

Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний технологічний університет  
Кафедра холодильних установок і кондиціонування повітря



## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему: **Дослідження впливу тепло-вологісного режиму на енергоефективність теплоізоляційних матеріалів в бомбосховищі реабілітаційного центру м.Одеса**

---

Здобувача

Чепіль В. О.

2 курсу

ХМ-161МН групи

Керівник

к.т.н., доц. Жихарева Н.В

Консультанти:

к.т.н., доц. Когут В.О

---

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**

Рішення кафедри від

28.05.2026 р.

протокол № 10

Завідувач кафедри ХУКП

Михайло ХМЕЛЬНЮК

Одеса - 2026 рік

# ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут	Холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського
Кафедра	Холодильних установок і кондиціонування повітря
Ступінь вищої освіти	Магістр
Спеціальність	142 Енергетичне машинобудування
Освітньо-наукова програма	Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедри д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.

«20» листопада 2025 року

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Чепіль Вячеслав Олександрович

1. Тема роботи Дослідження впливу тепло-вологісного режиму на енергоефективність теплоізоляційних матеріалів в бомбосховищі реабілітаційного центру м.Одеса

Затверджена наказом ОНТУ від 30.01.2025 р. наказ № 51-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 28.05.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи

Параметри повітря в приміщенні влітку  $t=23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi=62\%$ ,

Параметри повітря взимку  $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi=50\%$ ,

Параметри зовнішнього повітря  $t=28.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $h=62\text{ кДж/кг}$

Бомбосховище, теплоізоляційні матеріали

4. Перелік питань, які потрібно розробити

техніко-економічне обґрунтування, розрахунок процесів кондиціонування повітря,

вибір розрахункових параметрів внутрішнього та зовнішнього повітря, розрахунок

теплопритоків, дослідження обґрунтування вибору обладнання СКП, підбір обладнання.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

актуальність теми, мета роботи та задачі дослідження, методи дослідження, повітророзподілення, методи, принцип роботи системи. кондиціонування

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання видав
Економічна частина	к.т.н, доц. Жихарева Н.В	20.04.2026	27.04.2026
Охорона праці	к.т.н, доц Когут В.О..	27.04.2026	10.05.2026

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 20.11.2025 р.

Керівник \_\_\_\_\_ Жихарева Н.В

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Чепіль В.О.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів кваліфікаційное роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Реферат	20.05-21.05.2026	виконано
2	Техніко-економічне обґрунтування.	20.11-20.12.2025	виконано
3	Розрахунок процесів кондиціонування повітря. Дослідження ізоляційних конструкцій	10.01-25.02.2026	виконано
4	Обґрунтування вибору і підбір обладнання.	26.02-20.04.2026	виконано
5	Аналіз впливу економічно-доцільної товщини ізоляції на теплопрививи	20.04-27.04.2026	виконано
6	Вибір і розрахунок системи повітророзподілення.	27.04-10.05.2026	виконано
7	Економічні розрахунки	13.05-14.05.2026	виконано
8	Техніко-економічне обґрунтування.	15.05-17.05.2026	виконано
9	Розрахунок процесів кондиціонування повітря. Дослідження ізоляційних конструкцій	17.05-20.05.2026	виконано
10	Відгук керівників, рецензування, підготовка до захисту кваліфікаційное роботи	21.05-24.05.2026	виконано

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Чепіль В.О

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Жихарева Н.В.

*Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційное роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційное роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.*

*Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічне доброчесності.*

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Чепіль Вячеслав Олександрович \_\_\_\_\_

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна магістерська робота Чепіля Вячеслава Олександровича «Дослідження впливу тепло-вологісного режиму на енергоефективність теплоізоляційних матеріалів в бомбосховищі реабілітаційного центру м.Одеса » включає 87 сторінок тексту, 6 ілюстрації, 5 таблиць та 27 літературних джерела.

Робота присвячена дослідженню впливу тепло-вологісного режиму на енергоефективність теплоізоляційних матеріалів у бомбосховищі реабілітаційного центру м. Одеса. Актуальність теми зумовлена необхідністю забезпечення комфортних умов перебування людей у захисних спорудах при мінімальних витратах енергії на підтримання нормативного мікроклімату.

У роботі розглянуто особливості формування температурно-вологісного режиму в приміщеннях бомбосховища, проаналізовано теплофізичні характеристики сучасних теплоізоляційних матеріалів та їх залежність від вологості. Виконано оцінку теплових втрат через огорожувальні конструкції та визначено вплив зволоження теплоізоляції на показники енергоефективності будівлі.

За результатами дослідження встановлено, що підвищення вологості теплоізоляційних матеріалів призводить до збільшення їх теплопровідності та зростання енергетичних витрат на забезпечення необхідних параметрів мікроклімату. Запропоновано рекомендації щодо вибору ефективних теплоізоляційних матеріалів і заходів з контролю вологості для підвищення енергоефективності бомбосховищ.

Ключові слова: тепло-вологісний режим, енергоефективність, теплоізоляційні матеріали, бомбосховище, реабілітаційний центр, мікроклімат, тепловтрати, енергозбереження.

## ANNOTATION

Master's thesis by Chepil Vyacheslav Oleksandrovych "Study of the influence of the heat-humidity regime on the energy efficiency of thermal insulation materials in the bomb shelter of the rehabilitation center in Odessa" includes 87 pages of text, 6 illustrations, 5 tables and 27 literary sources.

The work is devoted to the study of the influence of the heat-humidity regime on the energy efficiency of thermal insulation materials in the bomb shelter of the rehabilitation center in Odesa. The relevance of the topic is due to the need to ensure comfortable conditions for people to stay in protective structures with minimal energy consumption to maintain the regulatory microclimate.

The work considers the features of the formation of the temperature-humidity regime in the premises of the bomb shelter, analyzes the thermophysical characteristics of modern thermal insulation materials and their dependence on humidity. An assessment of heat losses through enclosing structures is performed and the influence of moisture in thermal insulation on the energy efficiency indicators of the building is determined.

According to the results of the study, it was found that an increase in humidity thermal insulation materials leads to an increase in their thermal conductivity and an increase in energy costs to ensure the necessary microclimate parameters.

Recommendations are proposed for the selection of effective thermal insulation materials and humidity control measures to increase the energy efficiency of bomb shelters.

Keywords: thermal-humidity regime, energy efficiency, thermal insulation materials, bomb shelter, rehabilitation center, microclimate, heat loss, energy saving..

Keywords: storage, vegetable products, refrigeration storage system, height, storage factors

## ЗМІСТ

	стр
ВСТУП	6
1 ХАРАКТЕРНІ ОСОБЛИВОСТІ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПРИМІЩЕНЬ БОМБОСХОВИЩ	8
2 ОСОБЛИВОСТІ ПОВІТРОРозПОДІЛЕННЯ У ПРИМІЩЕННЯХ ТА ПІДБІР ХОЛОДИЛЬНОГО АГЕНТУ	20
3 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ТОВЩИНИ ІЗОЛЯЦІЇ	30
4 РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСІВ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ БОМБОСХОВИЩА	52
5 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	68
6 ОЦІНКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЕ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ НОВОЕ ТЕХНОЛОГІЕ, НОВОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ІНШИХ ІННОВАЦІЙ	76
7 ОХОРОНА ПРАЦІ	78
ВИСНОВКИ	88
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЕ ЛІТЕРАТУРИ	89

## **ВСТУП**

### **Актуальність теми.**

Технологічні системи кондиціонування повітря бомбосховищ призначені для створення і автоматичное підтримки температури, відносної вологості, чистоти і швидкості руху повітря, що відповідають оптимальним санітарно-гігієнічним вимогам. Всі технологічні обладнання безліччю тепловиділяючого устаткування, мають щільні склопакети, що не пропускають свіже повітря в приміщення, а поверхні зовнішнього скління пропускають великі кількості сонячної енергії

**Метою даної роботи є** Дослідження впливу тепло-вологісного режиму огорожувальних конструкцій на енергоефективність теплоізоляційних матеріалів в системах кондиціонування повітря реабілітаційного центру з бомбосховищем

### **Методи дослідження.**

Ескізна та графічна розробка принципової схеми та експерименти з визначенням показників економічної ефективності холодильної установки, чисельні методи та методи оптимізації.

Фактологічною базою дослідження є типи, види і різні схемні рішення систем комфортного кондиціонування повітря з глибоким очищенням. В якості джерел інформації використані: підручники, методичні рекомендації, періодичні видання за спеціальністю холодильна техніка та веб-сайти фірм виробників.

**Задачі дослідження.** Розробити модель комплексної мультизональної VRF системи кондиціонування повітря реабілітаційного центру що включає розрахунок параметрів кондиціонування повітря методом сплайнів, розрахунок економічно-доцільної товщини ізоляції з врахуванням впливу тепло-вологісного режиму огорожувальних конструкцій на енергоефективність теплоізоляційних матеріалів; розрахунок тепло-вологісного навантаження, підбір обладнання системи кондиціонування.

- Підібрати систему кондиціонування центрів без застійних зон і з підвищеною фільтрацією що дозволяє підтримувати параметри повітря.

# ХАРАКТЕРНІ ОСОБЛИВОСТІ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПРИМІЩЕНЬ БОМБОСХОВИЩ

Магістерська робота присвячена дослідженню впливу тепло-вологісного режиму на енергоефективність теплоізоляційних матеріалів, що застосовуються в бомбосховищі реабілітаційного центру в місті Одеса. У роботі проаналізовано сучасні теплоізоляційні матеріали, їх теплофізичні характеристики та залежність теплопровідності від вологості. Проведено дослідження особливостей формування тепло-вологісного режиму в приміщеннях бомбосховища реабілітаційного центру, визначено основні фактори, що впливають на зміну енергоефективності огорожувальних конструкцій. Виконано розрахунки теплових втрат через зовнішні конструкції за різних умов експлуатації та рівнів вологонакопичення в теплоізоляційному шарі.

На основі отриманих результатів здійснити порівняльну оцінку ефективності застосування різних видів теплоізоляційних матеріалів у заданих умовах. Визначено вплив зміни вологості на теплотехнічні показники конструкцій та енергоспоживання систем забезпечення мікроклімату. Розроблено рекомендації щодо вибору теплоізоляційних матеріалів і заходів для підвищення енергоефективності бомбосховищ та забезпечення нормативних параметрів мікроклімату.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів під час проектування, реконструкції та модернізації захисних споруд реабілітаційних центрів і інших об'єктів цивільного захисту.

Реабілітаційні центри відносяться до медичних закладів, в яких пред'являються підвищені вимоги до мікроклімату, температурному режиму, параметрам якості повітря.

**В бомбосховищах повинно бути забезпечення фільтрацією та потрібен рівномірний розподіл**

## **.ОСОБЛИВОСТІ КОНДИЦІОНУВАННЯ БОМБОСХОВИЩ**



Рис 1. 1 Бомбосховища реабілітаційного центру

Кондиціонування бомбосховищ є важливим складовим елементом безпеки під час надзвичайних ситуацій та заходів цивільного захисту. Цей процес передбачає постійний обмін повітрям в приміщенні, що дозволяє уникнути накопичення шкідливих речовин, які можуть бути випущені в атмосферу під час надзвичайних ситуацій. Одним з найважливіших елементів вентиляції є належне проектування та встановлення систем вентиляції. Система вентиляції гарантує постійну циркуляцію повітря, що допомагає підтримувати оптимальний рівень вологості та температури в приміщенні, а також зменшує ризик ураження шкідливими речовинами (хімічна зброя, пилю, чадний газ).

Фільтр-поглинач ФП-300 призначений для очищення надходить у бомбосховищі повітря від виробництв від хімічних речовин, радіоактивного пилу і бактеріальних аерозолей.

Кількість колонок визначається потребами об'єкта в воздухообеспеченні.

**Технічні характеристики фільтра-поглиначі:**

- Номінальний витрата повітря - 300 м3/год
- Габаритні розміри - 580(Д)\*550 мм
- Термін зберігання - 10 років (8 років консервації в змонтованому вигляді)
- Термін беззбройний експлуатації - 5 років
- Термін беззбройний експлуатації - 250 год
- Термін зберігання - 10,5 років
- Маса - 65 кг



Рис 2 Вугільний фільтр для бомбосховища

Фільтри для бомбосховищ є важливою складовою системою безпеки, призначеними для забезпечення чистого повітря в середині бомбосховища під час надзвичайних ситуацій. Основна мета таких фільтрів полягає в утриманні шкідливих речовин, включаючи отруйні гази та радіоактивні частинки, у зовнішньому середовищі.

Існує кілька типів фільтрів, які використовуються в бомбосховищах:

1. Фільтри грубої очистки: Ці фільтри використовуються для затримання великих частинок пилу, бруду та інших забруднень, які можуть бути присутні в повітрі. Вони мають густу структуру і велику площу фільтрації, що дозволяє затримати більші частинки.
2. Фільтри середньої очистки: Ці фільтри призначені для затримання дрібних частинок, таких як пил, дим, бактерії та інші забруднюючі речовини. Вони зазвичай мають спеціальні матеріали з великою поверхнею фільтрації, які допомагають утримувати дрібні частинки.

3. Фільтри хімічної очистки: Ці фільтри призначені для затримання шкідливих хімічних речовин, таких як отруйні гази. Вони використовують спеціальні хімічні реагенти або активоване вугілля для поглинання і нейтралізації цих речовин.
4. Фільтри радіаційної очистки: Ці фільтри призначені для затримання радіоактивних частинок. Вони зазвичай мають спеціальні матеріали, що використовують принципи поглинання та розсіювання радіації, щоб забезпечити безпечне повітря.

Ці типи фільтрів можуть використовуватися окремо або в комбінації, залежно від конкретних потреб і вимог бомбосховища. Важливо забезпечити регулярне технічне обслуговування та заміну фільтрів для збереження їх ефективності та забезпечення безпеки приміщення.



Рис 1.2 Різні типи фільтрів для бомбосховища

Система регенерації кисню в бомбосховищах - це система, що дозволяє зберігати та переробляти повітря всередині бомбосховища, забезпечуючи постійне постачання кисню для дихання. Ця система грає важливу роль у

забезпеченні безпеки та життєдіяльності людей, що перебувають у бомбосховищі протягом тривалого часу.

Основні компоненти системи регенерації кисню в бомбосховищах включають:

1. Споживачі кисню: Це пристроє, які використовуються для забезпечення кисню для дихання людей всередині бомбосховища.
  2. Компресори: Компресори використовуються для стиснення повітря, що надходить зовні до бомбосховища. Це допомагає забезпечити постачання свіжого повітря та кисню всередині.
  3. Сорбенти: Сорбенти - це матеріали, які використовуються для видалення забруднюючих речовин, таких як вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>), волога та інші шкідливі речовини з повітря всередині бомбосховища.
- Системи регенерації: Ці системи використовуються для очищення та відновлення сорбентів після їх використання. Регенерація може включати такі процеси, як відновлення тиску, відволікання вологи або хімічну очистку. Очищені сорбенти можуть бути повторно використані

Бомбосховище — це місце, де люди можуть сховатись під час бомбардування чи артилерійського обстрілу. В Україні є багато бомбосховищ, збудованих під час Другої Світової та Холодної війни. З 1950 років було створено багато укриттів, щоб впоратись з ризиками ядерних загроз. Після набуття незалежності у мирний час в містах України не будували бомбосховищ, тому більшість сучасних споруд не мають укриттів. З початком війни підходи до будівництва змінилися.

Бомбосховища бувають різними та здатні захистити людей від авіанальотів, артилерійських та ракетних обстрілів, та навіть радіації. Повітря — головна умова виживання людей у сховищі. Для забезпечення ним встановлюють

системи вентиляції, припливно-витяжні установки та інше обладнання, яке можна купити в нашій компанії.

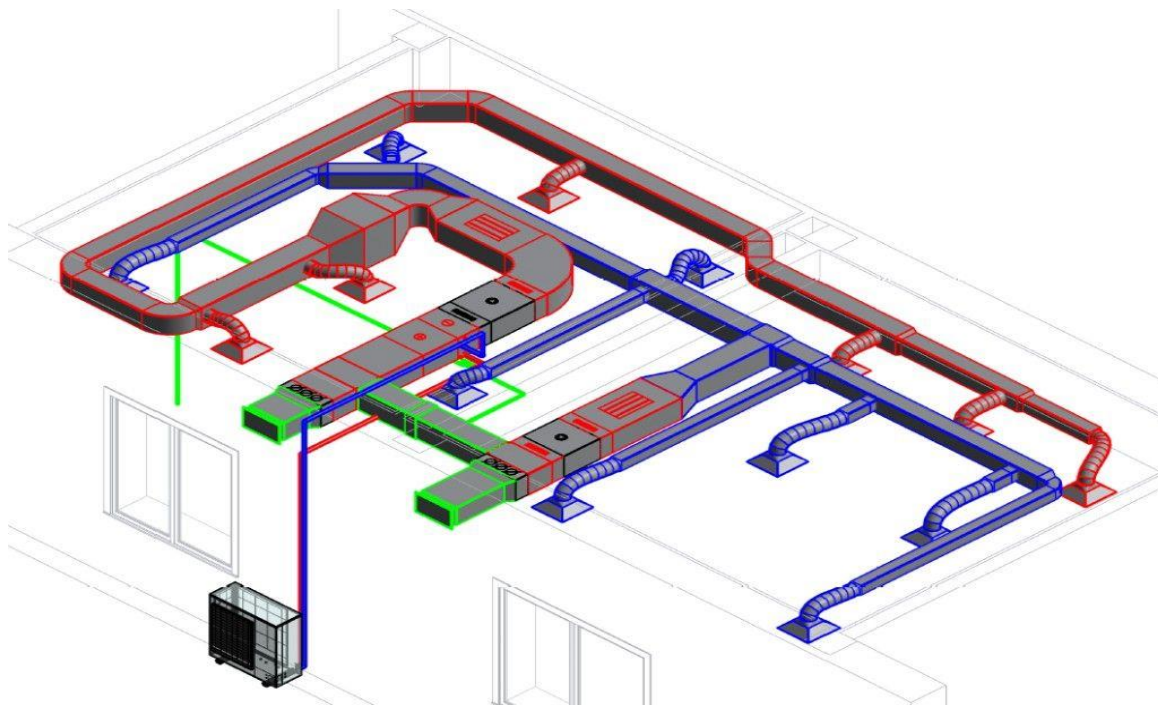


Рис 4 Повітророзподіл в бомбосховищах

### **Види та правила облаштування повітроводів**

Якщо укриття з високим ступенем захисту було повністю зайнято протягом кількох днів у теплу чи жарку погоду, у ньому стало б настільки жарко та волого, що мешканці задихнулись. Важливо розуміти, що тепло та водяна пара, що виділяються тілами людей у переповненому, довго зайнятому укритті, можуть бути смертельними. Доступ свіжого повітря здатен врятувати життя.

Адекватну природну вентиляцію для підземних укриттів зробити складно. Навіть якщо дме легкий вітерець, небагато повітря зробить поворот під прямим кутом і спуститься вниз по вертикальному входу, зробить ще один поворот під прямим кутом, щоб вийти назовні. У теплу погоду природне вентиляція димхідного типу зазвичай недостатньо для більшості сховищ з високим ступенем захисту, які повністю зайняті протягом кількох годин. А в

жарку погоду повітря в укритті не легше повітря на вулиці. За цих умов вентиляція димохідного типу повністю виходить з ладу.

Будь-якому бомбосховищу потрібна вентиляція, але її тип залежить від конкретного укриття. Сховище малого або середнього розміру має бути сконструйоване таким чином, щоб більшу частину часу воно могло мати достатню природну вентиляцію через вхідний отвір і запасний вихід. Річ у тому, що бомбосховища відрізняються за типами:

- Перша категорія — міцні укриття, здатні захистити навіть за прямого влучання ракети, бомби чи снаряду. Такі сховища не мають замкнутої системи, в якій повітря надійно захищене від радіації чи хімічних речовин.
- Друга категорія — сховища, здатні захистити від обвалу будівель, пожежі, осколків, ударної хвилі, отруєння. На пряме влучання снаряда укриття не розраховане.
- Закриті укриття хімічного захисту — сховище, здатне врятувати від хімічного, біологічного та ядерного зброю. Вентиляція оснащена фільтрами, які не пропускають отруйні речовини.

Зазвичай бомбосховища облаштовують у підвалах та підземних паркінгах. У приміщеннях, що пристосовуються під захисні споруди, слід передбачати системи вентиляції, опалення, водопостачання та каналізації для забезпечення необхідних умов перебування в них. При обладнанні вентиляції не слід забувати про використання цих споруд за прямим призначенням у мирний час. Сховища можуть бути обладнані як частина будівель або як окремі споруди у місті. Часто їх облаштовують у підземних паркінгах.

## **Вимоги до кондиціювання сховищ**

Систему вентиляції укриттів слід проектувати на два режими: чисту вентиляцію та фільтровентиляцію. У місцях, де можливий доступ повітря зі шкідливими речовинами та продуктами горіння, слід передбачати режим регенерації внутрішнього повітря.

- При режимі чистое вентиляції подача очищеного від пилу зовнішнього повітря повинна забезпечувати необхідний обмін повітря та видалення з приміщень тепловиділення та вологи.
- При фільтрації зовнішнє повітря очищається від газоподібних засобів масового ураження, аерозолів і пилу.
- Для чистое вентиляції, фільтровентиляції та вентиляції ДЕС повітрязбори повинні бути роздільними. На повітрязборах і витяжних пристроях слід передбачати встановлення противибухових пристроїв, що мають розширювальні камери.
- Регенеративні установки та фільтри слід встановлювати в окремих приміщеннях, що межують із внутрішніми приміщеннями сховища.

Систему вентиляції проектують, враховуючи максимальну кількість людей, яка може одночасно розташовуватися в укритті.

### **6.3 Типи фільтрів для бомбосховищ**

Для організації вентиляції встановлюють різне обладнання. Частина має механічний привід та може працювати в ручному режимі. Це зроблено на випадок, якщо електропостачання буде пошкоджено.

- Електроручні вентилятори забезпечують подачу повітря до приміщення. Різні моделі відрізняються режимами роботи — чиста вентиляція зовнішнього повітря або його очищення у разі зараження атмосфери.
- Фільтри-поглиначі. Це обладнання необхідне для очищення повітря від радіації чи пилу, хімічних речовин.
- Регенераційні установки. При облаштуванні закритого бомбосховища потрібно ставити регенеративні пристрої, щоб повітря всередині оновлювалося при одночасному знаходженні великої кількості людей. Діє воно досить просто — поглинаючи вуглець, виділяє кисень за рахунок хімічних реакцій всередині.
- Передфільтр. Вентиляційна система бомбосховища використовує передфільтри у приміщеннях до 150 осіб. Цей пристрій займається тонким очищенням повітря зовні від пилу в будь-якому з режимів вентиляції.
- Повітроводи, по яких надходить та відводиться повітря.
- Герметичні клапани, що дозволяють перекрити подачу повітря ззовні.

Наявність фільтрації здатна врятувати життя, якщо назовні повітря заражене хімічними, біологічними або радіаційними частками.

## ОСОБЛИВОСТІ

Бомбосховища здатні врятувати життя під час ракетних та артилерійських обстрілів, захистити від радіації, хімічної та біологічної зброї. Необхідною умовою перебування в укритті є достатня кількість кисню. Без вентиляції у підземному притулку неможливо перебувати довше за кілька годин. Правильно спроектована система не лише забезпечить повітрям, а й захистить від небезпечних газів та радіоактивного пилу. Тому встановлюють фільтри різних типів. Найвищий рівень захисту забезпечують повністю ізольовані бомбосховища із системою регенерації повітря, яка за допомогою хімічних реакцій насичує укриття киснем.

Замовити систему вентиляції та купити все необхідне для її створення ви можете в інженерній компанії «Ліка-Комфорт». Ми також пропонуємо обладнання для різних будівель.

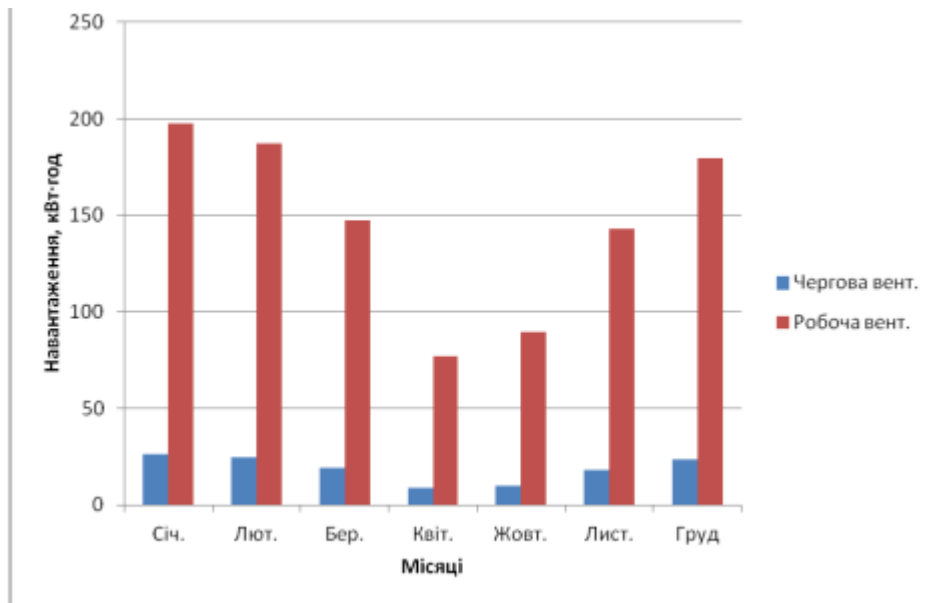


Рис. 1.4– Порівняння помісячного споживання енергії системою СЖТ до і після застосування ЦКП

У зв'язку з великим різномаяттям виробничих приміщень існують різні вимоги щодо готування притікального повітря.

Системи вентиляції (СВ) і кондиціонування застосовують для підтримання у виробничих приміщеннях умов, які потрібні для нормального здійснення технологічних процесів [6, 17]. При цьому найперше звертають увагу на умови праці людей і раціональне споживання енергії [23, 27]. При проектуванні СВ нового виробничого приміщення найперше звертають увагу на локалізацію виділень забрудників від технологічного устаткування і потрібне для цього вентиляційне устаткування, на необхідну кількість зовнішнього повітря, на температуру, вологість, рухливість і тиск

внутрішнього повітря, наявність електростатичних зарядів, забруднення повітря, шум і вібрація, споживання енергії.

Зазвичай інколи вистачає загальне притікально-витікальне вентиляція або тільки притікальне. Системи кондиціонування (СК) повинні забезпечувати вищі вимоги щодо температури, вологості і чистості повітря і застосовуються, наприклад, в текстильних і ткацьких виробництвах, при виробництві паперу і сигарет, в електронній промисловості тощо.

Якщо в великозальних виробничих приміщеннях є невелика кількість місць праці, на які діє велике теплове випромінення (наприклад, основні корпуси ТЕЦ, металотопильні, виробництво скла), то не потрібно забезпечувати працівникам відповідний тепловий комфорт. Кращим розв'язуванням в цьому випадку є обмеження часу праці, використання охоронного одягу або місцеві водяні екрани.

## 2. ОСОБЛИВОСТІ ПОВІТРОРОЗПОДІЛЕННЯ У ПРИМІЩЕННЯХ ТА ПІДБІР ХОЛОДИЛЬНОГО АГЕНТУ

Якщо в результаті технологічного процесу настає забруднення внутрішнього повітря, то притікальне (зовнішнє) повітря повинно перетікати від людини до технологічного устаткування або продукту. Забрудники (шкідливі виділення) повинні вилучатись, наскільки це є можливим, від місць їх утворення. У зв'язку з цим в місцях праці підтримується мала теплова навантага і мінімізується виділення забрудників. Під поняттям ступеню навантаги розуміють відношення теплове навантаги і кількості забрудників в місці праці до відповідное їх навантаги в приміщенні. В особливих випадках, коли вимагається висока чистість в зоні виробничого процесу (чисті приміщення), допускається скерування руху притікального повітря від виробничого процесу до людини за умови, що відсутня ежекція забрудників.

Розглядаючи повітророзподілення належить звертати увагу на градієнт температури внутрішнього повітря. В більшості виробничих приміщень значное висоти (наприклад 6...10 м) бажаним є повітророзподілення безпосередньо в робочу зону (РЗ) [43-46], див. рис. 10.19. Передбачаючи вертикальні повітропроводи на стінах чи колонах, необхідно звертати увагу на наявність технологічних кранів (особливість їх закріплення і переміщення). В приміщеннях зі значними локальними джерелами тепловиділень передбачаються системи місцевого витікального вентиляціе. З погляду на теплову навантагу повітряне обігрівання не є обов'язковим.

Якщо немає іншого можливості повітророзподілення як тільки через стелю (покрівлю), то у випадку обігрівального вентиляціе, застосування додаткових вентиляторів, запобігає температурному розшаруванню внутрішнього повітря [11]. Струмінні вентилятори можуть бути використані для притікання повітря зі стелі і до переміщення теплого повітря із ВЗ в РЗ приміщення. Таке розв'язання є можливим за низьких концентрацій

забрудників. Забруднене внутрішнє повітря повинно витікати із приміщення через дахові отвори систем загальноє витікальне вентиляціє. З погляду витрат коштів трубопровідні СВ не рекомендується до застосування.

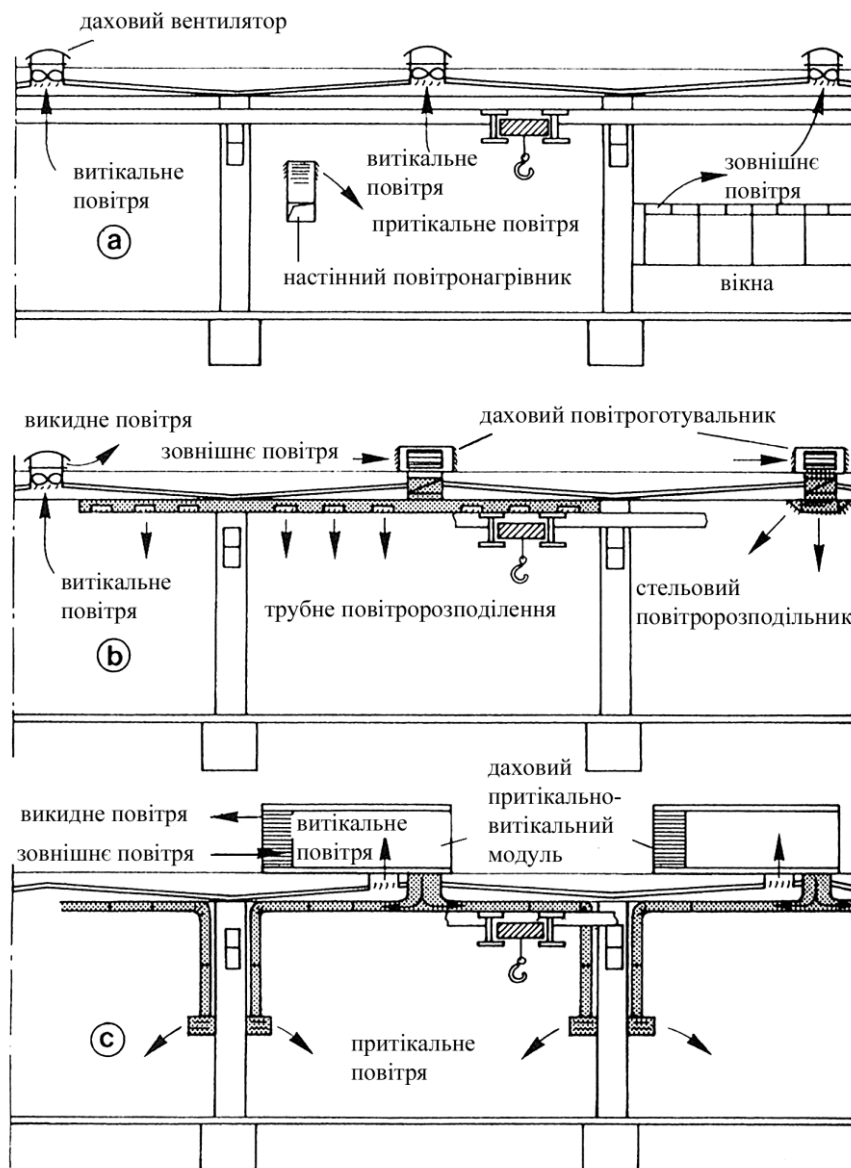


Рис.2.1 . Схеми перетікання повітря через приміщення:

а – витікання повітря через дахові отвори за допомогою дахових вентиляторів, притікання повітря через фрамуги вікон або за допомогою настінних повітрянагрівників;

б – витікання повітря через дахові отвори за допомогою дахових вентиляторів, притікання повітря через вентиляційні ґратки пристельових повітропроводів або від пристельового повітророзподільника (нагрівально-вентиляційного агрегата);

с – даховий повітроготувальник з утилізатором теплоти витікального (викидного) повітря і повітророзподіленням безпосередньо в РЗ

### 1.3 Повітророзподілення в приміщеннях бомбосховищ

Одним і тим же стельовим повітророзподільником розподіляти нагріте і охолоджене повітря є проблематично, якщо при нагрітому повітрі потрібно прогріти ЗО, а при охолодженому повітрі – уникнути в ній протягів.

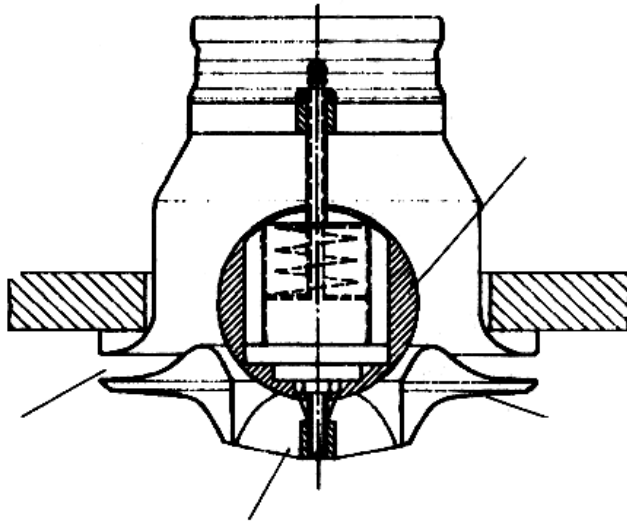


Рис1.2 Круглий в плані пристельовий повітророзподільник типу “Varidall” (LTG, KuK)

У високих приміщеннях різниця рухливості повітря в області голови і ніг людей, які перебувають в ЗО, невелика (якщо розподілення повітря відбувається скерованим в напрямку підлоги закрученими струменями, які формуються лопатковими вихровими повітророзподільниками (рис.8.2, б)). Продуктивність цих повітророзподільників до 10000 м<sup>3</sup>/год при Ø630 мм. Крім таких повітророзподільників існують ще й інші; наприклад, вертикально з-під стелі звисає циліндричний перфорований корпус, з отворів якого повітря витікає радіально при охолодженні ЗО приміщення і вертикально вниз при її нагріванні (рис.1.2, а).

В службових (офісних) приміщеннях нормальное висоти ця проблема не виникає, оскільки зникає варіант повітряного нагрівання зони обслуговування з-під стелі. Повітророзподільники, якщо вони встановлені під стелею, служать тільки для розподілення охолодженого повітря. Обігрівання ЗО відбувається

за рахунок нагрівальних приладів СО, які розміщуються переважно під вікнами.

Якщо застосування систем обігрівання (СО) в службових приміщеннях є небажане або неможливе, тоді доцільно використовувати стельові вихрові повітророзподільники змінної витрати первинного повітря (рис. 8.3).

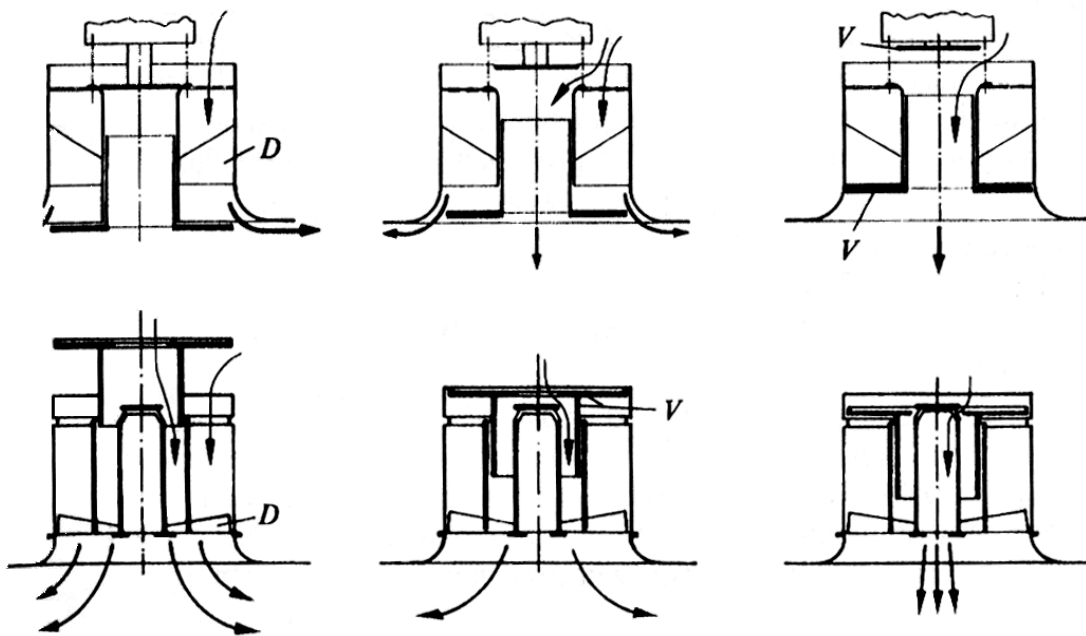


Рис.1.3. Вихрові повітророзподільники змінної витрати для розподілення теплого і холодного повітря (типу “Krantz”):

$\Delta t_p = 10 \text{ K}$ ;  $D$  – вінець завихрювальних лопаток;  $V$  – запірно-регулювальний тарілчастий клапан

Такі повітророзподільники обмежують виникнення протягу за охолодження ЗО і не допускають теплового розшарування повітря по висоті приміщення при її нагріванні. Об’ємна витрата таких повітророзподільників 180 м<sup>3</sup>/год при  $\varnothing 160$  мм і 450 м<sup>3</sup>/год при  $\varnothing 250$  мм. Якщо такі вихрові повітророзподільники використати неможливо (згідно конструкційних і архітектурних вимог), то тоді доцільно застосувати стельові щілинні повітророзподільники з продуктивністю 50...70 м<sup>3</sup>/(год·м щілини). Схема

циркуляції повітряних потоків і еюра розподілення швидкості при використанні повітророзподільників цього типу зображені на рис. 8.4. Відстань між рядами повітророзподільників приблизно рівна половині висоти приміщення (приміщення нормальное висоти біля 3 м). Зміна відносное осьвое швидкості притікального струменя із відсною відстанню зображена на рис. 8.5.

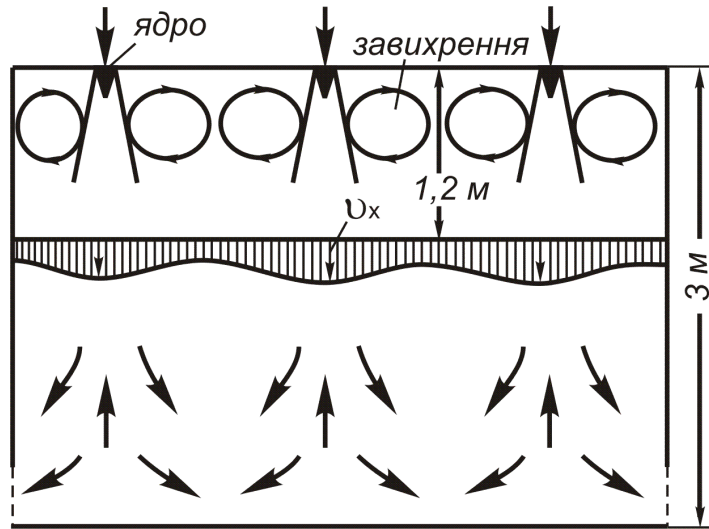


Рис. 2.2.Схема циркуляції повітряних потоків і еюра розподілення швидкостей при використанні стельових щілинних повітророзподільників

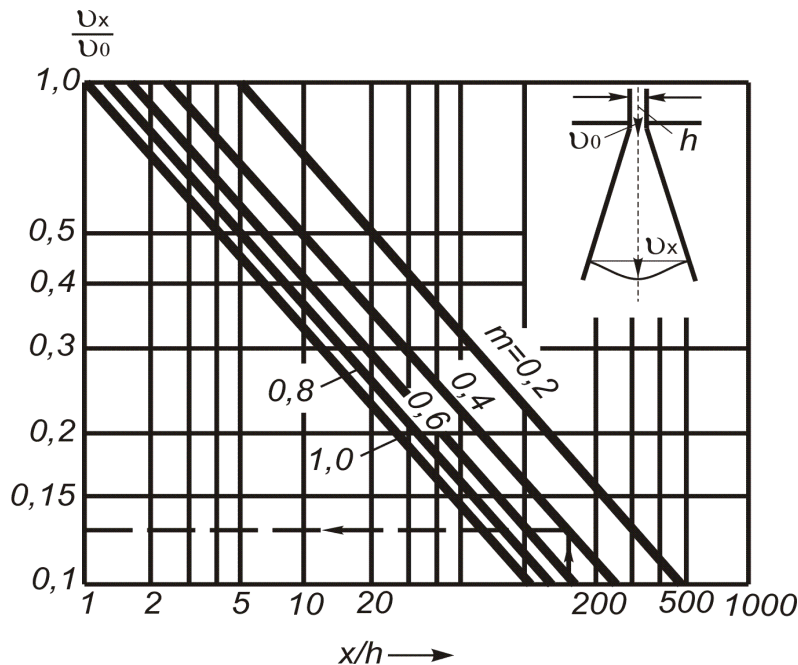


Рис. 2.3. Зміна відносное осьвое швидкості ізотермічного струменя з відсною відстанню:  $m$  – коефіцієнт змішування первинного і вторинного (внутрішнього) повітря

Якщо у щілинному отворі передбачити скерувальну лопатку, то можна змінювати кут витікання від  $0^\circ$  до  $45^\circ$  (щодо вертикалі) і відповідно спрямовувати притікальний струмінь. При більшому куті струмінь може «прилипати» до стелі.

Однак, якщо струмінь почергово витікає на обидві сторони від вертикалі, то кут  $\alpha$  може змінюватись від  $0^\circ$  до  $90^\circ$  (без виникнення ефекту «прилипання»). Для цього використовують щілинні повітророзподільники з поворотними валиками (рис.8.6), повітропродуктивність яких може досягати  $150 \text{ м}^3/(\text{год}\cdot 1 \text{ м})$  і більше. На рис. 8.7 зображене поле швидкостей, створене щілинним повітророзподільником без ефекту «прилипання» струменів.

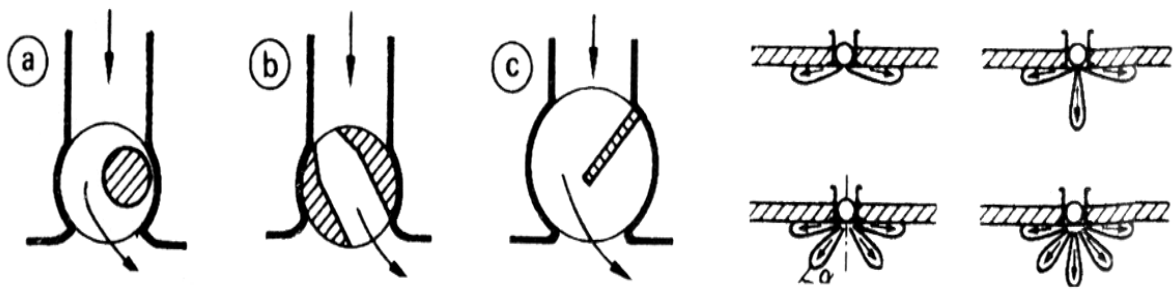


Рис. 2.4. Щілинні повітророзподільники з поворотними валиками:

а - елемент типу “EMCO”; б – валик щілинний типу “LTG”; с – плитка (панелька) типу “Трох”

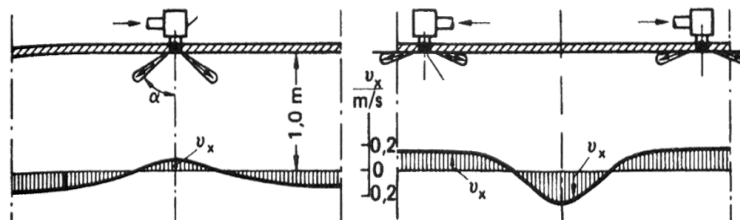


Рис.2.4. Поле швидкостей, яке створене регульованим щілинним повітророзподільником

## 1.1. Необхідність правильного підбору холодоагенту

Для досягнення необхідної температури в приміщеннях використовуються спеціальні холодоагенти. Холодоагент - це робоча речовина холодильної машини, яка при кипінні або в процесі розширення забирає теплоту від охолоджуваного об'єкта і потім після стиснення передає її охолоджувальній середовищу (воді, повітрю тощо).

Основні холодоагенти, що використовуються в кондиціонуванні приміщень, включають фреони, аміак та діоксид вуглецю. Фреони - це хлорофторовуглецеві сполуки, які є надзвичайно ефективними хладагентами та мають низьку токсичність. Аміак - це безбарвний газ з різким запахом, який має високу ефективність в охолодженні, але може бути небезпечним для здоров'я при високих концентраціях. Діоксид вуглецю - це безбарвний газ, який також використовується як хладагент в холодильних системах.

Крім цих основних хладагентів, існує багато інших хладагентів, які використовуються в залежності від потреб та умов кондиціонування приміщень.

Вибір екологічно безпечної альтернативи традиційним холодоагентам для використання в холодильному обладнанні та системах кондиціонування є непростим завданням. Найбільш розумним є підбирати певний холодоагент для кожного конкретного типу обладнання. Однак і тут доведеться зіткнутися із певними труднощами. Справа в тому, що для деяких сфер застосування зараз пропонується не одна, а кілька речовин. В даний час в кондиціонерах повітря найчастіше застосовується холодоагент R410A. Однак через високий ПГП (потенціал глобального потепління), що дорівнює приблизно 2090, ця речовина повинна піти з ринку. Як альтернатива пропонується безліч холодоагентів як природного походження, таких як діоксид вуглецю, аміак і пропан, так і розроблених в лабораторіях хімічних концернів. Компанія Honeywell створила кілька холодоагентів, призначених для заміни R410A.

Серед них суміш гідрофторолефінів R447A, що отримала комерційну назву Solstice L 41. ПГП цього холодоагенту дорівнює 572.

Порівняно з CFC, HCFC, HFC і HFO вуглеводневі холодоагенти мають нульовий ODP і надзвичайно низький GWP, а щодо своїх характеристик вони в цілому пропонують: високу ефективність, менші обсяги заправки, хороша змішуваність з мінеральними маслами (синтетичні мастильні матеріали не потрібні), нижчі температури нагнітання компресора і трохи краща теплопередача в теплообмінниках. Хоча майбутня заміна синтетичних холодоагентів природними холодоагентами значною мірою залежить від обмежень використання (або можливого заборони) HFC, необхідно розробити ці стандарти для забезпечення їх безпечного використання до їх можливого впровадження у значно ширших масштабах. На даний момент використання робочих тіл класу A3 обмежено, в даний час стандарти безпеки, такі як ІЕС 60335-2-40, за якими заправка не може перевищувати 150гр. у приміщеннях загального користування. Робочі тіла, які можуть замінити HFC з високим GWP повинні дотримуватися балансу між продуктивністю, безпекою та вартістю, а також високими експлуатаційними властивостями. Високі термодинамічні властивості включають критичну температуру вище температури навколишнього середовища, високу нормальну температуру кипіння та високу теплоту пароутворення.

Хороші фізичні властивості включають:

- низька питома теплоємність;
- малий питомий обсяг;
- низька в'язкість;
- висока теплопровідність.

Це дуже довгий список якостей, і жоден із нинішніх холодоагентів не можна вважати ідеальним холодоагентом, придатним для всіх застосувань. Використання вуглеводнів може застосовуватися як хороша заміна існуючим галогенвмісним холодоагентам з точки зору впливу на довкілля та

споживання енергіє. Однак необхідно зосередитись на виборі холодоагенту для конкретного застосування на основі загальної оцінки. Кількість доступних чистих вуглеводнів, що мають відповідні властивості для забезпечення альтернатив існуючим традиційним галогенованим холодоагентам, дуже обмежена. Змішування двох або більше цих холодоагентів разом може поліпшити експлуатаційні характеристики робочих рідин, що охолоджують, такі як об'єм пари, ступінь стиснення компресора і температура нагнітання. Вибір екологічно безпечної альтернативи традиційним холодоагентам для використання в холодильному обладнанні та системах кондиціонування є непростим завданням. Найбільш розумним є підбирати певний холодоагент для кожного конкретного типу обладнання. Однак і тут доведеться зіткнутися із певними труднощами. Справа в тому, що для деяких сфер застосування зараз пропонується не одна, а кілька речовин

В даний час в кондиціонерах повітря найчастіше застосовується холодоагент R410A. Однак через високий ПГП (потенціал глобального потепління), що дорівнює приблизно 2090, ця речовина повинна піти з ринку. Як альтернатива пропонується безліч холодоагентів як природного походження, таких як діоксид вуглецю, аміак і пропан, так і розроблених в лабораторіях хімічних концернів. Компанія Honeywell створила кілька холодоагентів, призначених для заміни R410A. Серед них суміш гідрофторолефінів R447A, що отримала комерційне найменування Solstice L 41. ПГП цього холодагента дорівнює 572. У жовтні 2015 року підрозділ хімічного синтезу DuPont, перетворений на компанію Chemours, випустив холодагент Opteon XL5. Згідно з опублікованими даними, безпосередня заміна R410A холодагентом DR 55 у дахових кондиціонерах, що працюють при високій зовнішній температурі, призводить до зростання показників енергоефективності та продуктивності (EER та COP) на 5%. Таке випробування було проведено в Центрі досліджень і розробок Lennox, розташованому в місті Карролтон, штат Техас. Він був частиною програми

вивчення альтернативних холодоагентів з низьким ПГП, організоване Інститутом кондиціонування, опалення та холодильних систем (AHRI). Для випробувань використовувався напівпромисловий кондиціонер даховий продуктивністю 5 холодильних тонн (17,6 кВт). DR 55 є сумішшю хладагентів R32, R125 і R1234yf, ПГП якого дорівнює 675. Випробування показали, що цей хладагент відрізняється більш низькою температурою нагнітання і меншою займистістю, ніж R32.

Відповідно до огляду, ці рідини були протестовані в різних типах холодильних систем: кондиціонерах, теплових насосах, чіллерах, а також у випробуваннях калориметра компресора R-410A. Ці суміші мають широкий перелік можливих кандидатів, з різними складами та масовими частками.

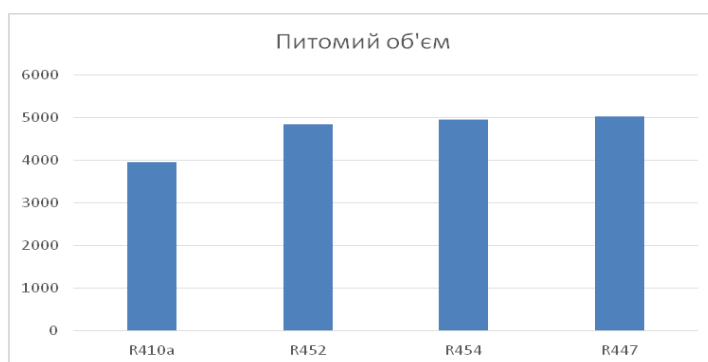


Рис 2.5 Порівняння питомого об'єму холодоагентів.

При зовнішній температурі 52°C температура нагнітання R410A дорівнювала 97°C, а DR 55–110°C. На противагу компанії DuPont, провідні японські виробники на чолі з Daikin зосередилися на впровадженні у промислове виробництво R32 як основна заміна R410A. У результаті це стало вирішальним фактором, через що на Європейському ринку всі побутові та напівпромислові системи кондиціонування до 25 кВт по холоду перейшли на R32 до 2020 року, а R410A на сьогодні повністю заборонено до використання.

Проведений аналіз показав що є перспективним для кондиціонування R32 виявився в сегменті теплових насосів "повітря-вода" і "повітря-повітря" через кращу продуктивність у режимі нагріву в порівнянні з аналогами на R410A і можливістю отримувати вищу температуру теплоносія

### 3. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ТОВЩИНИ ІЗОЛЯЦІЇ

Продуктивність систем кондиціонування повітря залежить від розрахункових умов теплового періоду року, регламентованих санітарними нормами і правилами. Розрахунок надходжень теплоти через зовнішні огороження в теплий період року ускладнюється значними коливаннями температури зовнішнього повітря протягом розрахункової доби й ще більшими коливаннями температури зовнішнього повітря на поверхні непрозорих зовнішніх огорожень, що обігріваються сонцем. Вплив робить також масивність огорожень, завдяки чому коливання температур на зовнішній внутрішній поверхні зменшуються й запізнюються стосовно коливань температур на зовнішній поверхні.

Визначення максимальних годинних надлишків тепла визначається для розрахункової доби, коли максимальна температура зовнішнього повітря дорівнює розрахунковій зовнішній температурі повітря для теплового періоду року, при цьому необхідно забезпечити задані внутрішні параметри, як правило, при розрахункових параметрах зовнішнього повітря Б, але допускається застосування параметрів В при наявності технологічних обґрунтувань.

Розрахунок надходжень тепла крізь зовнішні огороження надається за методом Стюарта. [ 4 ]

Приведена методика дозволяє виконати розрахунки тепло- та волого- надходжень та правильно підібрати системи кондиціонування повітря.

**Задачею теплового розрахунку** є визначення тепловологісної характеристики і побудова в d,h- діаграмі процесів кондиціонування повітря для теплового і холодного періодів року.

Для визначення тепловологісної характеристики процесу ( $\epsilon_{пр}$ ) приміщення необхідно мати наступні вихідні дані:

1. місце розташування об'єкту;

2. район будівництва об'єкта і відповідна частина генерального плану, інженерних комунікацій і орієнтація за сторонами світу;
3. плани і розрізи будинку з вказівкою технологічного устаткування, з його короткою характеристикою, з докладними відомостями про будівельну конструкцію;
4. призначення системи кондиціонування повітря (СКП) – комфортне або технологічне. Для технологічної системи необхідні параметри повітря, що забезпечують даний процес;
5. необхідно знати види виробничих процесів на об'єкті, кількість людей, змін роботи;
6. відомості про джерела виділення теплоти, вологи, шкідливих газів, відповідно в Вт, кг/с,

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{пот}} + Q_{\text{інф}} + Q_{\text{л}}, \quad (3.1)$$

$$W_{\text{заг}} = W_{\text{л}} + W_{\text{пот}} + W_{\text{інф}}, \text{ кг/с.} \quad (3.2)$$

Тепловий розрахунок виконується для теплого і холодного періоду року.

За ДБН 2.04.05–2014\* визначаємо оптимальні і допустимі параметри повітря у приміщенні. (Додаток 1)

При проектуванні СКП вибір оптимальних параметрів є обов'язковим для лікарняних комплексів і об'єктів, театрів, кінотеатрів тощо.

При короткочасному перебуванні людей у приміщеннях (кафе, ресторани, магазини та ін.) у місцевостях з розрахунковою температурою повітря в теплий період року 30 °С і більше (параметри Б), температуру повітря в приміщеннях,  $t_e$ , °С, варто визначати за формулою

$$t_e = t_e^{omn} + 0,4 \cdot (t_n^p - 30), \quad (3.3)$$

де

$t_e^{omn}$  - оптимальна внутрішня температура повітря в приміщенні, °С.

$t_n^p$  - розрахункова температура зовнішнього повітря за параметрами Б, °С.

Одночасно необхідно забезпечити підвищену рухливість повітря в приміщенні.

Та сама ступінь комфорту може бути досягнута при різних сполученнях температури, рухливості і відносній вологості повітря.

### 3. 1 Розрахункові параметри повітря

Розрахункові параметри зовнішнього повітря вибирають урахуванням категоріє клімату: А, Б або В (Додаток 2).

а) для теплого періоду року.

**Категорія А** - за розрахункові параметри прийняті середня температура і ентальпія повітря найспекотнішого місяця в 13 годин, перевищення яких спостерігається не більш 400 годин за рік (незабезпеченість 400 годин).

**Категорія Б** – температура і ентальпія, перевищення яких спостерігається не більше 200 годин за рік (незабезпеченість 200 годин).

**Категорія В** - температура і ентальпія зовнішнього повітря, які відповідають максимальним значенням, що спостерігаються в даній місцевості (повна забезпеченість).

б) для холодного періоду року.

**Категорія А** - середні температури і відповідні ей ентальпіє найхолоднішого місяця в 13 годин.

**Категорія Б** – середня температура і ентальпія найхолоднішого п'ятиденки.

**Категорія В** - найнижча температура і відповідна ей ентальпія найхолоднішого дня о 13 годині.

Для параметрів А и Б введені ступені забезпеченості, розраховані за формулою:

$$f = \frac{Z_{20} - Z_{no}}{Z_{20}} \cdot 100, \quad \% \quad (3.4)$$

де

$Z_{20}$  – число годин за рік з температурою понад 20 °С;

$Z_{no}$  - число годин за рік з перевищенням розрахункових параметрів (незабезпеченість).

Для параметрів В:  $f=100\%$ .

Розрахункові параметри внутрішнього повітря встановлюються виходячи з санітарно-гігієнічних і технологічних вимог у залежності від призначення приміщення і рівня вимог до метеорологічної обстановки в приміщенні, при цьому, визначальним для виробничого приміщення з постійним перебуванням людей, повинні бути умови комфортного стану людей.

Розрізняють системи кондиціонування повітря трьох класів:

СКП 1 класу застосовують для технологічного кондиціонування повітря за техніко-економічними вимогами.

СКП 2 класу забезпечує зовнішні параметри повітря для комфортного кондиціонування повітря .

СКП 3 класу забезпечує допустимі параметри за умови, що вони можуть бути забезпечені вентиляцією.

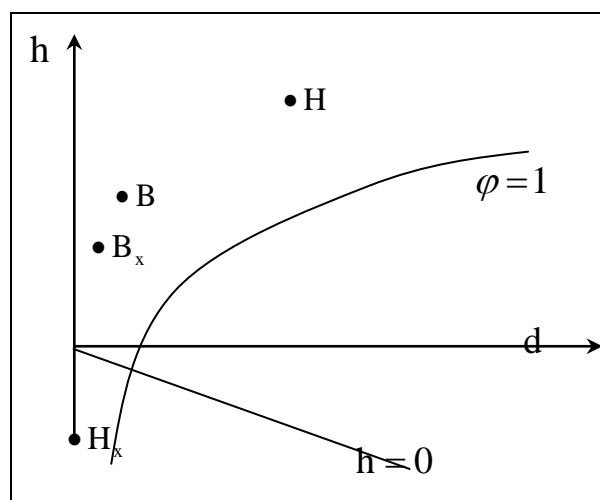


Рис. 3.1. Параметри зовнішнього і внутрішнього повітря в d,h- діаграмі

### 3.2. Визначення економічно доцільної товщини шару теплоізоляції

При проектуванні системи кондиціонування повітря, перш за все, необхідно враховувати теплоприпливи через захисні конструкції. Ці теплоприпливи є змінними в часі, що зв'язане з добовими, сезонними або іншими коливаннями температури зовнішнього повітря.

Теплове навантаження на холодильну установку є найбільшою або в самий жаркий літній період року.

В інженерній практиці проектування систем кондиціонування повітря, як правило, користуються методикою теплового розрахунку огорожень, за якою всі теплоприпливи вважаються постійними в часі і приходяться на літній період року [1,4].

Процес передачі тепла через огороження, всі параметри якого залишаються незмінними в часі, називається стаціонарним і є найбільш простим випадком теплопередачі. До стаціонарної теплопередачі звичайно прагнуть привести важливі для проектування огорожень і систем розрахункові умови. В цьому випадку розрахунок теплопередачі зводиться до розгляду порівняно простих стаціонарних температурних полів і теплових режимів конструкцій.

Найпростішим є одновимірне стаціонарне температурне поле, яке для багат шарового огороження може бути визначене диференціальним рівнянням

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[ \lambda(x) \frac{\partial t}{\partial x} \right] = 0, \quad (3.5)$$

де  $\lambda(x)$  – коефіцієнт теплопровідності матеріальних шарів огороження, Вт/(м·К).

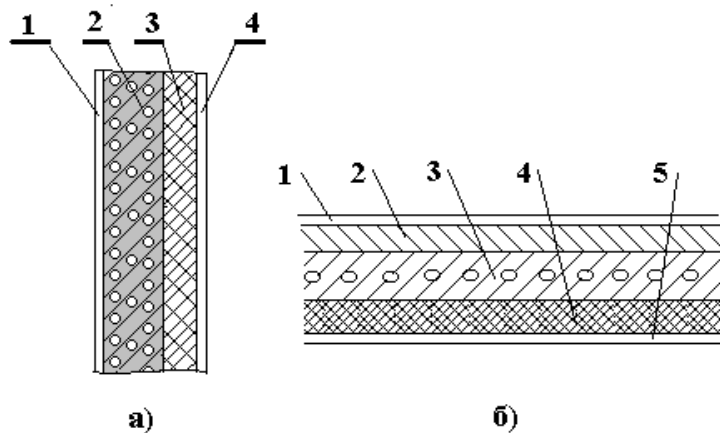


Рис. 3.2. Конструкція стін і покриття

а) стіна: 1 – штукатурка; 2 – залізобетон; 3 – ізоляція; 4 – залізобетон.

б) покриття: 1 – 3 шару гідроізоля; 2 – бетонна стяжка; 3 – плита залізобетонн  
4 – ізоляція; 5 - лист сталевий оцинкований.

Конструкції сучасних багатошарових огорожень характеризуються розподіленням функцій між окремими матеріальними шарами (рис.3.2). В загальному випадку захист складається з конструктивного (основного) шару, теплоізоляційного шару, а також паро- або гідроізоляційного шару, внутрішнього і зовнішнього фактурних шарів. У відношенні режиму теплопередачі основними є конструктивний і теплоізоляційний шари. Конструктивним звичайно є шар з матеріалу високої густини, а тому із значною теплопровідністю і погано проникний для водяної пари і повітря.

Одновимірне температурне поле огороження може бути розраховане достатньо просто. Теплозахисні властивості багатошарового огороження визначаються опором  $R_0$ , який дорівнює сумі опорів теплопровідності окремих матеріальних шарів  $R_i$  і опорів теплообміну на внутрішній  $R_B$  і зовнішній  $R_3$  поверхнях:

$$R_0 = R_B + \sum R_i + R_3, \quad (3.6)$$

де  $R_B = 1 / \alpha_B$ ,  $R_3 = 1 / \alpha_3$ ,  $R_i = \delta_i / \lambda_i$

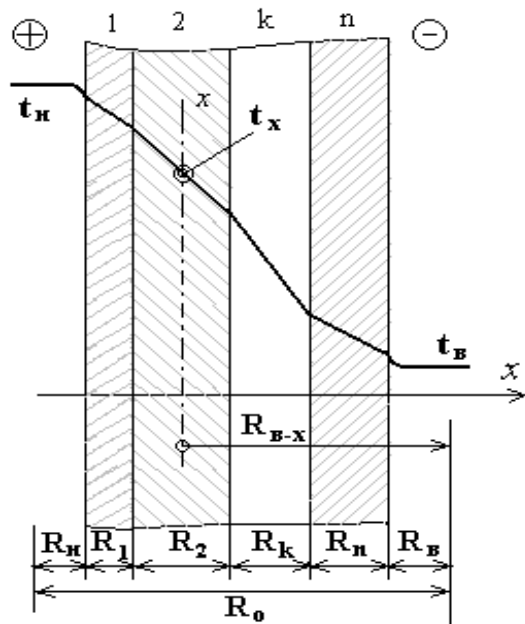


Рис. 3.3 Одновимірне температурне поле багатошарового огороження

Розподіл температури в огороженні (рис.3.3) визначається за формулою :

$$t_x = t_в - \frac{R_{в-x}}{R_0} (t_в - t_н) \quad (3.7),$$

де  $t_x$  – температура в довільному перетині  $x$  огороження;

$R_{в-x}$  – опір теплопередачі від внутрішнього середовища до перетину  $x$ .

$t_в$  і  $t_н$  - температура внутрішнього і зовнішнього середовищ.

З формули (3.7) витікає, що перепади температур у перетині огороження пропорційні відповідним термічним опорам.

Економічно-доцільний термічний опір теплоізоляційного шару  $R_{із}^{ек}$ , ( $m^2 \cdot ^\circ C$ )/Вт, багатошарової захисної конструкції слід заздалегідь визначати за формулою [9]

$$R_{із}^{ек} = \sqrt{\frac{n_{із} (t_н - t_в) z_3 m C_T l_T}{\lambda_{із} C_{із} E_{н.п}}} \quad (3.8)$$

де  $n_{із}$  — коефіцієнт, що враховує відношення термічного опору ізоляції багатошарової захисної конструкції (або однорідної конструкції) до опору теплопередачі,  $n_{із} = 0.85$ ;

$t_B$  — температура внутрішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_3$  — найвища середня температура зовнішнього повітря за літній період (липень),  $^{\circ}\text{C}$ ;

$z_3$  — тривалість найвищої температури за розглядуваний літній період ;

$m$  — коефіцієнт, який враховує додаткові втрати тепла на інфільтрацію зовнішнього повітря і який приймається рівним 1,05;

$C_T$  — вартість виробництва тепла, грн / Дж;

$I_T$  — коефіцієнт, який враховує зміну вартості теплової енергії на перспективу (з урахуванням умов експлуатації, термінів служби  $I_T = 1.1$ );

$\lambda_{i3}$  - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу термоізоляційного шару багатошарової захисної конструкції, Вт / ( $\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}$ );

$C_{i3}$  — вартість матеріалу термоізоляційного шару багатошарової захисної конструкції, грн/ $\text{m}^3$ ;

$E_{н.п}$  — норматив для приведення різночасних витрат, 1/грн.

Економічно-доцільний опір теплопередачі  $R_{0}^{ек}$ , ( $\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ ) / Вт, багатошарової захисної конструкції заздалегідь визначається за формулою:

$$R_0^{ек} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{1}{\alpha_3} + R_{i3}^{ек} + \sum R_{к.с}, \quad (3.9)$$

де

$R_{i3}^{ек}$  — економічно-доцільний термічний опір термоізоляції, ( $\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ ) / Вт;

$$R_{i3}^{ек} = \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}}$$

$\alpha_B, \alpha_3$  - коефіцієнти тепловіддачі відповідно для внутрішньої і зовнішньої поверхонь огороження, Вт / ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}$ );

$\sum R_{к.с}$  — сума термічних опорів конструктивних шарів багатошарової захисної конструкції, ( $\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ ) / Вт.

Товщина теплоізоляційного шару багатошарової теплозахисної

конструкції  $\delta_{із}$ , м, а також товщина однорідное (одношаровое) конструкції попередньо визначається за формулою [9]

$$\delta_{із} = R_{із}^{ек} \lambda_{із} . \quad (3.10)$$

Економічно-доцільний опір теплопередачі  $R_o^{ек}$ ,  $(м^2 \cdot ^\circ C) / Вт$ , захисное конструкції слід приймати, виходячи з умови забезпечення найменших зведених витрат  $\Pi$ , грн /  $м^2$ , який визначається за формулою

$$\Pi = C_{д} + \frac{(t_3 - t_B) Z_3 m C_T l_T}{R_o^{ек} E_{н.п}} , \quad (3.11)$$

де  $C_{д}$  – одноразові витрати (собівартість будівельно-монтажних робіт, грн/ $м^2$ ). При визначенні зведених витрат по формулі (3.10) допускається одноразові витрати  $C_{д}$  визначати без врахування накладних витрат і планових накопичень. При розробці типових проектів  $C_{д}$  слід визначати для умов, встановлених чинними інструкціями для визначення кошторисное вартості будівництва і типових проектів.

Розглянемо розрахунок економічно-доцільное товщини ізоляціе багат шаровое теплозахисное конструкції з точки зору найменших зведених витрат (7). Для цього визначимо явну залежність зведених витрат від товщини шару ізоляціе

$$\Pi = \Pi (\delta_{із}).$$

Передусім, одноразові витрати  $C_{д}$  є лінійною функцією товщини термоізоляціе

$$C_{д} = C_o + C_{із} \delta_{із} \quad (3.12)$$

тут  $C_o$  - постійні одноразові витрати, які не залежать від вартості термоізоляціе, грн /  $м^2$ ;

$C_{із}$  – вартість тепловое ізоляціе, грн /  $м^3$ .

З іншого боку, опір теплопередачі багат шарового огороження з термоізоляціею визначається за формулою (3.12).

Позначимо

$$R_s = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{1}{\alpha_3} + \sum R_{k.c} \quad (3.13)$$

Тоді

$$R_o^{ек} = R_s + \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}}$$

В результаті, зведені витрати визначаються наступною залежністю

$$\Pi = \Pi(\delta_{i3}) = C_D = C_o + C_{i3}\delta_{i3} + \frac{S\lambda_{i3}}{R_s \cdot \lambda_{i3} + \delta_{i3}}, \quad (3.14)$$

де величина 
$$S = \frac{(t_3 - t_B)Z_H m C_T l_T}{E_{н.п}}$$

З умови мінімальності зведених витрат  $\frac{\partial \Pi}{\partial \delta_{i3}} = 0$  знаходимо

$$\delta_{i3}^{ек} = \sqrt{\frac{S \cdot \lambda_{i3}}{C_{i3}}} - R_s \cdot \lambda_{i3} \quad (3.15)$$

Розрахунок товщини термоізоляції  $\delta_{i3}^{ек}$  багатошарового огорожуючого конструкції забезпечує найменше значення приведених витрат для системи кондиціонування повітря.

### 3.3. Визначення теплостійкості огорожуючих конструкцій

#### 3.3.1. Теоретичні положення теплостійкості огорожень для холодильного модуля

В природних умовах режим теплопередачі через огороження завжди є нестационарним. Температура зовнішнього повітря, інтенсивність сонячного радіації, сила і напрямок вітру безупинно змінюються. Температура всередині приміщення також змінюється в наслідок зміни зовнішніх параметрів. Тому, для правильного розрахунку теплового режиму процес передачі тепла через огороження необхідно розглядати як нестационарний.

Найбільш холодні і жаркі періоди року відзначені особливо різкими змінами температури і сонячного радіації. Ці періоди найбільшого охолодження і найбільшого нагрівання при проектуванні огорожень і камерного холодильного устаткування є розрахунковими, тому основні теплотехнічні розрахунки повинні виконуватися з урахуванням нестационарних умов.

Теплостійкість огорожуючих конструкцій визначається властивістю огорожень зберігати відносну сталість температури всередині приміщення при періодичній зміні теплонадходжень.

Розглянемо аналітичне рішення задачі про передачу температурних коливань через багат шарове огороження.

Постановка задачі така:

температура зовнішнього середовища змінюється, змінюючи гармонійні коливання з періодом  $T$  і амплітудою  $A_n$  біля середньої температури  $t_o$ . Температура внутрішнього середовища незмінна  $t_b$ . Задані коефіцієнти теплообміну на поверхнях  $\alpha_b$  і  $\alpha_z$ , теплофізичні характеристики  $\lambda$ ,  $C_p$  і товщини  $\delta$  матеріальних шарів огорожень (рис.3).

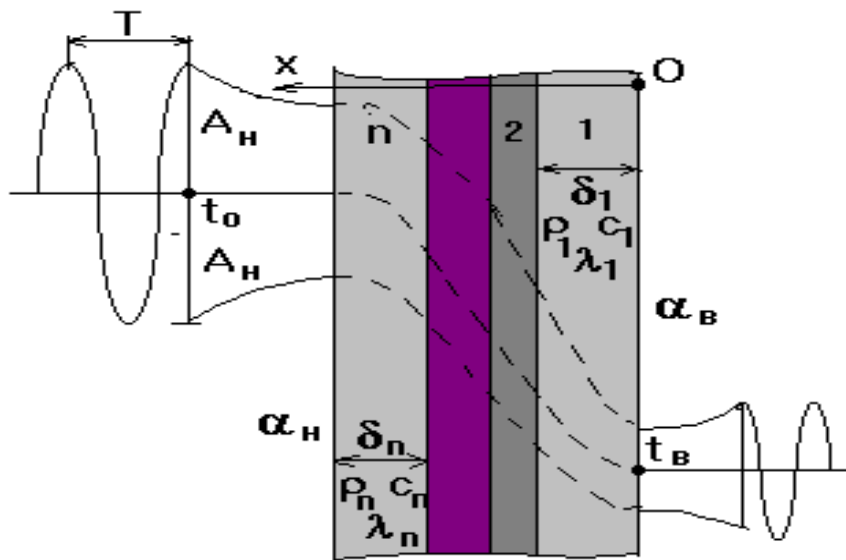


Рис.3 Теплопередача через багат шарове огородження

У межах кожного матеріального шару стіни справедливі рівняння Фур'є

$$c_i \rho_i \frac{\partial t_i}{\partial \tau} = \lambda_i \frac{\partial^2 t_i}{\partial x^2} \quad (3.16)$$

На внутрішній і зовнішній поверхнях огородження мають місце умови третього роду

$$\alpha_A (t_A - t_1) = -\lambda_1 \frac{\partial t_1}{\partial x} \quad (3.17)$$

$$\alpha_n (t_n - t_n) = -\lambda_n \frac{\partial t_n}{\partial x} \quad (3.18)$$

індекс 1 відповідає першому шару з боку приміщення; індекс n - зовнішньому (останньому шару). На стику між матеріальними шарами теплові потоки і температури рівні (умови IV роду).

$$t_i = t_{i+1} \quad (3.19)$$

$$\lambda_i \frac{\partial t_i}{\partial x} = \lambda_{i+1} \frac{\partial t_{i+1}}{\partial x} .$$

Завдання полягає у визначенні гасіння коливань температури в товщі і на поверхнях огороження. Диференціальні рівняння теплопровідності (13) вирішуються методом розділу перемінних .

$$t_i(x, \tau) = X(x) T(\tau) \quad (3.20)$$

Підстановка дає

$$\frac{1}{a_i} \frac{T'(\tau)}{T(\tau)} = \frac{X''(x)}{X(x)} \quad \left( a_i = \frac{\lambda_i}{c_i \rho_i} \right) \quad (3.21)$$

оскільки ліва частина (3.21) є функцією тільки змінне  $\tau$  , а права - змінне  $x$ , то це можливо тільки якщо кожна з цих частин є постійною величиною, тобто

$$\frac{1}{a_i} \frac{T'(\tau)}{T(\tau)} = \frac{X''(x)}{X(x)} = -\psi^2 \text{ (const)} \quad (3.22)$$

або 
$$T'(\tau) + a_i \psi^2 T(\tau) = 0 \quad (3.23)$$

$$X''(x) + \psi^2 X(x) = 0 \quad (3.24)$$

Рішенням рівняння(20) є

$$T(\tau) = \exp(a_i \psi^2 \tau) \quad (3.25)$$

Постійна  $\psi^2$  повинна бути обрана так, щоб шукана залежність  $T(\tau)$  була б періодичною функцією часу, тому

$$\psi^2 = \frac{i\omega}{a_i} , \quad (3.26)$$

причому період коливань температурного поля всередині огороження повинен дорівнювати періоду  $T$  коливань зовнішнього середовища, тобто

$$\omega = \frac{2\pi}{T}, \quad i \quad \psi^2 = \frac{2\pi i}{a_i T}. \quad (3.27)$$

Рішення рівняння (20) мають вигляд :

$$X(x) = C_1 \operatorname{ch} \psi x + C_2 \operatorname{sh} \psi x \quad . \quad (3.28)$$

Постійні  $C_1$  і  $C_2$  для кожного шару знайдемо з граничних умов. Таким чином, розподіл температури по товщині кожного шару-

$$t_i(x, \tau) = (C_1 \operatorname{ch} \psi x + C_2 \operatorname{sh} \psi x) \exp(a_i \psi^2 \tau), \quad (3.29)$$

а тепловий потік -

$$-q(x, \tau) = \lambda_i \frac{\partial t_i}{\partial x} = S \sqrt{i} \cdot (C_1 \operatorname{sh} \psi x + C_2 \operatorname{ch} \psi x) \exp(a_i \psi^2 \tau), \quad (3.30)$$

тут

$$S_i = \sqrt{\frac{2\pi c_i \rho_i \lambda_i}{T}}. \quad (3.31)$$

Величина  $S$  називається коефіцієнтом теплосвоєння шару матеріала.

Прийнявши  $x = 0$  на внутрішній поверхні огороження, одержимо

$$t_1(0, \tau) = C_1 \exp(a_1 \psi^2 \tau), \quad (3.32)$$

де  $C_1$  є амплітуда коливань температури на внутрішній поверхні огороження тобто

$$t_1(0, \tau) = A_{t1} \exp\left(\frac{2\pi i}{T} \tau\right), \quad (3.33)$$

якщо за початковий момент прийняти час максимуму температури в перетині  $x=0$ . Тепловий потік на внутрішній поверхні  $x = 0$  дорівнює

$$q_i(0, \tau) = S \sqrt{i} C_2 \exp\left(\frac{2\pi i}{T} \tau\right), \quad (3.34)$$

тут множник  $A_{q1} = C_2 S \sqrt{i}$  - відповідає амплітуді коливання теплового потоку з урахуванням початкової фази. Не обмежуючи загальності міркувань можна прийняти для температури внутрішнього середовища  $t_{\pi} = 0$ , тоді умова (3.34) запишеться у вигляді

$$q_1(0, \tau) = \alpha_{\%0} t_1(0, \tau). \quad (3.35)$$

Звідси випливає, що

$$q_1(0, \tau) / t_1(0, \tau), \quad (3.36)$$

тобто відношення  $q_1 / t_1$  при  $x = 0$  є постійна величина, рівна дійсному числу  $\alpha_{\%}$  - коефіцієнту теплообміну, а тому коефіцієнт  $\alpha_{\%}$  дорівнює також і відношенню амплітуд

$$\alpha_{\%} = A_{q1} / A_{t1}. \quad (3.37)$$

При теплообміні на внутрішній поверхні бувають задані не температури або теплові потоки, а відношення цих величин. У цих випадках вводиться показник-коефіцієнт теплосвоєння поверхні  $Y$ . У загальному випадку його величина дорівнює

$$Y(x, \tau) = q(x, \tau) / t(x, \tau). \quad (3.38)$$

Величина  $Y(x, \tau)$ , так само як  $q$  і  $t$  є комплексною, а модуль  $|Y|$  дорівнює

$$Y_M = |Y| = A_{qi} / A_{ti}, \quad (3.39)$$

і аргумент  $\arg(Y) = \varepsilon$  - випередженню по фазі тепловим потоком  $\varepsilon_q$  температури  $\varepsilon_t$  у перетині  $x$   $\varepsilon(x) = \varepsilon_q(x) - \varepsilon_t(x)$

Для внутрішньої поверхні при  $x = 0$

$$Y_M(0) = \alpha_B, \quad \varepsilon(0) = 0 \quad (3.40)$$

Користуючись виразами (3.38) і (3.39), можна записати для першого шару

$$Y(x) = S\sqrt{i} \frac{sh\psi x + \frac{C_2}{C_1} ch\psi x}{ch\psi x + \frac{C_2}{C_1} sh\psi x} = S_1\sqrt{i} \frac{thS_1R\sqrt{i} + \frac{Y(0)}{S_1\sqrt{i}}}{1 + \frac{Y(0)}{S_1\sqrt{i}} thS_1R\sqrt{i}}, \quad (3.41)$$

тут зроблена заміна  $\psi = S_1R\sqrt{i}$ , де  $R$  - термічний опір  $R_1 = \frac{x}{\lambda_1}$  матеріалу першого шару товщиною  $x$ .

У подальших розрахунках зручною характеристикою розглянутого процесу теплопередачі є так називаний показник гасіння температурних коливань  $\nu(x)$ . Його величина показує, у скільки разів згасають температурні коливання, пройшовши шар матеріалу від перетину  $x$  до  $x = 0$  (у першому шарі). Відношення  $\nu(x)$  дорівнює

$$\nu(x) = \frac{t(x, \tau)}{t(0, \tau)} = ch\psi x + \frac{Y(0)}{S_1\sqrt{i}} sh\psi x, \quad (3.42)$$

або 
$$\nu(x) = \exp(S_1R_1\sqrt{i}) \cdot \frac{S_1\sqrt{i} + Y(0)}{S_1\sqrt{i} + Y(x)} \quad (3.43)$$

Для визначення  $Y(x)$  і  $v(x)$  у довільному перетині  $x$  першого шару, як видно з (3.42) і (3.43), необхідно задати лише одну граничну умову у вигляді коефіцієнта теплосасвоєння  $Y(0)$  на границі  $x=0$ . За допомогою рівняння (3.41), можна визначити коефіцієнт теплосасвоєння  $Y_1$  на поверхні першого шару, що граничить із другим шаром. Приймавши  $Y_1$  як граничну умову для другого шару, можна розрахувати коефіцієнт теплосасвоєння  $Y_2$  по (3.42) і згасання коливань  $v_2$  по (3.43) на границі із шаром 3. Переходячи в такий спосіб від шару до шару, можна зробити розрахунок для останнього шару, що закінчується зовнішньою поверхнею огороження.

Величини  $Y_i$  і  $v_i$  для всіх шарів, у тому числі й останнього, як видно з приведених міркувань, залежать тільки від однієї граничної умови  $Y(0)$  на внутрішній поверхні огороження і від їх теплофізичних властивостей. Формули (3.42) і (3.43) можна записати в загальному вигляді для довільного шару  $k$ , якому передуює шар  $k-1$  (відлік шарів починається від внутрішньої поверхні багатшарового огороження)

$$Y_k = \frac{S_k \sqrt{i} + Y_{k-1}}{1 + \frac{Y_{k-1}}{S_k \sqrt{i}}}, \quad (3.44)$$

$$v_k = \exp(S_k R_k \sqrt{i}) \cdot \frac{S_k \sqrt{i} + Y_{k-1}}{S_k \sqrt{i} + Y_k}. \quad (3.45)$$

Для визначення показника гасіння температурних коливань  $v_n$  при переході від зовнішнього повітря до зовнішньої поверхні огороження можна скористатися граничною умовою і коефіцієнтом теплосасвоєння  $Y_n$  на зовнішній поверхні

$$\alpha_3 \cdot (t_3 - t_n) = q_3, \quad (3.46)$$

$$Y_{\zeta} = \frac{q_{\zeta}}{t_n} = \alpha_{\zeta} \left( \frac{t_{\zeta}}{t_n} - 1 \right) = \alpha_{\zeta} (\zeta - 1) \quad (3.47)$$

$$\zeta = \frac{t_{\zeta}}{t_n} = 1 + \frac{Y_{\zeta}}{\alpha_{\zeta}} \quad (3.48)$$

Гасіння коливань у всій товщі багатошарового огородження  $v$  визначається як добуток згасань в окремих шарах і при переході від зовнішнього повітря до поверхні:

$$v = \prod_{k=1}^n v_n v_k \quad (3.49)$$

Таким чином, маючи за умовами задачі дані про коливання температури зовнішнього середовища, коефіцієнти теплообміну  $\alpha_3$  і  $\alpha_b$  і всі характеристики самого огородження, за допомогою коефіцієнтів гасіння можна розрахувати зміни температури в будь-якому шарі огородження.

Отримані аналітичні залежності не є громіздкими, але для їхнього застосування в інженерній практиці необхідно використовувати властивості аналітичних функцій комплексного перемінного.



Рис. 4 Графік зміни модуля ( 1) і аргументу (2) функції  $\text{th}(R S \sqrt{i})$  і наближена залежність (3), в інженерному методі.

На практиці при дослідженні теплостійкості багат шарових огорожувачих конструкцій користуються наближеними методами, що значно спрощують процедуру розрахунків. Наближені формули для визначення теплосвоєння  $Y_n$  базуються на наступних наближеннях для модуля й аргументу функції  $\text{th}(RS\sqrt{i})$ . На рис. 4 приведені значення модуля й аргументу функції  $\text{th}(RS\sqrt{i})$ .

З рис. 4 видно, що при  $RS < 1$  модуль функції приблизно дорівнює  $RS$ :

$$\text{mod}(\text{th}(RS\sqrt{i})) \approx RS, \quad RS < 1. \quad (3.50)$$

При  $RS > 1$  модуль функції близький до 1  
 $\text{mod}(\text{th}(RS\sqrt{i})) \approx 1$

В той же час значення самої функції стає близьким до одиниці (модуль - 1.0, аргумент - 0) тільки при значеннях  $RS > 3$ . У наближених формулах  $S$  і  $Y$  вважаються дійсними числами, рівними відношенню амплітуд відповідних теплових потоків і температур. Якщо прийняти ці допущення, то при  $R_k S_k < 1$  формула може бути перетворена в наступну

$$Y_k = \frac{S_k^2 R_k + Y_{k-1}}{1 + Y_{k-1} R_k}. \quad (3.51)$$

Шари матеріалу з тепловою інерцією огорожувачої конструкції  $D$ ,

$D_k = R_k S_k < 1$  називаються «тонкими».

Для «товстих» шарів  $D_k = R_k S_k > 1$  подібне перетворення дає

$$Y_n = S_n \quad (3.52)$$

Найбільшу помилку наближена формула (48) дає при визначенні  $U$  для внутрішнього шару огороження. Однак у більшості випадків наближені формули мають точність, достатню для інженерних розрахунків.

### 3.4.. Інженерний метод розрахунку теплостійкості огорожень

Інженерний метод розрахунку теплостійкості огорожень базується на тих теоретичних положеннях, що викладені в попередньому підрозділі.

Приведемо тут основні формули розрахунку теплостійкості огорожень, що широко застосовуються в інженерній практиці будівельної теплофізики [3,11].

Амплітуду коливань температури внутрішньої поверхні огорожуючих конструкцій  $A_t$ , °С, визначають за формулою

$$A_t = \frac{A_t^{дог}}{\nu}, \quad (3.53)$$

де

$A_t^{дог}$  - розрахункова амплітуда коливань температури зовнішнього повітря, °С;

$\nu$  - величина показника гасіння розрахункової амплітуди коливань температури зовнішнього повітря  $A_t^{роз}$  в огороженні.

Розрахункову амплітуду коливань зовнішнього повітря  $A_t^{роз}$  визначають за формулою

$$A_t^{роз} = 0,5 A_t + \frac{P \cdot (I_{max} - I_{cp})}{\alpha_3}, \quad (3.54)$$

де  $A_t$  - максимальна амплітуда добових коливань температури зовнішнього повітря в найспекотніший місяць року, °С ;

$P$  - коефіцієнт поглинання сонячного радіації матеріалом зовнішньої огорожуючої поверхні ;

$I_{max}$ ,  $I_{cp}$  - відповідно максимальне і середнє значення сумарного сонячного радіації для зовнішніх поверхонь огороження, Вт / м<sup>2</sup> ;

$\alpha_3$  - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої огорожуючої

конструкції, Вт / (м<sup>2</sup> К).

Величину гасіння розрахункової амплітуди коливань температури зовнішнього повітря  $v$  огорожуючої конструкції, визначають за формулою

$$v = 0,9 \exp\left(\frac{D}{\sqrt{2}}\right) \frac{(s_1 + \alpha_B)(s_2 + Y_1) \dots (s_n + Y_{n-1})(\alpha_3 + Y_n)}{(s_1 + Y_1)(s_2 + Y_2) \dots (s_n + Y_n) \alpha_3}, \quad (3.55)$$

$D$  - теплова інерція огорожуючої конструкції, визначена за формулою

$$D = \sum R_k \cdot s_k$$

( $R_k = \frac{\delta_k}{\lambda_k}$  - термічний опір  $k$ -го шару огороження);

$s_k = 0,51 \sqrt{c_k \rho_k \lambda_k}$  - коефіцієнти теплозасвоєння матеріалу окремих шарів огорожуючої конструкції, Вт / (м<sup>2</sup> К);

$Y_k$  - коефіцієнти теплозасвоєння зовнішньої поверхні окремих шарів огорожуючої конструкції, Вт / (м<sup>2</sup> К).

Порядок нумерації шарів у формулі (52) прийнятий в напрямку від внутрішньої поверхні до зовнішньої.

Для визначення коефіцієнту теплозасвоєння  $Y_k$  зовнішніх поверхонь окремих шарів заздалегідь обчислюють теплову інерцію

$D_k = R_k \cdot s_k$  кожного шару.

Коефіцієнт теплозасвоєння зовнішньої поверхні шару  $Y_k$  з тепловою інерцією  $D_k \geq 1$  слід приймати рівним коефіцієнту теплозасвоєння  $s_k$  матеріалу цього шару конструкції, тобто  $Y_k = s_k$ .

Коефіцієнт теплозасвоєння зовнішньої поверхні шару  $Y_k$  з тепловою інерцією  $D_k < 1$  визначають розрахунком, починаючи з першого шару рахуючи від внутрішньої поверхні багатшарової конструкції, за формулами:

а) для першого шару:

$$Y_1 = \frac{R_1 s_1^2 + \alpha_B}{1 + R_1 \alpha_B}. \quad (3.56)$$

б) для  $k$ -го шару:

$$Y_k = \frac{R_k s_k^2 + Y_{k-1}}{1 + R_k Y_{k-1}} \cdot \quad (3.57)$$

При комплексній оптимізації системи кондиціонування повітря для огорожуючих конструкцій з економічно-доцільною товщиною термоізоляції необхідно визначити теплостійкість по відношенню до значних коливань температур зовнішнього середовища.

## 4 РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСІВ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ БОМБОСХОВИЩА

Місце розташування об'єкта: місто Одеса

Найменування об'єкта: бомбосховища реабілітаційного центру при реабілітаційні центри

Розрахункові літні параметри повітря категоріє Б:

Барометричний тиск -  $P = 1010$  мм.рт.ст.овпа.

Ентальпія зовнішнього повітря -  $h = 62$  кДж/кг.

Температура зовнішнього повітря –  $t = 28,6^{\circ}\text{C}$ .

Розрахункова швидкість вітру –  $1$  м/с.

Розрахункові параметри повітря в приміщенні:

Температура повітря в приміщенні влітку –  $t_{\text{в}} = 23^{\circ}\text{C}$ .

Температура повітря в приміщенні взимку –  $t_{\text{в}} = 21^{\circ}\text{C}$

Відносна вологість повітря в приміщенні влітку –  $\varphi_{\text{в}} = 50\%$ .

Відносна вологість повітря в приміщенні взимку –  $\varphi_{\text{в}} = 50\%$ .

Розглянутий об'єкт являє собою двоповерховий будинок сучасное будівлі, що складає із чистих приміщень та амбулаторних плат на 1 поверсі палат лікарняних на 2 поверсі , дахове приміщення та басейну окемо розташованого в підвірря ,

Конструктивне оформлення стін вирішує акустичну проблему

Бомбосховище розділене на чотири зали .( рас.1) : 2-з ліжками ; 2 – конференц зал .

### 3.1 Вибір розрахункових параметрів внутрішнього й зовнішнього повітря

Системи кондиціонування повітря комфортного призначення розраховуються на підтримку параметрів повітря, оптимальних для самопочуття людей. Параметри визначаються умовами тепло- і вологообміна, які у свою чергу залежать від конституції людини, стану його здоров'я, характеру виконуваної роботи, нервової напруги, одягу, а також від температури, вологості й швидкості руху навколишнього повітря. Нормами регламентовані значення оптимальних параметрів повітря для різних виробничих, суспільних і житлових приміщень.

Керуючись нормами проектування, приймаю наступні значення температури, відносній вологості й швидкості руху повітря в приміщенні [9]:

теплий період року –  $t_{в} = 23 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $\varphi_{в} = 50 \%$ ;  $\omega = 0,3 \text{ м/с}$

холодний період року -  $t_{в} = 21 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $\varphi_{в} = 50 \%$ ;  $\omega = 0,2 \text{ м/с}$

Вибір розрахункових параметрів зовнішнього повітря визначається кліматичними умовами місцевості й призначенням СКП за ДБН-2016

У випадку, параметри зовнішнього повітря, повинні відповідати класу [Б]. Керуючись [3], приймаю наступні параметри зовнішнього повітря:

теплий період року –  $t_{н} = 28,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $h_{н} = 62 \text{ кДж/кг}$ ;

холодний період року -  $t_{в} = -18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $h_{в} = -18 \text{ кДж/кг}$ ;

**Особливість розрахунку бомбосховища :** враховуємо теплоприприви через огороження без впливу сонячного радіації так як сховище розташоване в підвалі .

### 3.2 Розрахунок теплопритоків і вологопритоків до повітря, що вентилює.

#### 3.2.1 Теплий період року.

$$\kappa_{кр} = \left( \frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{н}} \right)^{-1}, \text{ Вт/(м}^2\text{К)}, \quad (4.2)$$

$$\kappa_{кр} = \left( \frac{1}{8} + \frac{0,02}{0,18} + 3 \cdot \frac{0,01}{0,17} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,12}{0,05} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{1}{23} \right)^{-1} = 0,335 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}.$$

Вибираємо коефіцієнт теплосвоєння матеріалу  $S$  шаруючи на границі поділу з [2]. Потім розраховуємо опір  $R$ , теплову інерцію шаруючи огороження  $D$ , теплову інерцію огороження  $\Sigma D$  по формулах наведеним нижче:

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}, \quad (4.3)$$

де  $\delta$ - товщина шаруючи огороження;

$\lambda$ - теплопровідність матеріалу шаруючи.

$$D = R \cdot S \quad (4.4)$$

Визначаємо необхідну товщину термоізоляції:

Стіни виконані з залізобетону ( $\delta_{\text{пн}} = 700$  мм), покритого із двох сторін цементною штукатуркою ( $\delta_{\text{шт}} = 20$  мм);

Коефіцієнти теплопровідності матеріалів:

штукатурка  $\lambda = 0,8$  Вт/(м · К);

залізобетон  $\lambda = 2,04$  Вт/(м · К);

Коефіцієнт теплопередачі для стін:

$$k_{\text{ст}} = \left( \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \right)^{-1}, \quad (4.1)$$

де  $\alpha_{\text{вн}} = 7$  Вт/(м<sup>2</sup>К) - коефіцієнт тепловіддачі від внутрішнього поверхні стіни до повітря в приміщенні;

$\delta_i$  и  $\lambda_i$  - товщина й теплопровідність і шару огороження;

$\alpha_{\text{н}} = 23$  Вт/(м<sup>2</sup>К) - коефіцієнт тепловіддачі із зовнішнього поверхні стіни.

$$k_{\text{пер}} = \left( \frac{1}{8} + \frac{0,8}{2,04} + 2 \frac{0,02}{0,8} + \frac{0,12}{0,05} + \frac{1}{8} \right)^{-1} = 0,337 \text{ (Вт/м}^2\text{К)} \quad (4.2)$$

Стіни виконані з пінобетону ( $\delta_{\text{пн}} = 400$  мм), покритого із двох сторін цементною штукатуркою ( $\delta_{\text{шт}} = 20$  мм);

Коефіцієнти теплопровідності матеріалів:

штукатурка  $\lambda = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

пінобетон  $\lambda = 0,15 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

Тоді для стін коефіцієнт теплопередачі:

$$\kappa_{ст} = \left( \frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{н}} \right)^{-1}, \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}), \quad (4.3)$$

де  $\alpha_{вн} = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$  - коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні стіни до повітря в приміщенні;

$\delta_i$  и  $\lambda_i$  - товщина й теплопровідність  $i$ -го шару огороження;

$\alpha_{н} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$  - коефіцієнт тепловіддачі із зовнішньої поверхні стіни.

$$\kappa_{ст} = \left( \frac{1}{8} + \frac{0,4}{0,15} + 2 \cdot \frac{0,02}{0,7} + \frac{1}{8} \right)^{-1} = 0,361 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}).$$

<b>Теплоприток через огородження</b>						
<b>Приміщення</b>			<b>№1</b>	<b>№2</b>	<b>№3</b>	<b>№4</b>
Зовнішня температура повітря	$t_n$	°C	28,6	28,6	28,6	28,6
Розрахункова температура повітря в прим.	$t_v$	°C	23	23	23	23
Амплітуда добових коливань температ.	$\Delta t_c$	°C	8,80	8,80	8,80	8,80
Коеф. для обліку умов вент. покриття	$k_1$		1,5	1,5	1,5	1,5
Коеф. теплвід. від зовнішньої пов. огр. до пов.	$\alpha_n$	Вт/м <sup>2</sup> К	23,3	23,3	23,3	23,3
Коеф. теплвід. от внутр. пов. огр. до пов.	$\alpha_{вн}$	Вт/м <sup>2</sup> К	8	8	8	8
<b>Розрахунок</b>						
Коеф. теплопередачі зовнішньої стіни	$K_{ст}$	Вт/м <sup>2</sup> К	0,61	0,61	0,61	0,61
Теплоприток через стіну	$Q_{ст}$	Вт	0	0	0	0
<b>Теплоприток через стіни</b>						
Площа перегородки	$F_p$	м <sup>2</sup>	50,4	50,4	32,4	32,4
<b>Розрахунок</b>						
Температура перегородок	$t_{пер}$	°C	25,8	25,8	25,8	25,8
Коефіцієнт теплопередачі перегородок	$k$	Вт/м <sup>2</sup> К	0,37	0,37	0,37	0,37
Теплоприток через внутрішні перегородки	$Q_{пер}$	Вт	52,21	52,2144	33,57	33,57
<b>Теплоприток через огородження</b>						
Площа покрівлі	$F_{кр}$	м	75,6	75,6	48,6	48,6
Коеф. що характеризує конструкцію даху	$m$		1,5	1,5	1,5	1,5
Умовний температурний напір	$\theta_{кр}$		11,6	11,6	11,6	11,6
<b>Розрахунок</b>						
Коефіцієнт теплопередачі покрівлі	$K_{кр}$	Вт/мК	1,2	1,2	1,2	1,2
Теплоприток через покрівлю	$Q_{кр}$	Вт/мК	1579	1578,53	1015	1015
<b>Теплопритоки від огорожі</b>						
	$Q_{огор}$	Вт	1631	1630,74	1048	1048

Рис 4.1 . Розрахунок тепло припливів через огородження

#### 4.2. 1. Розрахунок теплопритоків від різних джерел у бомбосховищі

теплопритоків від людей

$$Q_{л} = n \cdot q_{л}, \text{ Вт}, \quad (3.6)$$

де  $n$  - число людей, що перебувають у приміщенні;

$q_{л}$  – теплопритоки від однієї людини, Вт.

$$Q_{л} = 40 \cdot 100 + 5 \cdot 100 \cdot 0.85 = 4004.5 \text{ Вт}, \quad (4.7)$$

#### 3.2. Розрахунок теплопритоків від різних джерел від висвітлення

$$Q_{oc} = \beta \cdot F_n \cdot n, \text{ Вт} \quad (4.8)$$

де  $\beta$ - коефіцієнт обліку частки тепла;

$F_n$  – площа підлоги, м<sup>2</sup>;

$n$  - відсоток освітленості.

$$Q=16.8*4.5*0.6*8= 5627 \text{ Вт}$$

*Розрахунок теплоприпливів від устаткування*

Кількість теплоти, яка виділяється механічним устаткуванням, визначається за формулою:

$$Q_{об} = k_{од} \cdot k_{загр} \cdot \xi \sum_{i=1}^n N_y, \text{ Вт} \quad (4.8)$$

де

$k_{од} = 0,8$  – коефіцієнт одночасності;

$k_{загр} = 0,4$  – коефіцієнт навантаження, що характеризує відношення дійсної потужності до номінальної або встановленої;

$\sum N_y = 2000$  – номінальна потужність, [Вт];

$\xi = 0,5$  – витрачена частина потужності і теплоти, яка приймається:

$$Q_{об} = 0,8 \cdot 0,4 \cdot 0,5 \cdot 2000 = 320 \text{ Вт}$$

Данні тепловиділення  $Q_{об}$  розраховуємо тільки для приміщення №2.

Теплопритоки від різних джерел						
<b>Тепловиділення від людей</b>						
Кількість людей в приміщенні чоловік	n	чел	40	40	30	30
Кількість людей в приміщенні жінок	n	чел	5	5	5	5
Кількість тепла виділяє 1 чол.	q <sub>л</sub>	Вт	100	204	204	204
Робота середньої тяжкості						
<b>Розрахунок</b>						
Тепловиділення (середньої тяжкості)	Q <sub>л</sub>	Вт	4004,25	8164,25	6124,25	6124,25
<b>Тепловиділення від механічних приладів</b>						
Коеф. одночасн. роботи електродвиг.	Код		0,8	0,8	0,8	0,8
Номінальна потужність двигуна	N	кВт	0,9	0,3	3,2	2,5
Кількість обладнання	γ		2	2	2	2
Коеф.	ξ		0,8	0,8	0,8	0,8
Коеф. завантаження електродвигуна	К <sub>зав</sub>		0,7	0,7	0,7	0,7
<b>Розрахунок</b>						
Теплопритоки від обладнання		Вт	806,4	268,8	2867,2	2240
<b>Теплопритоки від штучного освітлення</b>						
Коеф. освітлення	К <sub>осв</sub>		0,6	0,6	0,4	0,4
Коеф. обліку частки тепла	Вт/м <sup>2</sup>		18	18	18	18
Площа стелі	м <sup>2</sup>		75,6	75,6	48,6	48,6
<b>Розрахунок</b>						
Теплопритоки від штучного освітлення	Q <sub>осв</sub>	Вт	816,48	816,48	349,92	349,92
<b>Сумарні теплопритоки від р.д</b>						
	Q <sub>сум</sub> <sup>р.д</sup>	Вт	5627,13	9249,53	9341,37	8714,17

Рис 11. Розрахунок тепло припливів від різних джерел

Визначаємо повне теплонадходження

$$Q_{\text{пол}} = Q_{\text{л}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{орг}} + Q_{\text{обл}}, \text{ Вт}, \quad (3.9)$$

### 3.3 Розрахунок вологовиділення від різних джерел

Виділення вологи від людей

$$W_{\text{л}} = n \cdot w_{\text{л}}, \text{ кг/с} \quad (4.10)$$

де n - число людей у приміщенні;

$w_{\text{л}}$  – виділення вологи від однієї людини, г/с.

$$W_{\text{л}} = 30 \cdot 0,0135 = 0,405 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}.$$

Визначаємо вологовиділення від вологого збирання

$$W_{\text{вл.з.}} = \sigma F_{\text{п}} (d''_{\text{п}} - d_{\text{п}}) \cdot 0,1, \text{ кг/с} \quad (3.11)$$

$\sigma$  - коефіцієнт вологообміна кг/(м<sup>2</sup> · с)

$$\sigma = \frac{\alpha}{c_p^B} = \frac{\alpha}{c_p^{с.в.} + c_p^п \cdot d_{cp}}, \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}) \quad (4.12)$$

$$\sigma = \frac{8}{1,006 \cdot 10^3 + 1,86 \cdot (9+18)/2} = 0,007758 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}),$$

$c_p$  – ізобарна теплоємність, [кДж/кг·К];

$d_n, d''_n$  – вологовмісту повітря в приміщенні при заданій відносній вологості й на лінії насичення.

$$W_{вл.у.} = 0,007 \cdot 75,6,4 \cdot (28 - 16) \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 = 0,76 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{с}$$

<b>Вологовиділення</b>						
<b>Вологовиділення від вологого прибирання</b>						
Вологовміст повітря в прим. насичен.	dv''	кг/кг с.в	0,028	0,028	0,028	0,028
Вологовміст повітря прим.	dv	кг/кг с.в	0,015	0,006	0,006	0,006
Площа загальної поверхні	Fзаг	м <sup>2</sup>	75,6	75,6	48,6	48,6
Коефіцієнт конвективної тепловіддачі	Alk	Вт/м <sup>2</sup> К	8	8	8	8
Теплоємність повітря	Ср	Дж/кг·К	1033	1033	1033	1033
% Загальної поверхні підлоги	%	%	0,14	0,14	0,14	0,14
<b>Розрахунок</b>						
Площа підлоги	Fпід	м <sup>2</sup>	75,6	7,56	4,86	4,86
Співвідношення Льюїса	σ		0,007744	0,007744	0,007744	0,007744
Вологовиділення від підлоги	Wпол	кг/с	0,000076	0,001288	0,000828	0,000828
<b>Вологовиділення від бака з водою</b>						
Площа бака	Fб	м <sup>2</sup>	0	0	0	0
Влаговміст повітря над пов бака	dw	кг/кг с.в	0,02710	0,02710	0,02710	0,02710
<b>Розрахунок</b>						
Вологовиділення від бака з водою	Wб	кг/с	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
<b>Сум. вологовиділення від різних джерел</b>	Wр.д.	кг/с	0,00008	0,00000	0,00000	0,00000
<b>Вологовиділення від людей</b>						
Кількість людей чоловік	n		40	40	30	30
Кількість людей жінок	n		5	5	5	5
Кількість вологи виділ 1 чол.	ql	Вт	0,000035	0,000035	0,000035	0,000035
<b>Розрахунок</b>						
Вологовиділення від людей	Wл	кг/с	0,001400	0,001400	0,001050	0,001050
<b>Сумарні вологовиділення</b>	Wпол	кг/с	<b>0,001548</b>	<b>0,002822</b>	<b>0,002074</b>	<b>0,002136</b>

Рис 4.2. Вологовиділення в бомбосховищі

Визначаю повне вологовиділення

$$W_{пол} = W_{л} + W_{вл.у.}, \text{ кг}/\text{с} \quad (4.15)$$

### 3.4 Визначаємо тепловологу характеристику

$$\varepsilon = \frac{Q_{пол}}{W_{пол}}, \text{ кДж}/\text{кг}, \quad (3.35)$$

#### 4.4. ПІДБІР СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ

Для розрахунку продуктивності систем кондиціонування повітря величина  $G_{п}$  приймається максимальною з розрахованих за різними балансами:

- за надлишками загальної теплоти в теплий період:

$$G_1 = \frac{Q_{об}}{(h_в - h_п)}, \text{ кг/с} \quad (4.16)$$

$$G_1 = \frac{7,25}{(45-40)} = 1,62 \text{ кг/с}$$

- за надлишками явної теплоти в теплий період:

$$G_2 = \frac{Q_{явн}}{(t_в - t_п) \cdot C_{вв}}, \text{ кг/с} \quad (4.17)$$

$$G_2 = \frac{1,99}{(23-18) \cdot 1,023} = 1,22 \text{ кг/с}$$

- за вологовиділеннями:

$$G_3 = \frac{W_{об}}{(d_в - d_п)}, \text{ кг/с} \quad (4.3)$$

$$G_3 = \frac{0,00059}{(9-8,5)} = 0,0422 \text{ кг/с}$$

де

$Q_{общ}$ ,  $Q_{явн}$  – повні і явні надлишки тепла в теплий період, кВт;

$t_в$ ,  $h_в$ ,  $d_в$  – температура, ентальпія і вологовміст у приміщенні, відповідно, [ $^{\circ}\text{C}$ ], [кДж/кг], кг/кг;

$t_п$ ,  $h_п$ ,  $d_п$  – те ж припливного повітря;

$W$  – надходження вологи в приміщення, кг/с;

$G_{вр}$  – розрахункова кількість газових шкідливостей, кг/год;

$C_{пдк}$  – допустима концентрація шкідливостей у робочій зоні, кг/м<sup>3</sup>;

$C_н$  – концентрація шкідливостей в зовнішньому повітрі, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_{вр}$  – щільність шкідливих речовин, кг/м<sup>3</sup>.

За максимальним значенням витрати приточного повітря визначаємо корисну продуктивність кондиціонера:

Побудова тепловлажностной характеристики і визначення масової витрати повітря						
Сумарний теплоприток	Qпр	Вт	7257,8724	10880,27	10389,704	9762,504
Сумарні вологовиділення	Wсум	кг/с	0,0005	0,00085	0,00062	0,00064
Прихований теплоприток	Qприх	Вт	1161,111	2116,534	1555,486	1601,953
Явний теплоприток	Qявн	Вт	6096,76118	8763,738	8834,2181	8160,551
Тепловологісна х-ка процесу	Eps	КДж/кг.К	15626,9965	12851,52	16698,482	15235,32

Рис13 Тепловологісна характеристика процесу

$$L_{к\delta} = \frac{3600 \cdot G_{\max}}{\rho_v}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (4.18)$$

Продуктивність систем кондиціонування повітря обумовлюється необхідною кількістю повітря, яка подається в приміщення для асиміляції шкідливостей і забезпечення заданих параметрів повітря в робочій зоні

$$G = k \cdot \Sigma G_{\max} = 19975 [\text{кг/с}] \quad (4.19)$$

де

G – витрата повітря, [кг/год];

$\Sigma G_{\max}$  – кількість припливного повітря в окреме приміщення, [кг/год];

k - коефіцієнт запасу.

За повною продуктивністю підбираємо кондиціонер.

Після вибору кондиціонера остаточно розраховуємо масову витрату припливного повітря:

$$G_{ки} = \frac{\rho_v \cdot L_{к\delta}}{3600} = 6,60, \text{ кг/с}, \quad (4.20)$$

За значеннями масової витрати надалі виконуються всі розрахунки тепломасообмінних апаратів.

Вибираємо VRF систему

<b>Масова витрата вентилязованого повітря</b>						
температура ВХІД	tв	°С	20	20	20	20
температура ВИХІД	tп	°С	15	15	15	15
ентальпія ВХІД	hн	кДж/кг	36	36	36	36
ентальпія ВИХІД	hв	кДж/кг	30	30	30	30
ологовміст повітря ВХІД	dn	кг/кг с.в.	0,0073	0,0073	0,0073	0,0073
ологовміст повітря ВИХІД	dv	кг/кг с.в.	0,0062	0,0062	0,0062	0,0062
робоча різниця температур	$\Delta t_p$	°С	5	5	5	5
аланс загальної теплоти	G1	кг/с	1,2096454	1,813379	1,7316174	1,627084
аланс явної теплоти	G2	кг/с	1,21207976	1,742294	1,7563058	1,622376
аланс вологи	G3	кг/с	0,422	0,770	0,566	0,583
<b>Іас. Витрата вент. Повітря</b>	<b>Gb</b>	кг/с	<b>1,21207976</b>	<b>1,813379</b>	<b>1,7563058</b>	<b>1,627084</b>

Рис 15 Розрахунок витрати повітря бомбосховища

Таблиця 3.2 - Підсумки розрахунків теплоприпливів

приміщення	G, кг/с
Бомбосховище 1	1,21
Бомбосховище 2	1.81
Бомбосховище 3	1,75
Бомбосховище4	1.62

#### Вибір кондиціонера

<b>Загальна мас витрата вент пов</b>	<b>Gоб</b>	кг/с	<b>6,40884833</b>
<b>Повна корисна продуктивність кондиціонера</b>	<b>Lpol</b>	м <sup>3</sup> /ч	19226,545
Коефіцієнт обліку протікання в мережі воздуховода	K		1,03
<b>Продуктивність кондиціонера з урахуванням протікання в мережі воздуховода</b>	<b>Lpol</b>	м <sup>3</sup> /ч	19803,3414
За каталогом вибираємо			
Щільність повітря			1,2
Уточнюємо масу вентилязованого повітря	<b>Gвр</b>	кг/с	<b>6,60111378</b>

Рис 4.3 Розрахунок витрати повітря для вибору кондиціонера

2 Розрахунок тепловиділень у бомбосховищі взимку

Зовнішня температура повітря  $t_n = -18^\circ\text{C}$  [3];

Ентальпія зовнішнього повітря  $h_n = -15,3$  кДж/кг [3].

$$G_x = G_T, \text{ кг/с,}$$

$$G_x = 1,21 \text{ кг/с.}$$

3.2.2.1 Розрахунок тепловиділень від конструкцій, що обгороджують

$$Q_{огр} = Q_{ст} \text{ Вт,} \quad (3.24)$$

$$Q_{ст} = k_{ст} F(t_n - t_b), \text{ Вт,} \quad (3.25)$$

де  $F_{ст}$  – площа стін,  $\text{м}^2$ ;

$k_{ст}$  – коефіцієнт теплопередачі через стіни,  $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ ;

$t_n - t_b$  – різниця температур зовнішнього повітря й повітря в приміщенні,  $^\circ\text{C}$ .

<b>Тепловтрати через огороження</b>						
<b>Тепловтрати через стіну</b>						
<b>Приміщення</b>						
			№1	№2	№3	№4
Зовнішня температура повітря	$t_n$	$^\circ\text{C}$	-18	-18	-18	-18
Розрахункова температура повітря в прим.	$t_b$	$^\circ\text{C}$	20	20	20	20
Площа стіни	$F_{ст}$	$\text{м}^2$	50,4	50,4	32,4	32,4
<b>Розрахунок</b>						
Коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни	$k_{ст}$	$\text{Вт}/\text{м}^2\text{К}$	0,7	1,7	2,7	3,7
Теплоприток через стіну	$Q_{ст}$	$\text{Вт}$	-1340,64	-3255,84	-3324,2	-4555,4
<b>Тепловтрати через перегородку</b>						
Площа перегородки	$F_{п}$	$\text{м}^2$	75,6	75,6	48,6	48,6
<b>Розрахунок</b>						
Температура в суміжному приміщенні з кондиціонером визначається по d-i діаграмі.						
З точки p проводимо пряму по $d = \text{const}$ до перетину з $j=1$ ,						
знаходимо температуру точки їх перетину - температуру точки роси, підвищуємо цю температуру на $2^\circ\text{C}$						
щоб на стінах не утворювався конденсат $t_{см} = t + 2^\circ\text{C}$						
A1						
Температура перегородок	$t_{пер}$	$^\circ\text{C}$	7	7	7	7
Коефіцієнт теплопередачі перегородок	$k_{пер}$	$\text{Вт}/\text{м}^2\text{К}$	0,37	0,37	0,37	0,37
Теплоприток через внутрішні перегородки	$Q_{пер}$	$\text{Вт}$	-363,636	-363,636	-233,77	-233,77
<b>Теплопритоки від огорожі</b>						
	$Q_{огор}$	$\text{Вт}$	<b>-1704,28</b>	<b>-3619,48</b>	<b>-3558</b>	<b>-4789,2</b>

Рис 17 Розрахунок тепло привів через огороження в ХІР

3.2 Розрахунок тепловиділень від різних джерел

Тепловиділення від людей.

$$Q_{\text{л}}^3 = Q_{\text{л}}^{\text{л}}, \text{ Вт}, \quad (3.26)$$

$$Q_{\text{л}}^3 = 12140 \text{ Вт}.$$

Тепловиділення від висвітлення

$$Q_{\text{осв}}^3 = Q_{\text{осв}}^{\text{л}}, \text{ кВт},$$

(3.27)

$$Q_{\text{осв}}^3 = 3,472 \text{ кВт}.$$

Повний теплоприплив

$$Q_{\text{пол}} = Q_{\text{л}} + Q_{\text{осв}} + 0,4Q_{\text{огр}}, \text{ Вт}, \quad (3.28)$$

Теплопритоки від різних джерел						
<b>Тепловиділення від людей</b>						
<b>Розрахунок</b>						
Тепловиділення (середньої тяжкості)	Qл	Вт	4004,25	8164,25	6124,3	6124,3
<b>Тепловиділення від механічних приладів</b>						
Коефіцієнт одночасної роботи електродвигуна	Код		0,8	0,8	0,8	0,8
Номінальна потужність двигуна	Ny	кВт	0,9	0,3	3,2	2,5
Коефіцієнт	ξ		1	1	1	1
Коефіцієнт завантаження електродвигуна	Kзав		0,8	0,8	0,8	0,8
<b>Розрахунок</b>						
Теплопритоки від обладнання	Qоб	Вт	806,4	268,8	2867,2	2240
<b>Теплопритоки від штучного освітлення</b>						
<b>Розрахунок</b>						
Теплопритоки від штучного освітлення	Qосв	Вт	816,48	816,48	349,92	349,92
<b>Теплопритоки від інфільтрації</b>						
не враховуємо.						
Повні тепловиділення	Qогр <sup>пол</sup>	Вт	4945,42	7801,74	7918,2	6798,5
Повні вологовиділення	Wпол	кг/с	0,0015	0,0028	0,0021	0,0021
<b>Тепловологісна х-ка процесу</b>						
Тепловологісна х-ка процесу	Eps	КДж/кг.К	3194,409	2764,57	3817,9	3182,9

Рис 4.8. Розрахунок теплопривіви від різних джерел в ХІР

## 5 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

На сучасному українському ринку ви користуються різноманітні теплоізоляційні матеріали, які класифікуються за такими ознаками: за видом вихідного сировини, за формою і зовнішнім видом, за структурою, за середньою густиною, за жорсткістю, за теплопровідністю, за вогнестійкістю [7]. За призначенням теплоізоляційні матеріали можна умовно розділити на кілька типів: для несучих стін і теплоізоляції; для опоряджувальних робіт; тільки для теплоізоляції. Серед теплоізоляційних матеріалів і виробів, які використовуються тільки для теплоізоляції, у вітчизняній структурі споживання найбільш поширені скляна і мінеральна вата, а також полімерні теплоізоляційні матеріали [8]. Приблизний розподіл долей найпоширеніших видів теплоізоляційних матеріалів в структурі споживання

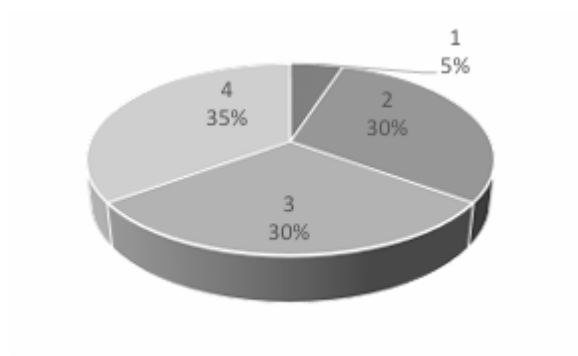


Рис.5.1. Приблизний розподіл долей різних видів теплоізоляційних матеріалів в структурі споживання 1 – інші матеріали; 2 – скляна вата; 3- мінеральна вата; 4 – пінопласти

Скляна вата – волокнистий теплоізоляційний матеріал, який виготовляють з такої ж сировини, як і скло (пісок, вапняк, сода), або з відходів скляного промислового виробництва. Утеплювач на основі скловати виготовляється у вигляді жорстких плит і м'яких рулонних матів (рис.2, а). Зв'язуючою речовиною для скляного волокна є безпечні перероблені формальдегідні смоли. Мінеральна вата – волокнистий теплоізоляційний матеріал, який виготовляється у вигляді плит, матів й інших виробів (рис.2, б)



б)



Рис.5. 2. Теплоізоляційні вироби на основі: а) скляное вати; б) мінеральное вати . Їх виробництво являє собою процес плавлення металургійних шлаків, різних видів гірських порід. При цьому найбільш якісний продукт виготовляють з базальтових гірських порід. Базальтове волокно проходить обробку смолами формальдегідів, що надає йому необхідний рівень міцності. Сучасні технології дозволяють повністю усунути вміст фенолів з матеріалу ще на етапі його виробництва. На першій стадії суспензійною полімеризацією стиролу отримують пористі полістирольні «кульки». Перед полімеризацією в мономер вводять 4-5% ізопентану або іншої легкокипучої рідини, яка надалі забезпечить пороутворення. Висушені до 2% вологості гранули полістиролу піддають попередньому спінюванню, нагріваючи до 800С.

Безпресовий пінополістирол – твердий плитний теплоізоляційний матеріал (рис.3, а), який виготовляється в кілька етапів. На першій стадії суспензійною полімеризацією стиролу отримують пористі полістирольні «кульки». Перед полімеризацією в мономер вводять 4-5% ізопентану або іншої легкокипучої рідини, яка надалі забезпечить пороутворення. Вису

шені до 2% вологості гранули полістиролу піддають попередньому спінюванню, нагріваючи до 800С. На другій стадії гранули знову сушать і витримують, а потім прес форму на 70% заповнюють гранулами і нагрівають до 100...1200С. Ізопентан знову закипає і розмір пір збільшується. Гранули збільшуються в розмірі і сплавляються, займаючи весь простір прес-форми, ущільнюючись і спікаючись в єдине ціле. Екструдований пінополістирол (рис.3, б) отримують за способом змішування гранул полістиролу при підвищеній температурі з подальшим видавлюванням з екструдера і введенням спінюючого агента. При цьому формуються надлегкі герметичні капсули, на 100% заповнені повітрям. Отримання утеплювача за способом екструзії призводить до зміни структури листа, що забезпечує екструдованому пінополістиролу більш високі показники міцності і довговічності в порівнянні з безпресовим пінополістиролом.

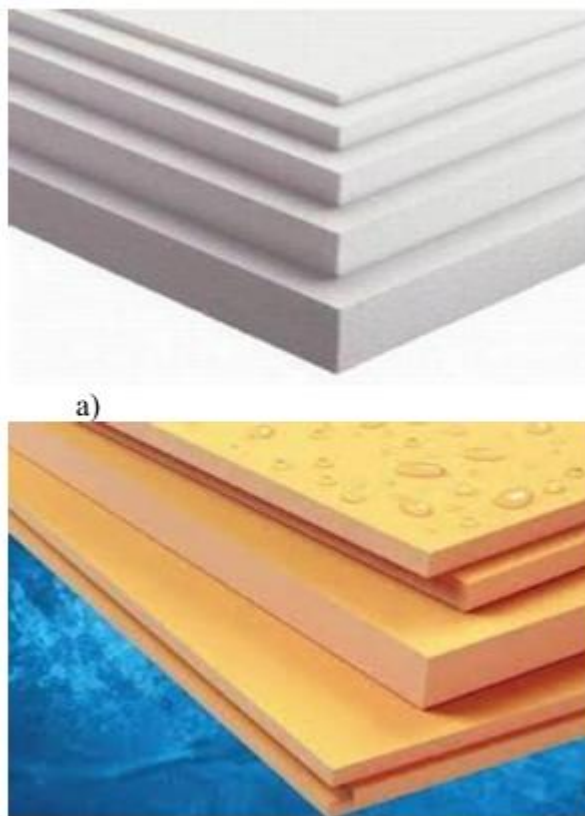


Рис. 3. Теплоізоляційні вироби з пінополістиролу: а) – безпресового; б) – екструдованого

Пінополіуретан – це неплавка термо реактивна теплоізоляційна пластмаса з ні здруватою структурою. При змішуванні двох рідких компонентів (полієфір поліол і поліізоціанат) негайно починається реакція з утворенням піни. Її або напилюють на об'єкт утеплення (рис.4), або заливають у форми для подальшого використання в твердому виді. Технологія нанесення на пилюваного пінополіуретану передбачає напилення за допомогою насоса або змішування компонентів безпосередньо на поверхнях, які утеплюються. Адгезійні властивості напилюваного пінополіуретану дозволяють наносити його практично на будь-які поверхні. Метод нанесення матеріалу рівномірним напиленням забезпечує відсутність стиків і щілин між ділянками покриття. Це підвищує теплоізоляційні властивості матеріалу, тому шар суцільного покриття не має «точок холоду», які викликають промерзання конструкції. Рис. 4. Напилюваний пінополіуретан

Зіставлення властивостей найбільш поширених різновидів теплоізоляційних матеріалів відображено на рис.5 і 6. Як показують дані, наведені на рис.5 і 6, перевагами полімерних теплоізоляційних матеріалів у порівнянні зі скловатними і мінераловатними матеріалами є нижчі показники густини і теплопровідності, отже поліпшені тепло- і звукоізолюючі властивості, а також більш високі показники міцності, менше водопоглинання і більша морозостійкість, що пояснюється за критою пористістю [9]. З іншого боку, їхніми недоліками є низька максимальна робоча температура, горючість, виділення токсичних речовин при горінні, нестійкість до деяких шкідливих зовнішніх чинників. Крім того, при зіставленні характеристик теплоізоляційних матеріалів не можна не враховувати такі важливі показники,



Рис. 4. Напилюваний пінополіуретан

Мінімальна товщина шару полімерних теплоізоляційних матеріалів становить від 10 до 12 см, в той час як скловатних і мінеральних - 15 см і більше, отже, потрібна їх більша витрата [10]

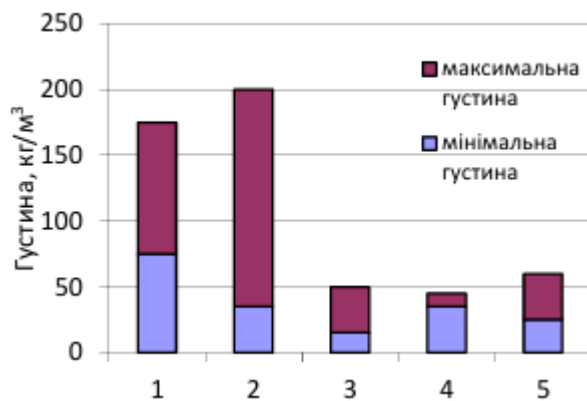


Рис. 5. Густина теплоізоляційних матеріалів: 1 – скловата; 2 – мінеральна вата; 3 – пінополістирол безпресовий; 4 – пінополістирол екструдований; 5 – пінополіуретан

На підставі узагальненого аналізу виснаведених даних проведено зіставлення переваг і недоліків, а також області застосування теплоізоляційних матеріалів на основі скловати, мінеральної вати, пінополістиролу безпресового і екструдованого, а також пінополіуретану (табл.1)

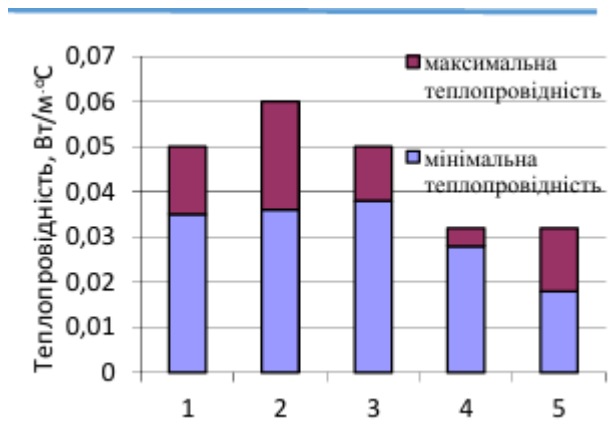


Рис.6. Теплопровідність теплоізоляційних матеріалів: 1 – скловата; 2 – мінеральна вата; 3 – пінополістирол безпресовий; 4 – пінополістирол екструдований; 5 – піно поліуретан

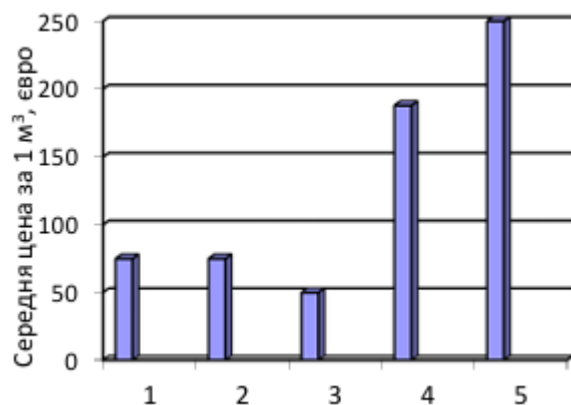


Рис.7. Вартість теплоізоляційних матеріалів: 1 – скловата; 2 – мінеральна вата; 3 – пінополістирол безпресовий; 4 – пінополістирол екструдований; 5 – пінополіуретан

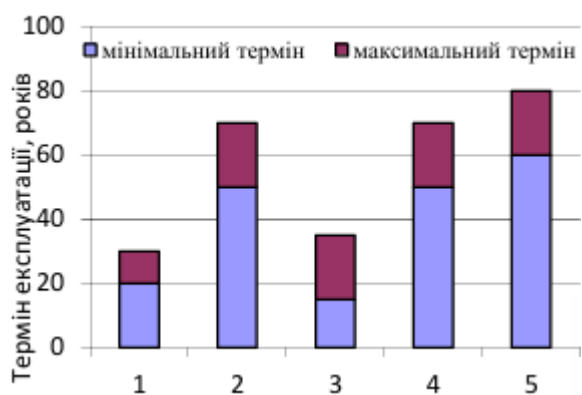


Рис.8. Термін експлуатації теплоізоляційних матеріалів: 1 – скловата; 2 – мінеральна вата; 3 – пінополістирол безпресовий; 4 – пінополістирол екструдований; 5 – пінополіуретан

Таблиця 1 – Зіставлення характеристик теплоізоляційних матеріалів

Матеріал	Переваги	Недоліки	Область застосування
Скловата	Низька теплопровідність, висока вогнестійкість. Підвищена міцність і пружність, вібростійкість, м'якість і еластичність, пожежобезпечність, низька ціна	Гігроскопічність, необхідність обережності при укладанні щоб уникнути побічних ефектів від дії волокон, більша витрата в порівнянні з полімерними ТМ, невисока довговічність	Фасади, покрівлі, перегородки та інші будівельні конструкції
Мінеральна вата	Низька теплопровідність, висока вогнестійкість. Не схильна до температурної і механічної деформації, гідрофобний і екологічно чистий продукт, пожежобезпечна. Низька ціна, висока довговічність	Не може бути стиснута без пошкодження волокон, більша витрата в порівнянні з полімерними ТМ	Фасади, покрівлі, перегородки, підвали, трубопроводи
Безпресовий пінополістирол	Дуже низька теплопровідність, легкість і простота обробки, стійкість до впливу хімічних речовин, менша витрата в порівнянні з волокнистими ТМ, низька ціна	Нестійкий до механічного впливу, горючий, деякі види в результаті горіння виділяють токсичні речовини, невисока довговічність	Фасади, стіни, перегородки, підлоги
Екструдований пінополістирол	Дуже низька теплопровідність, низьке водопоглинання, висока морозостійкість, міцність, екологічна чистота, біологічна і хімічна стійкість, менша витрата в порівнянні з волокнистими ТМ, висока довговічність	Руйнується при контакті з речовинами, що містять складні вуглеводи, підтримує горіння при постійному джерелі вогню, нестійкий до сонячного ультрафіолету, висока ціна	Стіни, плоскі і скатні покрівлі, фундаменти будівель
Напилюваний пінополіуретан	Дуже низька теплопровідність, високий рівень адгезії і вологостійкості, мінімізація рівня конденсату, відсутність щілин в товщі покриття, менша витрата в порівнянні з волокнистими ТМ, висока довговічність	Горючість, виділення токсичних речовин при горінні, висока ціна	Фасади, стіни, скатні і плоскі покрівлі, фундаменти, підвали, цокольні поверхні, з'єднання будівельних констру...

При виборі ефективного теплоізоляційного матеріалу необхідно розглядати і зіставляти в комплексі ряд характеристик, основними з яких є: кількісні показники фізичних і фізико-механічних властивостей, витрат, ціни і довговічності; якісні показники енергоефективності та екологічності. Також необхідно враховувати тип ізолюючої конструкції, вплив зовнішніх

факторів, способи захисту від негативних впливів зовнішнього середовища. Проведений комплексний порівняльний аналіз свідчить, що теплоізоляційні матеріали на основі мінеральної вати, екструдованого пінополістиролу і пінополіуретану мають безсумнівну перевагу у порівнянні з теплоізоляційними матеріалами

## 6 ОЦІНКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЕ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ НОВОЕ ТЕХНОЛОГІЕ, НОВОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ІНШИХ ІННОВАЦІЙ

В умовах відкритої ринкової економіки розширюється діапазон оцінки ефективності науково-технічних розробок, а отже, збільшується кількість основних видів ефективності НДДКР, які необхідно визначити з метою цієї оцінки. До них належать:

– **науково-технічний ефект**, який проявляється у підвищенні науково-технічного рівня, поліпшенні параметрів техніки і технологій, що впливає з відкриття нових законів та закономірностей у природі, а отже, і нових технологічних засобів виробництва речовин, матеріалів та видів продукції;

– **економічний ефект** полягає в отриманні економічних результатів від науково-технічних розробок як в цілому для народного господарства, так і для кожного виробничого суб'єкта. Економічна ефективність науково-технічних розробок за відповідною системою показників має відображати вплив ефективного результату на розвиток економіки країни в цілому, а також регіонів, галузей, організацій і підприємств, що беруть участь у реалізації технологічних нововведень;

– **соціальний ефект**, що відображає зміни умов діяльності людини в суспільстві. Його прояв спостерігається в змінах характеру та умов праці, підвищенні життєвого рівня населення, поліпшенні побутових його умов, розширенні можливостей духовного розвитку особистості, у змінах стану довкілля;

– **маркетинговий ефект**, що відображає потреби ринку в наукових дослідженнях і розробках та можливість їх реалізації.

Науково-технічну ефективність (НТЕ) результатів прикладних робіт визначають на основі показників науково-технічного рівня. Оцінка науково-технічної ефективності НДДКР відбувається на основі показника ( $O_{НТЕ}$ ), який представляє собою ступінь досягнення максимально можливого рівня, значення якого дорівнює 1 (одиниці):

$$O_{НТЕ} = K^{\Phi}_{НТЕ} / K^{\Pi}_{НТЕ} \quad , \quad (61)$$

де  $K^{\Phi}_{НТЕ}$  – показник (коефіцієнт) фактичного рівня науково-технічної ефективності;

$K_{НТЕ}^П$  – показник (коефіцієнт) потенціально можливого рівня науково-технічне ефективності (дорівнює одиниці).

Значення показника  $K_{НТЕ}^Ф$  визначають на основі шкали експертних оцінок (табл. 5.2).

Таблиця 6.1

Шкала експертних оцінок для виміру рівня науково-технічне ефективності проектів

№	Групи показників	Характеристика показників	Інтервал рейтингового числа	Коефіцієнт значущості показників
1	Науково-технічний рівень	Перевищує кращі світові аналоги	10	0,35
		Відповідає світовому рівню	7 – 9	
		Нижче кращих світових аналогів	5 – 6	
		Перевищує кращі вітчизняні аналоги	3 – 4	
		Відповідає вітчизняному рівню	1 – 2	
		Нижче вітчизняного рівня	0	
2	Перспективність	Першочергова значущість	8 – 10	0,35
		Значущий	5 – 7	
		Корисний	1 – 4	
3	Потенційний масштаб практичного використання	Світовий ринок	10	0,20
		Галузі національного економіки	7 – 9	
		Галузь (регіон)	3 – 6	
		Окремі підприємства (об'єднання)	1 – 2	
4	Ступінь вірогідності досягнення позитивних результатів	Великий	10	0,10
		Середній	5 – 9	
		Малий	1 – 4	

**Примітка:** об'єкт оцінки і аналог(и), які порівнюють за однаковими показниками, наведеними у співставленому вигляді відхилення в значеннях кожного з показників, мають бути однаковими для варіантів, що порівнюються.

**Проведення оцінки**

Визначають  $K_{НТЕ}^Ф$  на основі експертної оцінки науково-технічного рівня розробки.

З цією метою:

- розробляють перелік специфічних показників, необхідних для виміру науково-технічного рівня розробки;
- формують групу аналогів, які реалізовані на світовому і вітчизняному ринках;
- здійснюють відповідні розрахунки для співставлення показників і визначення балів по табл. 10.1.

До числа специфічних показників відносять:

- для **нового техніки**: продуктивність, споживання інженерних ресурсів на виробітку одиниці продукції, потреба в робочих, які обслуговують обладнання, експлуатаційні витрати на одиницю продукції;
- для **нових матеріалів і речовин**: вміст корисних речовин для виробітки готової продукції, питома вага відходів у загальному обсязі переробленої сировини, вартість одиниці ... нового матеріалу;
- для **нових технологій**: якість виробленої продукції, енергоємність і трудомісткість продукції, собівартість одиниці продукції.

З метою спрощення визначення  $K_{НТЕ}^{\Phi}$  у табл. 10.2 не введено показника витрат на одиницю продукції.

Таблиця 5.2

Порівняльні показники для виконання оцінки НТЕ

ПОКАЗНИКИ	Варіанти технологіє	
	розробленое	співвідносное (аналога)
Рівень новізни	світовий	-
Якість продукції	найвища	вища
Споживання на 1 т продукції		
– тепла, Гкал	5,14	6,85
– електроенергіє, кВт·годину	46,72	54,36
– води, м <sup>3</sup>	4,13	3,12
Трудомісткість виробництва, людино-годин/ тонну	17,5	6,17

На основі співставлення даних таблиці встановлюють бали по характеристиках чотирьох груп і на цій основі розраховують значення інтегрального показника НТЕ:

$$НТЕ = \sum B_i \times K_i^3, \quad (4.3)$$

де  $i = 1 \div 4$ ,

$B_i$  – бали (рейтингове число),

$K$  – коефіцієнт значущості показників.

Рівень науково-технічної ефективності НДДКР розраховано на основі наведених даних прикладу (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Експертна оцінка і розрахунок величини інтегрального показника НТЕ

№	Групи показників	Рейтинг експертів	Середня за	НТЕ
---	------------------	-------------------	------------	-----

КРМ.ХУіКП 51-03.1.4

Арк.

74

		1	2	3	експертними оцінками	
1	Науково-технічний рівень	9	8	9	8,66	3,03 (8,66 x 0,35)
2	Перспективність	7	7	6	6,66	2,33 (6,66 x 0,35)
3	Потенційний масштаб практичного використання	4	5	5	4,67	0,93 (4,67 x 0,20)
4	Ступінь вірогідності досягнення позитивних результатів	7	8	7	7,33	0,73 (7,33 x 0,10)
В С Ь О Г О						7,029

$$НТЕ = 8,66 \cdot 0,35 + 6,66 \cdot 0,35 + 4,67 \cdot 0,2 + 7,33 \cdot 0,1 = 2,91 + 2,21 + 0,93 + 0,73 = 7,029$$

Отриманий результат слід порівняти з максимально можливим значенням, яке дорівнює 10 балам ( $10 \cdot 0,35 + 10 \cdot 0,35 + 10 \cdot 0,2 + 10 \cdot 0,1$ ).

Отже, оцінка рівня НТЕ може бути зроблена за допомогою інтегрального коефіцієнта оцінки НТЕ ( $K_{НТЕ}$ ):

$$K_{НТЕ} = \frac{НТЕ}{10} \cdot 100 \% .$$

На основі даних табл. 10.3 можна дійти до висновку, що  $K_{НТЕ}$  відповідає 70,29 %, тобто:

$$\frac{7,029}{10} \cdot 100\% = 70,29 \% .$$

В тому випадку, коли значення  $K_{НТЕ}$  перевищує середнє значення, яке дорівнює 5,0, має бути зроблено висновок про достатній рівень НТЕ:

- цілком достатній 5,0 – 6,0;
- достатній 6,1 – 8,0;
- достатньо високий 8,1 – 9,0;
- високий 9,1 – 10.

Таким чином, рівень НТЕ технологіє можна визнати достатнім. Отже, розроблену технологію пропонується впроваджувати у виробництво.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці - це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і коштів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я й працездатності людини в процесі праці.

### 8.1. Характеристика об'єкта

Кондиціонування повітря при нестационарних умовах у якому перебуває велика кількість електроприладів, які одержують харчування від електричної мережі.

До системи повинне підводити харчування трьохпровідний електромережі напругою 220 У (фаза, нуль, земля). Необхідно також наявність шини заземлення для роботи електроприладів.

### 8.2. Основні шкідливі впливи

На даному об'єкті існують такі небезпечного й шкідливі для здоров'я людини впливу як поразка електричним струмом.

Токсичність застосовуваних або одержуваних речовин.

Як застосовувана речовина в системі кондиціонування використовується хладагент - фреон R410A. Температура кипіння при атмосферному тиску  $t_0 = -40,8^{\circ}\text{C}$ . R – R410A - безбарвний газ зі слабким специфічним запахом, що відчувається при зміні його в повітрі більше 20% від обсягу.

Холодильний агент R410A складається з декількох компонентів, тому при його витокі він розпадається на свої складові. Гранично допустима концентрація (П. Д. К.) пар R410A у повітрі виробничих приміщень дорівнює  $3256 \text{ мг/м}^3$

При зіткненні з гарячими металевими поверхнями з температурами  $400..550^{\circ}\text{C}$  або з відкритим полум'ям розкладається на токсичні фтористий і хлористий водень і невелику кількість фосгену. Не горить у суміші з повітрям, не запалюється й не вибухонебезпечний.

Симптоми отруєння проявляються через 30..40 хвилин, виникає головний біль, подташнівание, прискорений пульс. При влученні рідкого фреону на шкіру й в очі можливе обмороження шкіри й ушкодження очей.

Класифікація виробництва по ступені вибуховий, взривопожарной й пожежное небезпеки згідно ОНТП 24-86

Виробництво по вибухонебезпечній і пожежній небезпеці, відповідно до норм технологічного проектування ОНТП 24-86 ставиться до категоріє Д. Категорія Д - негорючі речовини й матеріали в холодному стані. Машинні й апаратні відділення фреонових установок ставляться до категоріє Д.

Будівельно-монтажні й архітектурні вимоги містять у собі: скорочення площ приміщень для встаткування систем кондиціонування повітря і ехніх елементів; естетическую вв'язування елементів систем кондиционирова - ния повітря з інтер'єром приміщень, забезпечення мінімальних витрат часу на монтаж, випробування й налагодження систем з можливістю посезонного уведення ех в експлуатацію; ув'язування робіт зі спорудження конструкціє будинків з монтажем систем кондиціонування; звуко й віброізоляцію встаткування, що рухається, від елементів будівельних конструкцій.

Основні правила безпеки при обслуговуванні холодильних агрегатів  
Ціль організаційних заходів щодо техніки безпеки на холодильних установках – створення безпечних умов праці шляхом постійного контролю за дотриманням правил монтажу, експлуатаціє й ремонту встаткування. Чисельність обслуговуючого персоналу повинна відповідати нормам, т.е не менш двох машиністів у зміну й один якщо робота не постійна в пліні доби.

До обслуговування допускаються особи старше 18 років й имеющие посвідчення про Кпалификации (незалежно від стажу й Кпалификации) допускаються до самостійное роботи після стажування не менш 1-ЦО місяця з наступною перевіркою знань.

На хладонових холодильних установках повітря з повітря видаляють через воздуховипускной вентиль конденсатора або в малих установках через ослаблену гайку, або штуцер трійника нагнітального вентиля компресора.

Обслуговуючий персонал повинен працювати в гумових рукавичках і захисних окулярах уникаючи надходження струменя повітря в очі.

*. Вимоги до приміщення.*

Приміщення повинне мати природне й штучне висвітлення.

Приміщення не повинне граничити із приміщеннями, у яких рівень шуму й вібрації перевищує припустимі значення.

Супермаркет повинен бути обладнаний системою кондиціонування повітря, опалення й приточно-витяжної вентиляцією.

*Електробезпеність.*

Відносно небезпеки поразки людей електричним струмом розрізняють приміщення без підвищеної небезпеки, з підвищеною небезпекою й особливо небезпечні. Відповідно до ПУЕ, 1-1-13 дане приміщення класифікується як без підвищеної небезпеки поразки струмом.

Согласно ПУЕ, 1-2-17 дане встаткування ставиться до електроприемникам III категорії по забезпеченню надійності електропостачання. А відносно вибухонебезпечності приміщення ставиться до класу В-Па (невибухонебезпечне), якщо воно граничить із непожароопасними приміщеннями.

Устаткування є низьковольтним, харчування елементів плати +5У, що забезпечується включенням адаптера в мережу 220В

Основною небезпекою на даному об'єкті є можливість поразки електричним струмом у мережі напругою 220В.

Влучення людини під напругу можливо, наприклад, при перегоранні ізоляції трансформатора адаптера 220/5В. Тому що плата виконана з ізольованого матеріалу, а елементи малопотужні, тобто єхне перегорання не викличе відключення захисного автомата в 10 А, та наявність відкритого

заземлення, необхідного для роботи системи, при дотику до нього зіграє негативну роль. Тому після автомата від струмів перевантаження й короткого замикання повинен стояти диференціальний автомат зі струмом витоку 30 ма, що не є небезпечним для людини. У випадку проходження струму через людину, з фазного провідника на землю, при досягненні його значення 30 ма спрацює диференціальний автомат, обесточив лінію.

При влученні під напругу у випадку поломки в самому розподільному щитку приміщення необхідно передбачити захисне заземлення, суть якого полягає в тому, що його опір у багато разів менше опору людського організму й струм, випливаючи по шляху найменшого сопроотивлення, буде стікати в землю по системі заземлення, а не через людину. Тому всі металеві частини розподільного щитка повинні бути заземлені, і опір системи заземлення не повинне перевищувати 4 Ом, згідно ПУЕ 1-7-65. Всі металеві частини встаткування повинні бути заземлені від цього ж заземлення, але тільки паралельно, а не послідовно.

Нижче приведемо розрахунок пропонованого системи заземлення.

Викопується траншея глибиною  $t_0 = 0,5$  м. На дні траншеї забиваються вертикальні заземлители із труб діаметром  $d = 0,033$  м (дюймовий прохід) і довжиною  $l = 2$  м. Відстань по прямій між забивають трубами, що,  $l' = l = 2$  м. Грунт у районі супермаркету – суглинок. Його фактичний питомий опір з діапазону табличних значень від 40 до 150 Ом\*м, - приймаємо  $c_\phi = 50$  Ом\*м.

#### *Пожежна профілактика*

Дане приміщення згідно ДБН-16 , ставиться до 1-ого ступеня вогнестійкості (найнижча безпека). У цьому випадку найбільш доцільним є гасіння пожежі вуглекислою.

Згідно ДБН у складі установки газового пожежогасіння крім розрахункового повинен бути стовідсотковий резервний запас

огнетушительного речовини. Тому загальна кількість сорокалітрових балонів приймаємо 676 штук.

### *11.7. Виробнича санітарія*

Завданням вентиляції є забезпечення чистоти повітря й заданих метеорологічних умов у виробничих приміщеннях. Вентиляція досягається видаленням забрудненого або нагрітого повітря із приміщення й подачею в нього свіжого повітря.

#### *. Долікарська допомога*

Долікарська допомога, перша допомога - це комплекс заходів, спрямованих на відновлення або збереження життя й здоров'я постраждалого, здійснюваними не медичними працівниками (взаємодопомога) або самим постражданим (самодопомога).

У цьому випадку необхідно розглядати доврачебную допомогу при поразці струмом.

При поразці електричним струмом необхідно якомога швидше звільнити потерпілого від дії струму, тому що від тривалості цієї дії залежить вага електротравми.

У першу чергу необхідно спробувати знеструмити лінію, під дією якої перебуває потерпілий, відключенням рубильника. Можна будь-яким непровідним предметом (суха дошка та інше) відкинути проведення від людини; відтягнути його від провідників за сухий одяг або попередньо одягнувши діелектричні рукавички; перекусити проведення гострозубцями з діелектричними ручками.

При поразці струмом дуже часто смерть буває клінічне ("мниме"), тому ніколи не слід відмовлятися від допомоги потерпілому й уважати його мертвим через відсутність подиху, серцебиття, пульсу. Смерть може констатувати тільки лікар, тому допомога необхідно робити до його прибуття. Якщо в потерпілого відсутнє свідомість, подих, пульс, шкірний покрив синюшний, а зіниці широкі, то можна вважати, що наступила клінічна смерть

і негайно приступати до штучного дихання по способі “з рота в рот” і зовнішнього масажу серця. Якщо потерпілий перебуває в несвідомому стані, необхідно спостерігати за його подихом й у випадку порушення подиху через западання мови висунути нижню щелепу вперед, взявшись пальцями за її кути, і підтримувати її в такому положенні, поки не припиниться западання мови.

## ВИСНОВКИ

Магістерська робота присвячена дослідженню впливу тепловологісного режиму на енергоефективність теплоізоляційних матеріалів, що застосовуються в бомбосховищі реабілітаційного центру в місті Одеса. У роботі проаналізовано сучасні теплоізоляційні матеріали, їх теплофізичні характеристики та залежність теплопровідності від вологості. Проведено дослідження особливостей формування тепловологісного режиму в приміщеннях бомбосховища реабілітаційного центру, визначено основні фактори, що впливають на зміну енергоефективності огорожувальних конструкцій. Виконано розрахунки теплових втрат через зовнішні конструкції за різних умов експлуатації та рівнів вологонакопичення в теплоізоляційному шарі.

На основі отриманих результатів здійснити порівняльну оцінку ефективності застосування різних видів теплоізоляційних матеріалів у заданих умовах. Визначено вплив зміни вологості на теплотехнічні показники конструкцій та енергоспоживання систем забезпечення мікроклімату. Розроблено рекомендації щодо вибору теплоізоляційних матеріалів і заходів для підвищення енергоефективності бомбосховищ та забезпечення нормативних параметрів мікроклімату.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів під час проектування, реконструкції та модернізації захисних споруд реабілітаційних центрів і інших об'єктів цивільного захисту

За даними досліджень розроблена модель розрахунку системи кондиціонування великих , що включає розрахунок параметрів кондиціонування повітря методом сплайнів, розрахунок повітророзподілення, фільтрації та підбір обладнання системи кондиціонування для бомбосховищ з нестандартною висотою з врахуванням теплоізоляційних конструкцій матеріалів.

2. Використовуючи данні дослідження дозволило підібрати систему кондиціонування для приміщень бомбосховищ з нестандартною висотою.

Розроблена методика може бути використана для спільного вибору агрегату припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією, інверторного кондиціонера і конструкції відповідних зовнішніх огорожень на ранній стадії проектування. При необхідності на стадії робочого проекту може бути виконаний перевірочний уточнений розрахунок, а за підсумками першого року експлуатації звірка уточненого розрахунку з витратою електроенергії за лічильником.

3. У роботі показано що для ефективного повітророзподілення застосованне повітророзподілення без застоїв зон та показані шляхи розрахунку :

- безпосереднього оцінювання на основі вимірювання реального вмісту забрудників повітря і порівняння їх з гранично допустимою концентрацією (ГДК).
- опосередкованого оцінювання на підставі контролю реального продуктивності СВ. При цьому визначають: витрати повітря у вентиляційних ґратках кухні, ванни, санвузла (ватерклозета); хімічний склад внутрішнього і зовнішнього повітря (вміст CO, CO<sub>2</sub> і O<sub>2</sub>).
- оцінювання здатності приміщень до повітрообміну, (кратності повітрообміну), визначеному за умовного перепаду тисків 50 Па у так званому “тисковому тесті”.

При виборі ефективного теплоізоляційного матеріалу підвищується енерго енергоефективність в 1,4 рази але необхідно розглядати і зіставляти в комплексі ряд характеристик, основними з яких є: кількісні показники фізичних і фізико-механічних властивостей, витрат, ціни і довговічності; якісні показники енергоефективності та екологічності. Також необхідно врахувати тип ізолюючої конструкції, вплив зовнішніх факторів, способи захисту від негативних впливів зовнішнього

середо вища. Проведений комплексний порівня льний аналіз свідчить, що теплоізоляційні матеріали на основі мінеральноє вати, екс трудованого пінополістиролу і пінополіу ретану мають безсумнівну перевагу у по рівнянні з теплоізоляційними матеріалам

6. Встановлено також, що має ефект зниження добового споживання енергіє в 1.5 рази та оцінка часу підготовки з застосуванням енергоефективних теплоізоляційних матеріалів з визначенням економічноє теплоізоляції

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЕ ЛІТЕРАТУРИ

1. Жихарєва Н.В. Інноваційні технологіє кондиціювання повітря в нестационарних умовах. Монографія Одеса, ТЕС. 2022. – 264 с.
2. Державні будівельні норми України: Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення: ДБН В.2.2.-9-99. Вид. офіц. – К.: Держбуд України, 1999. – 94 с.
3. Державні будівельні норми України: Будинки і споруди цивільное оборони: ДБН В.2.2.-5-97. – Вид. офіц. – К.: Держкоммістобудування України, 1998. – 161 с.
4. Державні будівельні норми України: Будинки та споруди дитячих дошкільних закладів: ДБН В.2.2.-4-97. – Вид. офіц. – К.: Держкоммістобудування України, 1998. – 49 с.
5. Жихарєва Н.В. Моделювання та оптимізація систем кондиціювання повітря [Текст] / Н.В.Жихарєва // –Одесса: «ТЕС», 2016. – 171 с.
6. Zhang Q. Development of typical year weather data for Chinese locations. [Tekst] // Q.Zhang, J.Huang, S. Lang / ASHRAE Transactions: Symposia, 2002, vol. 108.
7. Kogut V.. The filter on the basis of the ejector of the heat exchanger for purification of harmful substances from flue gases using heat exchanger as combustion gas filter [Tekst] / V Kogut. V.Bushmanov, N. Zhykharieva//AIP Conferenc Proceedings 2285, 030087 (2020); <https://doi.org/10.1063/5.0026819>
8. Жихарєва Н.В. Математичні аспекти термoeкономічного аналізу холодильное установки плодooвочесховища. [Текст] / Н.В. Жихарєва.// Холодильна техніка і технологія. 2014. № 2 (148). С. 11–15. .
9. Жихарєва Н.В. Підвищення ефективності активного Кондиціювання при зберіганні плодooвочевое продукціє [Текст] / Н.В. Жихарєва., М.Г.

Хмельнюк, В.І.// Наукові праці ОНАХТ – 2014. – Випуск 45. Том 1. с С. 116 –120. .

10. Жихарєва, Н.В. Оптимізація режиму роботи холодильної установки плодовоовочесховищ. / Н.В. Жихарєва, М.Г.Хмельнюк // Холодильна техника і технологія. – Одеса:ОДАХ. – 2012. – №5. - с.16-20.
11. PN – 83/B – 03430. Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania. (Dz. Norm. i Miar nr 5/1983, poz. 8). Wydanie 2. Wydawnictwo Normalizacyjne „ALFA”, 1987. - 4 с.
12. PN – 87/B – 03433. Wentylacja. Instalacje wentylacji mechanicznej wywiewnej w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych. Wymagania. (Dz. Norm. i Miar nr 2/1988, poz. 3). - Wydawnictwo Normalizacyjne „ALFA”, 1988. - 3 с.
13. Klippe J.: Zeitschrift für Sanitär-Heizung-Klima (IKZ) nr 3/80, s. 4.
14. Oetjen H.: Kälte und Klimatechnik (KKT) nr 4/80, s.146-149.
15. Wimböck G.: Technik am bau (TaB) nr 2/82, s. 133-134.
16. Kittler H.: KKT nr 9/84, s. 406.
17. Tauschenbuch für Heizung und Klimatechnik 92/93. R.Oldenbourg Verlag GmbH. – München.
18. VDI 3802 (8.12.79): RLT – Anlagen für Fertigungswerkstätten.
19. Keppler P.: Ges. – Inq. Nr 6/81, s.281-286, 327-329.
20. FTA – Fachbericht 3, 1980, Resch-Verlag, Gräfelfing/ München.
21. VDI – Bericht. 435. Tagung München 1982, VDI – Verlag, Düsseldorf.
22. Flaiq K.: VVII Int. Kongreß TGA. Berlin nr 10/88, s.44 u.a.
23. FTA – Bericht 3: Wärmerückgewinnung bei Be- und Entlüftung in Industriehallen 1980, Resch Verlag. München.
24. VDI – Bericht 435, Tagung München, 1982.
25. Schöfer E. TaB nr 9/78, s.751-755.
26. Ossadnik H. VDI Bericht nr 425 (1981), s.39-46.

27. Bach H., Dittes W.: HLN nr 8/86, s.411-418.
28. Lorenz W.: Ges.-Ing. nr 6/85, s.259-273.
29. Жуковський С.С. Кінаш О.В. Особливості енергоощадного вентилявання помешкань з щільними вікнами. Вісник НУ „Львівська політехніка” „Теорія і практика будівництва” № 496. – Львів: Видавництво НУ „ЛП”, 2005.
30. Лівчак І., Мелік-Аракемян Т. Особливості вентиляції висотних житлових будинків. /Ринок інсталяцій № 7-8/ 2004, с.11-14.
31. Жуковський С.С. Температурна ефективність загальнообмінної вентиляції /Ринок інсталяцій №7/ 2003, с. 6-8.
32. Жуковський С.С. Ефективність загальнообмінної вентиляції щодо переміщення шкідливих речовин поза межі приміщення. /Вісник НУ «Львівська політехніка» «Теорія і практика будівництва» №495. – Львів: Вид-во НУ „ЛП”, 2004. с.72-78.