

РЕАЛЬНА ТЕПЛОСТІЙКІСТЬ СУЧАСНИХ ОГОРОДЖЕНЬ

Виноградов-Салтыков В.О., к.т.н.,

Янчарек М., к.т.н.,

Кепко О.І., к.т.н.,

Федоров В.Г. д.т.н.

Сучасні теплоізоляційні огорожувальні конструкції приміщень, що нагріваються або охолоджуються під впливом різних факторів, вважають малоінерційними або навіть безінерційними. Разом з тим, якщо холодильні камери з огороженнями з сендвіч-панелей розраховані за стандартною методикою, вони не потребують додаткових шарів ізоляції або зсува фази теплової хвилі в ізоляції

Польські та українські вчені досліджували вплив змінювання атмосферних умов на температуру всередині камер довготривалого зберігання яблук та груш. Об'єктами дослідження були дві камери в околицях м. Любліна (Польща) на відстані 2,5 км одна від одної, обидві під час експлуатації. Зберігалися яблука в ящиках, завантаження камер у період весняних досліджень становило 20-30%. Обидві камери були обладнані настінними повітроохолоджувачами з автоматичним підтриманням температури повітря. Кожна камера розрахована на 100 т фруктів.

Перша камера мала габарити 9 x 7,2 x 6,8 м³. Її стіни та стеля були виконані з сендвіч-панелей із пінополістирольним наповненням товщиною 200 мм та покриттям із залізного профільного листа товщиною 0,55 мм, що мала двобічне оцинкування та поліестерну плівку товщиною 25 мкм, а з зовнішнього боку – ще шар поліхлоридвінілової плівки 0,5 мм. Панелі були змонтовані за допомогою



зовнішнього металевого каркасу на бетонному фундаменті та ззовні вкриті

антикорозійною фарбою. Всередині камери місця стиків були оброблені герметиком, а вся її внутрішня поверхня вкрита волого захисним лаком. Отже, камера була пристосована до зберігання фруктів у середовищі з регулюванням складу газової суміші.

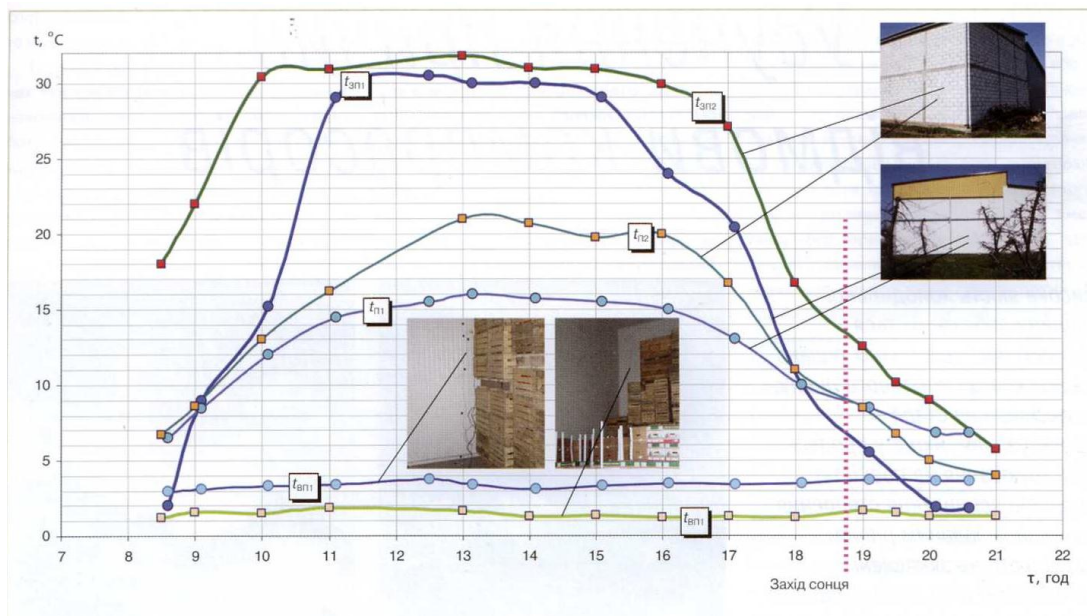
Габарити другої камери – $12,2 \times 7,2 \times 6,8 \text{ м}^3$, її сендвіч-панелі мали наповнення з пінополіуретану товщиною 100 мм (стеля – 120 мм), зовні стіни були обкладені кладкою у 80 мм з пінобетонних блоків $240 \times 240 \times 580 \text{ мм}^3$. Герметизація внутрішнього середовища була зроблена так само, як для першої камери.

Отже, перша камера мала огородження тільки з сендвіч-панелей, а друга – ще й додаткове облицювання з пінобетону товщиною 240 мм, як це рекомендовано в роботі [1]. Температуру поверхонь вертикальних огорожень та повітря зовні і всередині камер вимірювали за допомогою термопар, спаї яких були захищені від випромінювання екранами, а температуру повітря ще додатково вимірювали ртутними термометрами з ціною поділки 0,1 К. В зоні вимірювання температури поверхонь стінки (на висоті 2 м) також були встановлені малогабаритні тепломіри.

Температуру повітря в камері 1 підтримували цілодобово на рівні $+2,6 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$, в камері 2 - на рівні $+1,2 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$. Протягом кількох сонячних днів слідували за частотою ввімкнень та тривалістю роботи повітроохолоджувачів, які працювали протягом 30-60 с кожні 10-30 хв., тобто коефіцієнт робочого часу складав 0,03-0,06. Ця величина не залежала від періоду доби, а змінювалася лише, коли відчиняли двері. Тому протягом обраних трьох днів (26-28.03.07) до камер не заходили. Для більш точного порівняння результатів дослідів протягом дня (27.03) спостерігача перевозили автомобілем від однієї камери до другої, тому інтервал між записами, що стосуються камер, становив 10 хв.

З графіка видно, що температура повітря в сонячний день змінюється майже за синусоїдою (криві $t_{п1}$ та $t_{п2}$). Температура зовнішньої південної поверхні огорожень обох камер (криві $t_{зп1}$ та $t_{зп2}$) зростає значно більше, ніж

температура навколишнього повітря, оскільки сонячна променева енергія, перетворившись на теплову енергію на поверхні огороження, поділяється на дві частини: одна за рахунок теплопровідності спрямовується всередину камери, друга шляхом конвективного теплообміну розсіюється в повітрі та частково у вигляді вторинного випромінювання переходить до навколишніх предметів. Після того як сонце проходить зеніт, температура повітря та стінок спадає, а на поверхні огороження першої камери стінка стає холоднішою, ніж повітря, ще до заходу сонця (сонце зайшло о 18:45).



Динаміка температури під час сонячного підігрівання холодильних камер

Динаміка температур на внутрішніх поверхнях огорожень з південного боку (вимірювалися на одній нормалі із зовнішніми точками заміру), як видно з рис, невиразна, так що можна стверджувати, що вона випадкова і не залежить від змінювання температури зовнішніх поверхонь огороження.

Можна вважати, що температура внутрішніх поверхонь камер є постійною: для першої камери $t_{вп1} = +3,4 \pm 0,4^\circ\text{C}$, для 2-ої камери $t_{вп2} = +1,5 \pm 0,4^\circ\text{C}$.

Південні поверхні камер розглядаються тому, що динаміка теплового навантаження на них є найбільш виразною.

Вимірювання температур на інших стінах підтвердило висновок: для

обох типів огорожень найбільш можливе теплове збурення на зовнішньому боці майже не доходить до внутрішньої поверхні. Цього ж висновку можна дійти на підставі вимірювань густини теплового потоку через зовнішні та внутрішні поверхні огорожень обох камер [2].

Якщо в роботі [1] розглянути формули (3) та (4), що їх запропонував професор О.Є. Власов у двадцяті роки минулого сторіччя, то нічого несподіваного в такому висновку немає. Термічні опори тепловіддачі з обох боків стінки, відповідно до теорії конвективного теплообміну, можна уявити як відношення товщини пристінного шару рідини (цього разу повітря) до теплопровідності цієї рідини. Тоді тепла інерційність D в (4) стає сумою однорідних величин, і якщо підставити їх значення та провести елементарні перетворення, то стане очевидно, що тепла інерційність огороження залежить лише від частоти теплових коливань і температуропровідності матеріалу шарів огороження.

Оскільки в цьому випадку актуальною є добова частота температурних коливань, залишається аргументом тільки температуропровідність матеріалу огорожень. Для порівняння наведені дані досліджуваних огорожень [2], $a \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{с}$: *пінополіуретан* ($\rho = 100 \text{ кг/м}^3$) – 0,178; *пінополістирол* ($\rho = 100 \text{ кг/м}^3$) – 0,405; *пінобетон* ($\rho = 500 \text{ кг/м}^3$) – 0,335, тобто порядок величин однаковий у випадку легких та важких матеріалів. Якщо ж пінобетон не вважати важким матеріалом, то у випадку *залізобетону* маємо $a = 0,805 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, але у разі найбільш легкого *пінополістиролу* ($\rho = 40 \text{ кг/м}^3$) – $a = 0,716 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, тобто навіть за таких протилежних вагових категорій зберігається однаковий порядок теплової інерційності.

В роботі [1] наведено приклад невдалого будівництва двох холодильників у м. Сочі з сендвіч-панелей без бетонного облицювання. На наш погляд, стверджувати, що температура в камері, на кілька кельвінів вища за проектну, була викликана саме цією обставиною, немає достатніх причин. В радянські часи це могло бути що завгодно: негерметичність панелей та зволоження пінопласту, негерметичність стиків та прорізів тощо,

врешті-решт недодержання проектних вимог.

Таким чином, слід продовжити експериментальне та аналітичне дослідження термічної інерційності огорожень приміщень, які охолоджуються або нагріваються, та узгоджувати наявні дані разом з переглядом нормативних матеріалів. На погляд авторів, холодильні камери з легкими огороженнями не потребують реалізації обох способів підсилення їх теплозахисної здатності [1]: ані підвищення на 10-15 К розрахункової проектної температури, ані додавання облицювальних плит з бетону.

Література

1. Мирончук Ю. Теплостійкість огорожень холодильних камер//Холод. – 2007 – № 6 – с. 28-31.
- 2.Виноградов-Салтыков В.А., Янчарек М., Федоров В.Г., Кепко О.І. Теплометрическое исследование теплозащитных свойств ограждений // Промышленная теплотехника. – Том 31. – 2009 г. -№4, с. 116–123.
3. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель // Розробники: ДНДІ будівельних конструкцій, УЗНДПІ по цивільному виробництву. – К: МінБудУкраїни, 2006.– 73 с.