні відрізняються не суттєво. Тому при нормуванні опору паропроникненню пароізоляції Україну слід поділяти на дві зони. Межі зон слід уточнити додатковими дослідженнями.

Підвищення вологості утеплювача за рік представлено у табл. 1.

Таблиця 1

Підвищення вологості утеплювача за рік

Параметри внутрішньо- го повітря		Підвищення вологості утеплювача за рік, %									
		Утеплювач									
		Мінеральна вата					Пінополістирол				
		Регіон України									
t _в , °C	φ _в , %	північ- ний	цен- траль- ний	півден- ний	захід- ний	схід- ний	північ- ний	цен- траль- ний	півден- ний	захід- ний	схід- ний
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-30	95	0,49	0,49	0,56	0,48	0,48	2,79	2,88	3,26	2,84	2,83
-30	90	0,47	0,47	0,54	0,46	0,46	2,63	2,73	3,11	2,69	2,68
-30	85	0,44	0,45	0,51	0,44	0,44	2,48	2,58	2,96	2,54	2,53
-25	95	0,47	0,47	0,54	0,46	0,46	2,65	2,74	3,14	2,71	2,68
-25	90	0,43	0,43	0,50	0,43	0,42	2,38	2,47	2,88	2,44	2,42
-25	85	0,39	0,40	0,46	0,39	0,39	2,12	2,21	2,61	2,17	2,15
-20	95	0,42	0,42	0,49	0,41	0,41	2,31	2,40	2,81	2,37	2,33
-20	90	0,35	0,36	0,42	0,35	0,35	1,85	1,94	2,35	1,91	1,48
-20	85	0,29	0,29	0,36	0,29	0,28	1,38	1,47	1,88	1,44	1,40
-15	95	0,32	0,32	0,39	0,32	0,31	1,65	1,73	2,13	1,71	1,65
-15	90	0,21	0,21	0,28	0,21	0,20	0,87	0,95	1,34	0,92	0,86
-15	85	0,10	0,10	0,17	0,10	0,09	0,00	0,16	0,55	0,14	0,07
-10	95	0,16	0,16	0,22	0,16	0,14	0,58	0,64	0,99	0,63	0,53
-10	90	-0,02	-0,02	0,04	-0,02	-0,04	-0,74	-0,68	-0,33	-0,69	-0,79
-10	85	-0,20	-0,20	-0,14	-0,21	-0,22	-2,05	-1,99	-1,48	-2,01	-2,11
-5	95	-0,07	0,10	0,16	0,06	0,05	-0,34	-0,28	0,19	-0,28	-0,48
-5	90	-0,26	-0,23	-0,18	-0,26	-0,29	-2,74	-2,68	-2,21	-2,68	-2,89
-5	85	-0,59	-0,56	-0,51	-0,60	-0,63	-5,15	-5,08	-4,62	-5,09	-5,29
0	95	-0,39	-0,40	-0,33	-0,40	-0,45	-3,39	-3,38	-3,06	-3,35	-3,68
0	90	-0,96	-0,98	-0,91	-0,97	-1,02	-7,55	-7,54	-7,22	-7,51	-7,84
0	85	-1,53	-1,55	-1,48	-1,55	-1,60	-11,71	-11,70	-11,38	-11,67	-12,00

Постійне, із року в рік, підвищення вологості в утеплювачі покриття відбувається при:

- $t_b = -5^\circ\text{C}$ та $\varphi_b = 95\%$ (крім північного регіону, утеплювач мінеральна вата);
- $t_b = -5^\circ\text{C}$ та $\varphi_b = 95\%$ (у південному регіону, утеплювач пінополістирол);
- -10°C та $\varphi_b = 95\%$, а також при більш низьких температурах при відносній вологості внутрішнього повітря від 85% до 95% (крім $t_b = -15^\circ\text{C}$ та $\varphi_b = 85\%$, у північному регіону, утеплювач пінополістирол).

Підвищення вологості в мінеральній ваті при $t_b = -10^\circ\text{C}$ та $\varphi_b = 90\%$ (південний регіон) незначне і за 50 років експлуатації холодильника не перевищує 2% .

Зі зниженням температури внутрішнього повітря вологонакопичення в утеплювачі прискорюється. Так якщо порівнювати вологонакопичення в холодильнику з $t_b = -30^\circ\text{C}$ та $\varphi_b = 95\%$ із холодильником з $t_b = -10^\circ\text{C}$ та $\varphi_b = 95\%$, то волого на-

копичення у першому буде більше в 3...3,3 рази (утеплювач мінеральна вата) та у 4,8...5,4 рази (утеплювач пінополістирол).

При зниженні відносної вологості внутрішнього повітря з 95 % до 85 % підвищення вологості утеплювача зменшується:

- від 4 % при $t_b = -30^\circ\text{C}$ до 70 % при $t_b = -15^\circ\text{C}$ (утеплювач мінеральна вата);
- від 5 % при $t_b = -30^\circ\text{C}$ до 95 % при $t_b = -15^\circ\text{C}$ (утеплювач пінополістирол).

Кількість води, що накопичується в утеплювачі на 1 м^2 огороження при різних утеплювачах, відрізняється не суттєво, а підвищення вологості має значну розбіжність. Пояснюється це різницею у щільності матеріалів.

Динаміка підвищення вологості в утеплювачі покриття протягом 50 років, для холодильників з відотною вологістю внутрішнього повітря 95 % наведена на рис. 2.

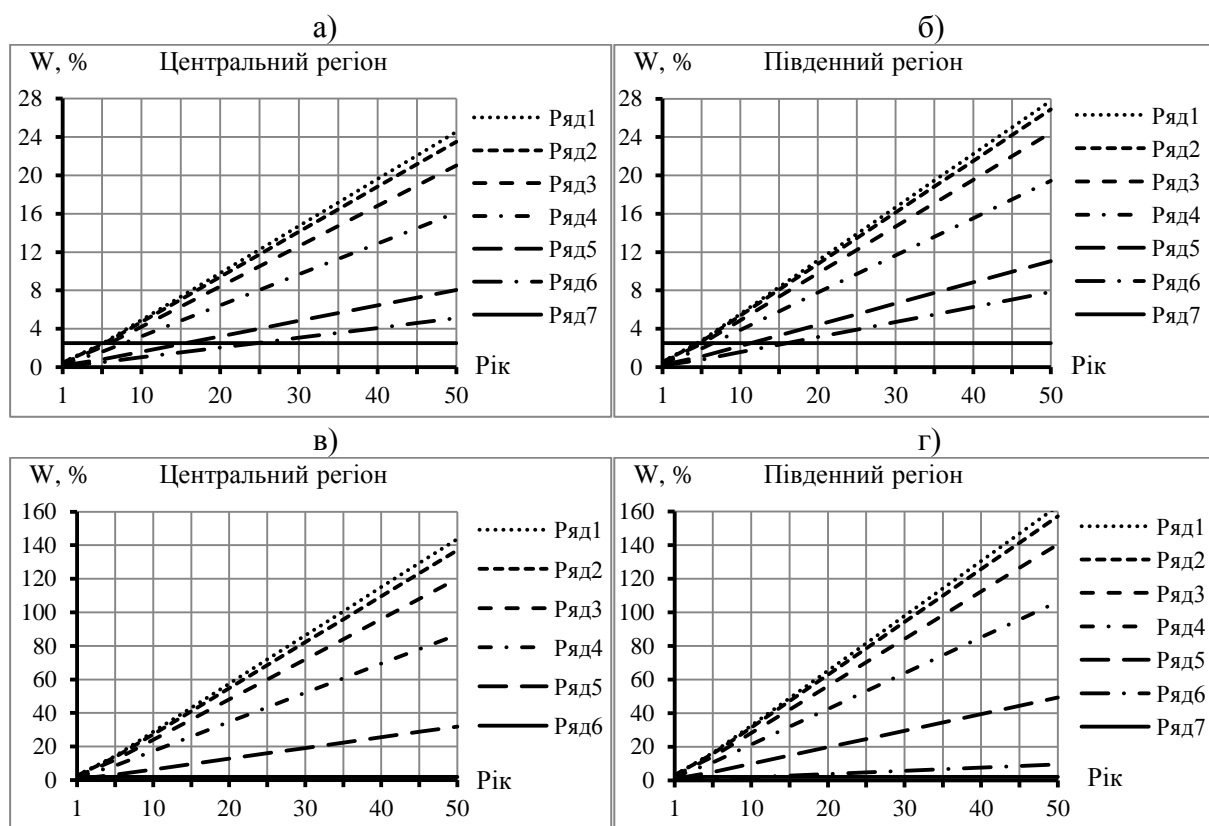


Рис. 2. Динаміка підвищення вологості утеплювача: а) та б) – в мінеральній ваті; в) та г) – в пінополістиролі. Ряд 1 - $t_b = -30^\circ\text{C}$; ряд 2 - $t_b = -25^\circ\text{C}$; ряд 3 - $t_b = -20^\circ\text{C}$; ряд 4 - $t_b = -15^\circ\text{C}$; ряд 5 - $t_b = -10^\circ\text{C}$; ряд 6 - $t_b = -5^\circ\text{C}$; ряд 7 – допустиме збільшення вологості матеріалу

Допустиме за нормами [6] збільшення вологості мінеральної вати складає 2,5 %, а пінополістиролу 2 %.

Як видно з графіків на рис. 2 допустиме збільшення вологості матеріалу утеплювача відбувається у межах:

від 5 років після вводу в експлуатацію будівлі холодильника з $t_b = -30^\circ\text{C}$ до 25 років з $t_b = -5^\circ\text{C}$ (утеплювач мінеральна вата, центральний регион);

від 5 років після вводу в експлуатацію будівлі холодильника з $t_b = -30^\circ\text{C}$ до

16 років з $t_b = -5^\circ\text{C}$ (утеплювач мінеральна вата, південний регіон);

від 1 року після вводу в експлуатацію будівлі холодильника з $t_b = -30^\circ\text{C}$ до 4 років з $t_b = -10^\circ\text{C}$ (утеплювач пінополістирол, центральний регіон);

від 1 року після вводу в експлуатацію будівлі холодильника з $t_b = -30^\circ\text{C}$ до 13 років з $t_b = -5^\circ\text{C}$ (утеплювач пінополістирол, південний регіон).

Досягнення допустимого збільшення вологості у матеріалі утеплювача для інших температур внутрішнього повітря знаходиться у зазначених межах. При цьому динаміка підвищення вологості утеплювача в південному регіоні дещо вища, ніж у центральному. Величина збільшення вологості в пінополістиролі значно вища, ніж у мінеральній ваті. В утеплювачі конструкції покриття будівель холодильників з розглянутими температурами та відносними вологостями внутрішнього повітря (рис. 2), відбувається перевищення допустимого збільшення вологості. При збільшенні вологості утеплювача відбувається підвищення його коефіцієнта теплопровідності та як наслідок зниження опору теплопередачі конструкції покриття загалом.

Для визначення відсотка зниження загального опору теплопередачі покриття були побудовані графіки залежності коефіцієнтів теплопровідності утеплювачів від їх вологості. Для цього були екстрапольовані значення коефіцієнтів теплопровідності з норм [6] для вологості 0 %, 2 % та 5 % (мінеральна вата) та 0 %, 2 % та 10 % (пінополістирол). Спроба використання європейських норм [8] не дала позитивного результату. Так для мінеральної вати запропонована в цих нормах формула, при вологості 5 % дає значення коефіцієнта теплопровідності $0,06 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ (без урахування множників F_T , що враховує залежність коефіцієнта теплопровідності від температури та F_T , який враховує фактор старіння матеріалу), а за національними нормами [6] $0,081 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$. Використання формули, наведеної в джерелі [9], також дає значні розходження. Так для мінеральної вати при вологості 5 % коефіцієнт теплопровідності за джерелом [9] дорівнює $0,054 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, а за національними нормами [6] $0,081 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

На рис. 3 наведено графіки, що показують відсоток зниження опору теплопередачі конструкції покриття з підвищенням вологості утеплювача протягом 50 років експлуатації будівлі. Початкова вологість утеплювача була прийнята за умовами експлуатації А, що дорівнює 2 %. Тому на початку експлуатації будівлі холодильника опір теплопередачі конструкції покриття менше нормованого.

Як видно з графіків на рис. 3, опір теплопередачі покриття стає менше нормованого в період:

- від 7 року після вводу в експлуатацію холодильника з $t_b = -30^\circ\text{C}$ до 31 років з $t_b = -5^\circ\text{C}$ (утеплювач мінеральна вата, центральний регіон);
- від 6 року після вводу в експлуатацію будівлі з $t_b = -30^\circ\text{C}$ до 20 року з $t_b = -5^\circ\text{C}$ (утеплювач мінеральна вата, південний регіон);
- від 4 року після вводу в експлуатацію будівлі з $t_b = -30^\circ\text{C}$ до 15 років з $t_b = -10^\circ\text{C}$ (утеплювач пінополістирол, центральний регіон);
- від 3 років після вводу в експлуатацію будівлі з $t_b = -30^\circ\text{C}$ до 49 років з $t_b = -5^\circ\text{C}$ (утеплювач пінополістирол, південний регіон).

У подальшому опір теплопередачі покриття стає менше нормованого. Після 50 років експлуатації він знижується на:

- 9...30 % у центральному регіоні, при застосуванні утеплювача з мінеральної вати;
- 16...31 % у південному регіоні (утеплювач з мінеральної вати);
- 17...23 % у центральному регіоні (утеплювач з пінополістиролу);
- 14...23 % у південному регіоні (утеплювач з пінополістиролу).

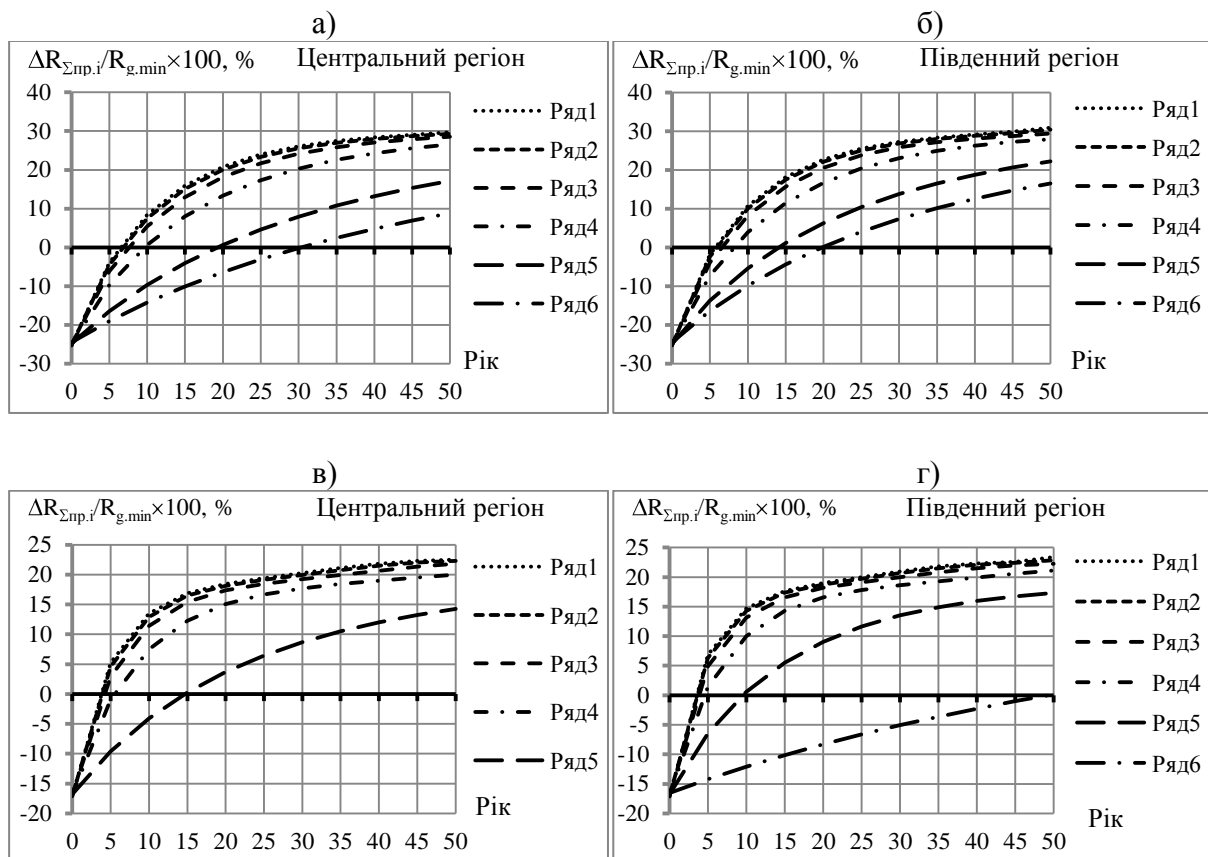


Рис. 3. Відсоток зниження опору теплопередачі конструкції покриття з підвищенням вологості утеплювача: а) та б) – в мінеральній ваті; в) та г) – в пінополістиролі. Ряд 1 - $t_b = -30^\circ\text{C}$; ряд 2 - $t_b = -25^\circ\text{C}$; ряд 3 - $t_b = -20^\circ\text{C}$; ряд 4 - $t_b = -15^\circ\text{C}$; ряд 5 - $t_b = -10^\circ\text{C}$; ряд 6 - $t_b = -5^\circ\text{C}$

Опір теплопередачі покриття над холодильники камерами з температурою $t_b = -5^\circ\text{C}$ при застосуванні пінополістиролу практично не перевищує нормованого значення.

Зниження опору теплопередачі конструкції покриття у південному регіоні дещо вище, ніж у центральному. Це особливо помітно при $t_b = -5^\circ\text{C}$ та $t_b = -10^\circ\text{C}$. Найбільше зниження опору теплопередачі спостерігається при t_b від -30°C до -10°C . При застосуванні утеплювача з мінеральної вати воно складає близько 30 %, при утеплювачі з пінополістиролу близько 22 %.

Площина конденсації в конструкції покриття знаходиться між залізобетонною плитою покриття та утеплювачем. Так як в цій площині, протягом всього року, спостерігається від'ємна температура, то частина сконденсованої вологи буде перетворюватися в лід. Лід буде сповільнювати вихід пароподібної вологи з утеплювача у приміщення холодильника, тому вологонакопичення в утеплювачі буде відбуватися швидше, а величина зниження опору теплопередачі покриття буде дещо більшою.

Для визначення динаміки утворення льоду в площині конденсації була використана методика, наведена в [10].

На рис. 4 наведені графіки, що показують збільшення товщини льоду в конструкції покриття (південний регіон) протягом 50 років експлуатації будівлі.

Як видно з графіків, після 50 років експлуатації, товщина льоду в конструкції покриття будівель холодильників знаходиться у межах:

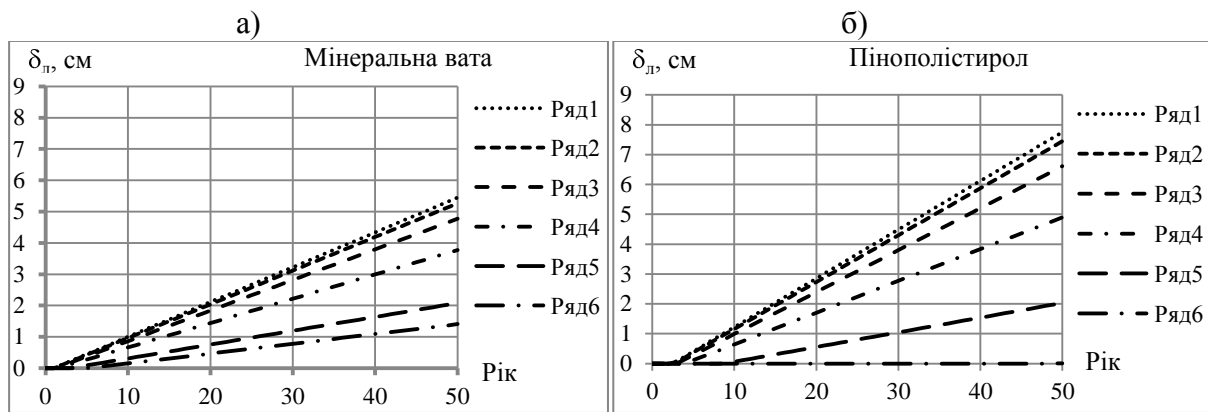


Рис. 4. Збільшення товщини льоду в конструкції покриття: а) утеплювач з мінеральної вати; б) утеплювач з пінополістиролу. Ряд 1 - $t_b = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$; ряд 2 - $t_b = -25\text{ }^{\circ}\text{C}$; ряд 3 - $t_b = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$; ряд 4 - $t_b = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$; ряд 5 - $t_b = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$; ряд 6 - $t_b = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$

- від 1 см при $t_b = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$ до 5 см при $t_b = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (утеплювач мінеральна вата, південний регіон);
- від 2 см при $t_b = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до 8 см при $t_b = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (утеплювач пінополістирол, південний регіон).

При застосуванні утеплювача з пінополістиролу при $t_b = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$ утворення льоду в конструкції покриття не відбувається.

Результати теоретичних розрахунків підтверджуються експериментальними дослідженнями, виконаними співробітниками кафедри архітектури та міського будівництва Полтавського національного технічного університету імені Ю. Кондратюка у покритті будівлі холодильника Полтавської птахофабрики, де товщина льоду склала 5...7 см.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗРОБОК

1. При нормуванні опору паропроникненню шару пароізоляції в конструкції покриття будівель холодильників, територію України слід поділяти на два регіони. До першого регіону відносити північ, центр, захід та схід України. До другого регіону відносити південь України. Межу між регіонами необхідно уточнити додатковими дослідженнями.

2. Постійне, із року в рік, вологонакопичення в утеплювачі покриття будівель холодильників відбувається при $t_b = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $\phi_b = 95\text{ }%$, а також при більш низьких температурах при відносній вологості внутрішнього повітря від 85 % до 95 %.

3. Зі зниженням температури внутрішнього повітря з $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ підвищення вологості в утеплювачі збільшується в 3...5,4 рази. Зі зниженням відносної вологості внутрішнього повітря з 95 % до 85 % підвищення вологості утеплювача зменшується, при різних температурах внутрішнього повітря, від 4 % до 95 %. Тому при нормуванні опору паропроникненню пароізоляції необхідно враховувати як температуру, так і відносну вологість внутрішнього повітря.

4. Допустиме за нормами [6] збільшення вологості утеплювача в покритті, при різних температурах внутрішнього повітря, настає у різний час та складає від 1 року до 25 років.

5. Підвищення вологості утеплювача від відпускну (умови експлуатації А) до нормованої (умови експлуатації Б) відбувається, для холодильників з різними параметрами внутрішнього повітря, у межах від 3 років до 49 років.

6. За 50 років експлуатації будівель холодильників з температурою внутрішнього повітря від -10°C до -30°C , відбувається зниження опору теплопередачі покриття, у порівнянні з нормованим, у межах від 9 % до 31 %.

7. За 50 років експлуатації будівель холодильників з температурою внутрішнього повітря від -5°C до -30°C , між плитою покриття та утеплювачем, відбувається утворення шару льоду товщиною від 1 см до 8 см.

8. Висновки, наведені раніше, дозволяють зробити загальний висновок щодо не обхідності перегляду норм опору паропроникненню пароізоляції, в покритті будівель холодильників, у бік їх збільшення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Янюк В.Я. Как актуализировать СНиП 2.11.02-87 «Холодильники» / В.Я. Янюк // Холодильная техника. – 2011. – № 6. – С. 51–53.
2. Янюк В.Я. О необходимости переработки СНиП 2.11.02-87* «Холодильники» / В.Я. Янюк, Э.А. Багирян // Холодильная техника. – 2009. – № 3. – С. 42 – 44.
3. Янюк В.Я. Основные проблемы и направления в проектировании современных складских комплексов / В.Я. Янюк // Холодильная техника. – 2010. – № 1. – С. 49–52.
4. Холодильники: СНиП 2.11.02-87 / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 8 с.
5. Руководство по расчету влажностного режима ограждающих конструкций зданий / Госстрой СССР, НИИСФ. - М.: Стройиздат, 1984.
6. Рукавишников А.М. Склады холодильники: стратегия выбора / А.М. Рукавишников // Холодильная техника. – 2012. – № 1. – С. 110–114
7. Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій: ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013. – К. : Мінрегіон України, 2013. – 68 с.
8. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006. – К. : Держбуд України, 2006. – 71 с.
9. ISO/FDIS 10456:2007(E) Building materials and products. — Hygrothermal properties. — Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values. - 27 p.
10. Теплопроводность влажных стекловолоконистых и минераловатных плит / [С.А. Вейлис, А.Ю. Каминскас, И.Я. Гнип, В.И. Кершулис] // Строительных материалы. – 2002. – №6. – С. 39–40.

ЛІТЕРАТУРА

1. Yanyuk V. Ya. How to update Construction Norms and Regulations 2.11.02-87 "Refrigerators" / Ya. Yanyuk // Refrigerating equipment. – 2011. – No. 6. – P. 51-53.
2. Yanyuk V. Ya. About need of processing Construction Norms and Regulations 2.11.02-87* "Refrigerators" / Ya. Yanyuk, E.A. Bagiryan // Refrigerating equipment. – 2009. – No. 3. – Page 42-44.
3. Yanyuk V. Ya. The main problems and the directions in design of modern warehouse complexes / Ya. Yanyuk // Refrigerating equipment. – 2010. – No. 1. – P. 49-52.
4. Refrigerators: Construction Norms and Regulations 2.11.02-87 / the State Committee for Construction of the USSR. – М.: ZITP of the State Committee for Construction of the USSR, 1988.
5. The guide to calculation of a moist mode of protecting designs of buildings / the State Committee for Construction of the USSR, SRIBP. - М.: Stroyizdat, 1984.
6. Rukavishnikov A.M. Warehouses refrigerators: choice strategy / A.M. Rukavishnikov // Refrigerating equipment. – 2012. – No. 1. – P. 110-114.
7. Guidelines for the design evaluation of thermal and humidity condition walling: ISO-NB.2.6 B-192: 2013. - Kyiv, Ukraine Ministry of Regional Development, 2013. - 68 p.
8. Construction of buildings and structures. Thermal insulation of buildings: DBN B.2.6-31: 2006. - Kyiv: Ukraine State Building, 2006. - 71 p.
9. ISO/FDIS 10456:2007(E) Building materials and products. — Hygrothermal properties. — Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values. - 27 p.
10. Teploprovodnost of damp glass-fiber and mineral-cotton plates / [A. Veyalis, A.Yu. Kaminskas, I.Ya. Gnyp, V. I. Kershulis] // Construction materials. – 2002. – No. 6. – Page 39-40.

Стаття надійшла до редакції 03.03.2014 р.