

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

(повна назва інституту)

Кафедра електропостачання

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»  
УДК 621.311

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

В.А. Попов

«01» вересня 2019 р.

## Магістерська дисертація

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

спеціалізації Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології на тему: «Підвищення рівня енергоефективності енергозабезпечення об'єктів шляхом використанням вентиляційних систем та систем кондиціонування»

Виконав (-ла): студент (-ка) II курсу, групи ОН-81мп

Сорокіна Карина Ігорівна

( прізвище, ім'я по батькові)

(підпис)

Науковий керівник ст.викладач, к.т.н. Веремійчук Ю.А

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант нормоконтроль ас. Прокопенко І.Д

(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент Сорокіна К.І.

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Інститут енергозбереження та енергоменеджменту**

**Кафедра електропостачання**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Спеціалізація «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.А. Попов

«01» вересня 2019 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

**Сорокіної Карина Ігорівни**

1. Тема дисертації «Підвищення рівня енергоефективності енергозабезпечення об'єктів шляхом використанням вентиляційних систем та систем кондиціонування»  
науковий керівник дисертації ст.викладач, к.т.н. Веремійчук Ю.А.  
затверджені наказом по університету від 04.11.19 №3814-с
2. Термін подання студентом дисертації 13.12.19
3. Об'єкт дослідження процес енергозабезпечення громадських будівель з використанням вентиляційних систем.
4. Вихідні дані технічний звіт енергетичного обстеження (енергоаудиту) офісної будівлі; дані обліку енергоресурсів; літературні джерела за темою дисертації
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: проведення аналізу стану енергозабезпечення громадських будівель;

- дослідження характеристик енергоспоживання громадськими будівлями для формування критеріїв використання вентиляційної системи;
- дослідження ефективності вентиляційної системи та кондиціонування для громадських будівель;
- розробити стартап-проект за результатами дослідження.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу презентація, діаграми, графіки споживання енергоресурсів, семи установок, результати розрахунків.

7. Орієнтовний перелік публікацій Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ, 21-22 листопада 2019; Сорокіна К.І. Підвищення рівня енергоефективності енергозабезпечення об'єктів шляхом використанням вентиляційних систем та систем кондиціонування.

8. Консультанти розділів дисертації

Нормоконтроль

ас. Прокопенко І.Д.

9. Дата видачі завдання 01.09.19

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Проведення аналізу стану енергозабезпечення громадських будівель	02.09.19-30.09.19	
2	Дослідження характеристик енергоспоживання громадськими будівлями для формування критеріїв використання вентиляційної системи	01.10.19-30.10.19	
3	Дослідження ефективності вентиляційної системи та кондиціонування для громадських будівель	01.11.19-25.11.19	
4	Розробити стартап-проект за результатами дослідження	25.11.19-09.12.19	

Студент  
Науковий керівник дисертації

Сорокіна К.І.  
Веремійчук Ю.А.

## РЕФЕРАТ

**Структура і обсяг роботи.** Магістерська дисертація на тему: "Підвищення рівня енергоефективності енергозабезпечення об'єктів шляхом використанням вентиляційних систем та систем кондиціонування" складається із вступу, 4 розділів, висновків, переліку використаних джерел та 1 додатку. Загальний обсяг роботи складає 80 сторінок основного тексту, в тому числі 21 рисунок, 15 таблиць, 39 бібліографічних найменувань за переліком посилань та 1 додатку.

### **Актуальність теми.**

Сучасний стан питань енергозбереження в Україні залишається досить важливим та потребуючим подальшого розвитку. Стрімкий розвиток країн ЄС з впровадженням енергоефективних технологій спрямовує на тенденцію економії електричної та теплової енергії. Усі енергетичні ресурси являються вичерпними, саме тому потрібно замислитись про раціональність їх використання. Для того, щоб скоротити шкідливі викиди в атмосферу необхідно впроваджувати технології, які б зменшували споживання теплової енергії. При будівництві нових будівель або реконструкції існуючих важливим аспектом є клас енергоефективності будівлі. Саме тому важливо приділити увагу вибору та розрахунку усіх інженерних систем, а також врахувати можливі засоби, які дозволять знизити витрату енергії, при цьому нададуть забезпечення комфортних параметрів. Як наслідок, будівля повинна відповідати класу енергоефективності не нижче рівня «С» та «В», тобто в ході експлуатації кількість споживання енергоресурсів буде відповідати встановленим нормам, та зменшаться капітальні затрати на опалення. Тому використання систем вентиляції з рекуперацією тепла є доцільним впровадженням, так як система живиться лише електричною енергією, тому теплову енергію будівля не буде споживати.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Виконані в роботі дослідження відповідають напряму «Енергетика та енергоефективність» Закону України № 2519-VI від 09.09.2010 р. «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки», стратегічним пріоритетним напрямом інноваційної діяльності в Україні на 2003-2013 роки «Новітні ресурсозберігаючі технології» Закону України № 433-IV від 16.01.2003 р. «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні».

**Метою магістерської дисертації** є підвищення енергоефективності громадських будівель шляхом використання вентиляційної системи .

Для досягнення поставленої мети в роботі розв'язувались такі наукові задачі:

- проведення аналізу стану енергозабезпечення громадських будівель;
- дослідження характеристик енергоспоживання громадськими будівлями для формування критеріїв використання вентиляційної системи;
- дослідження ефективності вентиляційної системи та кондиціонування для громадських будівель;
- розробити стартап-проект за результатами дослідження.

**Об'єкт.** Процес енергозабезпечення громадських будівель з використанням вентиляційних систем.

**Предмет.** Підходи та методи розрахунку щодо вибору системи вентиляції.

**Методи дослідження.** У даній роботі було використано метод для проведення аналізу розрахунку повітрообміну в приміщеннях для підбору вентиляційного обладнання.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Одержали подальший розвиток підходів до моделювання та аналізу характеристик і режимів роботи систем вентиляції та кондиціонування, що дозволяє підвищити рівень енергоефективності громадських будівель.

**Практичне значення роботи.** Отримані результати дослідження і порівняння систем приточно-витяжної вентиляції з пластинчатим рекуператором та роторним регенератором з низьким споживанням електричної енергії дозволять суттєво підвищити рівень енергетичної ефективності існуючих систем вентиляції будівель та виробчих приміщень.

**Апробація.**

Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ, 21-22 листопада 2019; Сорокіна К.І. Підвищення рівня енергоефективності енергозабезпечення об'єктів шляхом використанням вентиляційних систем та систем кондиціонування.

**Публікації.** Результати магістерської дисертації були оприлюднені: Сорокіна К.І., Підвищення рівня енергоефективності енергозабезпечення об'єктів шляхом використанням вентиляційних систем та систем кондиціонування, науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ, 21-22 листопада 2019;

Для виконання розрахунків у розділі 3 магістерської дисертації використовувалось наступне програмне забезпечення: «CCSI Limited», MS Excel.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** система вентиляції та кондиціонування, рекуперація, припливно-витяжна установка з рекуперацією тепла, роторний регенератор, загальна електрична потужність

ABSTRACT

**Structure and scope of work.** Master's Thesis: "Improving the Energy Efficiency of Object Energy Supply through Ventilation and Air-Conditioning" consists of an introduction, 4 sections, conclusions, a list of sources used and 1 appendix. The total volume of work is 80 pages of the main text, including 21 figures, 15 tables, 39 bibliographic titles by reference list and 1 appendix.

**Actuality of theme.** The current state of energy conservation in Ukraine remains important and in need of further development. The rapid development of EU countries with the introduction of energy efficient technologies is driving the trend of saving electricity and heat. All energy resources are exhaustive, which is why you need to think about the rational use of them. In order to reduce harmful emissions, it is necessary to implement technologies that reduce heat consumption.

The current state of energy conservation in Ukraine remains important and in need of further development. The rapid development of EU countries with the introduction of energy efficient technologies is driving the trend of saving electricity and heat. All energy resources are exhaustive, which is why you need to think about the rational use of them. In order to reduce harmful emissions into the atmosphere, it is necessary to introduce technologies that would reduce heat consumption. When building new buildings or renovating existing ones, an important aspect is the energy efficiency class of the building. That is why it is important to pay attention to the selection and calculation of all engineering systems, as well as to consider possible means that will reduce energy consumption, while providing comfortable parameters. As a result, the building must comply with the energy efficiency class not lower than the C and B levels, ie during operation the amount of energy consumption will meet the established standards and the capital costs for heating will be reduced. Therefore, the use of ventilation systems with heat recovery is a reasonable introduction, since the system is powered only by electricity, so the building will not consume heat.



**Relationship with working with scientific programs, plans, topics.** The studies performed correspond to the direction "Energy and energy efficiency" of the Law of Ukraine No. 2519-VI of 09.09.2010 "On priority directions of development of science and technology", strategic priority directions of innovative activity in Ukraine for 2003-2013 "The latest resource-saving technologies" Law of Ukraine No. 433-IV of January 16, 2003 "On Priority Areas of Innovative Activity in Ukraine".

**The aim of the master's thesis** is to improve the energy efficiency of public buildings through the use of a ventilation system.

To achieve this goal in the work of the following scientific tasks:

- analysis of the state of energy supply of public buildings;
- study of energy consumption characteristics of public buildings to form the criteria for use of the ventilation system;
- research on the efficiency of the ventilation system and air conditioning for public buildings;
- develop a startup project based on the research findings

**Object.** The process of energy supply for public buildings using ventilation systems.

**Subject.** Approaches and calculation methods for choosing a ventilation system.

**Methods of research.** In this work, we used a method to analyze the calculation of air exchange in the premises for the selection of ventilation equipment.

**Scientific novelty of the results obtained.** We have further developed approaches to modeling and analysis of the characteristics and modes of operation of ventilation and air-conditioning systems, which allows to increase the level of energy efficiency of public buildings.

**The practical meaning of the work.** The obtained results of the study and comparison of supply and exhaust ventilation systems with a plate heat

exchanger and a rotary regenerator with low electricity consumption will significantly increase the level of energy efficiency of the existing ventilation systems of buildings and industrial premises.

**Approbation.**

IEE Undergraduate Scientific and Technical Conference, November 21-22, 2019; Sorokina K.I. Improve energy efficiency of facilities through the use of ventilation and air conditioning systems.

**Publications.** The results of the master's thesis were made public: KI Sorokina, Improving the energy efficiency of energy supply of objects through the use of ventilation and air-conditioning systems, IEE Scientific and Technical Conference of Undergraduates, November 21-22, 2019;

The following software was used to perform the calculations in section 3 of the master's thesis: "CCSI Limited", MS Excel.

**KEYWORDS:** ventilation and air conditioning system, recovery, turn-up heat recovery, rotary wheel, power supply.





















## ЗМІСТ

ВСТУП.....	22
1 АНАЛІЗ СТАНУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ .....	25
1.1 Оцінка рівня енергозбереження будівель .....	25
1.2 Аналіз використання інженерних систем громадськими будівлями...	32
1.3 Аналіз нормативно-правового забезпечення щодо використання вентиляційних систем .....	35
Висновки до 1 розділу.....	39
2 АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ .....	40
2.1. Призначення та класифікація вентиляційних систем.....	40
2.1.2 Припливно-витяжні системи вентиляції з рекуперацією.....	42
2.1.3 Ключові критерії вибору системи вентиляції .....	54
2.1.4 Умови, що обмежують вибір вентиляційних систем та систем кондиціонування.....	57
2.2 Методи розрахунку повітрообміну в приміщеннях .....	61
2.2.1 Розрахунок повітрообміну за масою шкідливих речовин, що виділяються .....	68
2.3 Аналіз енергоспоживання об'єктом .....	74
2.4 Опис вентиляції приміщень.....	77
Висновки до 2 розділу.....	81
3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ДЛЯ .....	82
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЛІКАРНЯНОГО ЗАХОДУ .	82
3.1 Підбір та розрахунок припливно-витяжної системи вентиляції для існуючої будівлі. ....	82
3.2 Економічний розрахунок вентиляційної установки з пластинчастим рекуператором та роторним .....	90
Висновки до розділу 3.....	94
4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ .....	96

4.1	Опис ідеї проекту та визначення загального напрямку використання	98
4.2	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту .....	100
4.3	Розроблення ринкової стратегії проекту.....	102
4.4	Розроблення маркетингової програми стартап-проекту .....	103
	Висновки до розділу 4.....	104
	ВИСНОВКИ .....	106
	ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	107

## ВСТУП

### **Актуальність теми.**

Сучасний стан питань енергозбереження в Україні залишається досить важливим та потребуючим подальшого розвитку. Стрімкий розвиток країн ЄС з впровадженням енергоефективних технологій спрямовує на тенденцію економії електричної та теплової енергії. Усі енергетичні ресурси являються вичерпними, саме тому потрібно замислитись про раціональність їх використання. Для того, щоб скоротити шкідливі викиди в атмосферу необхідно впроваджувати технології, які б зменшували споживання теплової енергії. При будівництві нових будівель або реконструкції існуючих важливим аспектом є клас енергоефективності будівлі. Саме тому важливо приділити увагу вибору та розрахунку усіх інженерних систем, а також врахувати можливі засоби, які дозволять знизити витрату енергії, при цьому нададуть забезпечення комфортних параметрів. Як наслідок, будівля повинна відповідати класу енергоефективності не нижче рівня «С» та «В», тобто в ході експлуатації кількість споживання енергоресурсів буде відповідати встановленим нормам, та зменшаться капітальні затрати на опалення. Використання приточно-витяжних установок з рекуперацією тепла є ефективним впровадженням, так як ефективність даних установок має мінімальне значення 60%.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Виконані в роботі дослідження відповідають напряму «Енергетика та енергоефективність» Закону України № 2519-VI від 09.09.2010 р. «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки», стратегічним пріоритетним напрямом інноваційної діяльності в Україні на 2003-2013 роки «Новітні ресурсозберігаючі технології» Закону України № 433-IV від 16.01.2003 р. «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні».

**Метою магістерської дисертації** є підвищення енергоефективності громадських будівель шляхом використання вентиляційної системи.

Для досягнення поставленої мети в роботі розв'язувались такі наукові задачі:

- проведення аналізу стану енергозабезпечення громадських будівель;
- дослідження характеристик енергоспоживання громадськими будівлями для формування критеріїв використання вентиляційної системи;
- дослідження ефективності вентиляційної системи та кондиціонування для громадських будівель;
- розробити стартап-проект за результатами дослідження.

**Об'єкт.** Процес енергозабезпечення громадських будівель з використанням вентиляційних систем.

**Предмет.** Підходи та методи розрахунку щодо вибору системи вентиляції.

**Методи дослідження.** У даній роботі було використано метод для проведення аналізу розрахунку повітрообміну в приміщеннях для підбору вентиляційного обладнання.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Одержали подальший розвиток підходів до моделювання та аналізу характеристик і режимів роботи систем вентиляції та кондиціонування, що дозволяє підвищити рівень енергоефективності громадських будівель.

**Практичне значення роботи.** Отримані результати дослідження і порівняння систем приточно-витяжної вентиляції з пластинчатим рекуператором та роторним регенератором з низьким споживанням електричної енергії дозволять суттєво підвищити рівень енергетичної ефективності існуючих систем вентиляції будівель та виробчих приміщень.

### **Апробація.**

Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ, 21-22 листопада 2019; Сорокіна К.І. Підвищення рівня енергоефективності енергозабезпечення об'єктів шляхом використанням вентиляційних систем та систем кондиціонування.

**Публікації.** Результати магістерської дисертації були оприлюдненні: Сорокіна К.І., Підвищення рівня енергоефективності енергозабезпечення об'єктів шляхом використанням вентиляційних систем та систем кондиціонування, науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ, 21-22 листопада 2019;

Для виконання розрахунків у розділі 3 магістерської дисертації використовувалось наступне програмне забезпечення: «CCSI Limited», MS Excel.



# 1 АНАЛІЗ СТАНУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

## 1.1 Оцінка рівня енергозбереження будівель

В умовах сучасної світової економічної кризи надзвичайно актуальною є проблема енергоресурсозбереження та підвищення енергоефективності будівель і споруд.

Енергозберігаючі технології є найбільш ефективним способом боротьби з наслідками зміни клімату. Енергозбереження також дозволяє поєднувати переваги від впровадження інтелектуальних рішень для захисту навколишнього середовища з економічною вигодою. [1]

Енергозбереження починається з ефективного виробництва енергії. При цьому ключову роль грають енергозберігаючі технології і рішення з використанням відновлюваних джерел енергії, таких як вітер і вода. Для організації ефективного енергопостачання будь-якого об'єкта необхідно вирішити такі найважливіші завдання як вимір, відображення, оцінка і оптимізація енергетичних потоків.

Енергоефективність - корисне (раціональне) використання енергетичних ресурсів з метою оптимізації кількості використовуваної енергії для збереження одного і того ж рівня енергозабезпечення будівлі [2,3].

Однак, на відміну від енергозбереження, яке в основному призначений для зменшення енергоспоживання, енергоефективність - раціональне витрачання енергії, завдяки якому енергетичні компанії знизять нераціональні витрати на паливо, що надасть позитивний вплив на екологію, скоротивши викиди шкідливих парникових газів в атмосферу.

Для забезпечення енергоефективності застосовують спеціальні пристрої, які припиняють подачу тепла, вентиляції, електроенергії у відсутності людини. Також підвищення енергоефективності [4, 5] досягається за рахунок використання енергозберігаючих ламп, методів автоматизації і за допомогою архітектурних рішень.

Одним з ефективних способів енергозбереження є використання системи «розумний дім», що здійснює автоматичний [6] контроль інженерних систем будинку (опалення, вентиляція, освітлення).

Електронний інтелект автоматично регулює температуру в приміщенні і занурює будинок в «сплячий режим» на час відсутності господарів, мінімізуючи роботу вентиляції та опалення. А через Інтернет господар будинку зможе включити роботу всіх систем, тим самим підготувавши будинок до свого приходу. Зрозуміло, установка і використання такої системи коштує недешево. Але оскільки питання енергозбереження стають більш актуальними з кожним днем, то ймовірність появи муніципального житла, оснащеного цією системою, збільшується.

З кожним роком тарифи на енергоресурси зростають, чим і пояснюється популярність енергоефективних технологій впровадження яких дозволить значно скоротити витрати на комунальні послуги.

Згідно оцінки експертів питомі тепловтрати будівлі розподілені та зображені на рисунку 1.1 наступним чином: 40% - інфільтрація нагрітого повітря; 30% - недостатній опір теплопередачі огорожувальних конструкцій; 30% - нераціональна витрата гарячої води і нерегульоване опалення.

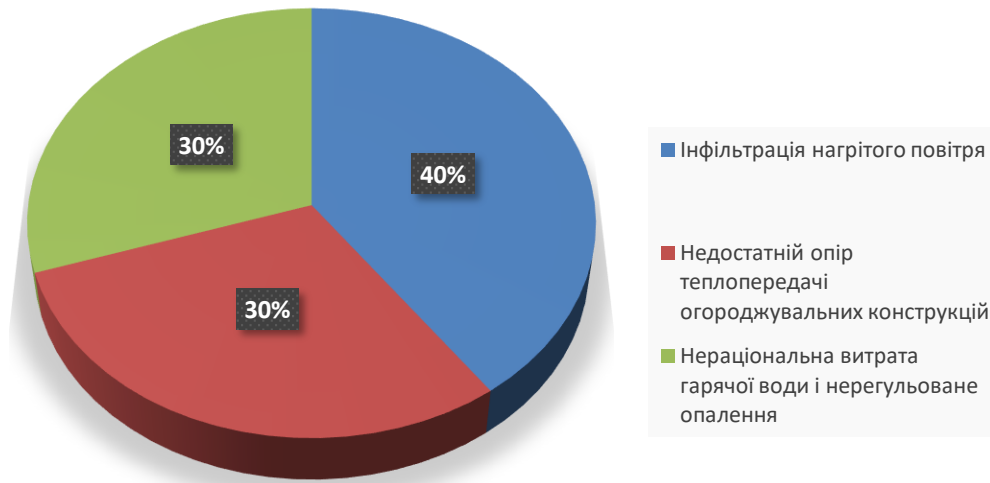


Рисунок 1.1 – Питомі тепловтрати будівлі

Можна виділити наступні причини ірраціональної витрати теплової енергії:

1. Нерегульовані системи природньої вентиляції;
2. Відсутність систем вентиляції з рекуперацією тепла.
3. Нещільність сполучення віконних і дверних блоків;
4. Неправильне архітектурно-будівельне рішення при опалюванні сходових блоків;
5. Неякісна теплоізоляція стін, стель підвалів, світлопрозорих огорожень;
6. Недолік приладів обліку і регулювання на системі опалення і гарячого водопостачання;
7. Велика кількість мереж зовнішніх теплотрас і їх недостатня теплоізоляція;

Зниження споживання вичерпних природних ресурсів, що витрачаються на системи опалення, вентиляції та кондиціонування (ОВК), є завданням першорядної важливості на увазі обмеженості цих ресурсів. В даний час в розвинених країнах Європейського союзу перспективним напрямком є проектування та будівництво енергоефективних будівель або,

так зване, «зелене будівництво» [1]. Зелене будівництво - метод проектування, будівництва та експлуатації будівель, метою якого є зниження енерго- і ресурсоспоживання будівель і споруд при збереженні або підвищенні комфортних умов мікроклімату. До завдань, що вирішуються за допомогою зеленого будівництва, відносяться:

- зменшення негативного впливу на навколишнє середовище;
- скорочення споживання природних ресурсів в процесі експлуатації будівель;
- підвищення енергетичної ефективності будівель та споруд.

Згідно з європейською класифікацією енергоефективних будівель [7], будівлі та споруди можна розділити на кілька типів, представлених в табл. 1.1

Таблиця 1.1 – Класифікація будівель і споруд за рівнем річного споживання енергії

Класифікація будівель	Річне споживання енергії, кВт*год/м <sup>2</sup>
Стара будівля	300
Нова будівля	150
Будівля низького енергоспоживання	60
Пасивний будинок	15
Будівля нульової енергії	0
Будівля плюсової енергії	Вироблення енергії більше, ніж споживає

Відповідно до вимог Євросоюзу, з 2020 року в Європі буде дозволено будівництво тільки тих будівель і споруд, які задовольняють вимогам енергоефективності не нижче пасивного будинку.[8]

В Україні проектування і будівництво нових будівель і споруд, а також реконструкція існуючих, виконується на підставі вимог Закону

України Про енергетичну ефективність будівель та ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», та ДСТУ Б EN 15251:2013. (табл.1.2)

Таблиця 1.2 – Класи енергозбереження житлових і громадських будівель в залежності від величини відхилення розрахункового значення питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення і вентиляцію будівлі від нормованого

Клас	Найменування класу	Величина відхилення розрахункового значення питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення і вентиляцію будівлі від нормованого, %
A++	Дуже високий	Нижче - 60
A+		від -50 до -60 включно
A		від -40 до -50 включно
B+	Високий	від -30 до -50 включно

Продовження таблиці 1.2

B	Нормальний	від -15 до -30 включно
C+		від -5 до -15 включно
C+		від +5 до -5 включно
C-		від +15 до +5 включно
D	Понижений	від +15,1 до +50 включно
E	Низький	Більше +50

При розгляді питань проектування і вибору способу вентиляції спочатку встановлюють, який тип будівлі, характеристику приміщень (санітарну, пожежну і вибухову). Для цієї мети потрібно визначити характеристику виділених забруднень (вологи, парів, газів і пилу), кількість повітря необхідного для 1 людини, якщо це не складські приміщення, кратність повітрообігу та температури, яку потрібно підтримувати у приміщеннях.

Виходячи з даних умов можемо виділити такі види будівель, як житлові, промислові, сільськогосподарські та громадські будівлі. Для кожного типу будівель існують вимоги щодо вибору систем кондиціонування.

У житлових будівлях в основному використовується природня вентиляція. Переміщення повітря в приміщеннях забезпечується або за допомогою влаштування протягів в ньому, або за рахунок різниці температур повітря зовні і всередині наших приміщень. Тепле повітря, яке нагрівається в будь-якому приміщенні - йде в облаштований верхній відвідний вентиляційний канал. У той же час, заміщаючи його, з припливної вентиляційної шахти, що перебуває в підлозі - в приміщення надходить холодне повітря ззовні.

Також можна побачити застосування приточної та витяжної вентиляції, суть яких полягає забору холодного повітря і видалення забрудненого повітря з приміщень через спеціально змонтовані вентиляційні коробки відповідно.

У більшості випадків вентиляція промислових будівель здійснюється природним шляхом, так як вони мають велику площу і на відміну від приміщень побутового призначення, не є «закритими». Природна система вентиляції має на увазі під собою спосіб повітрообміну, заснований на циркуляції повітря між приміщенням і зовнішнім середовищем за допомогою віконних і дверних щілин, вентиляційних решіток та ін.[9]

Але іноді природної вентиляції не вистачає. Причини цього можуть бути різні: як накопичення шкідливих газів, які можуть негативно вплинути на самопочуття працівників, так і структура виробництва, яке базується на спалюванні кисню, наприклад, ливарні цехи.

Для технологічного супроводу сільськогосподарських комплексів система вентиляції є невід'ємною частиною їх експлуатації. Використання

великих площ, відповідно, задає масштаби системи, а вибір обладнання буде залежати від завдань, які вона повинна виконувати. Наприклад, для нормальної роботи овочесховища ключовим фактором буде температура в приміщенні. Для її підтримки необхідно використовувати холодильне обладнання певної продуктивності, плюс до цього організувати повітрообмін в залежності від типу продуктів, які знаходяться на зберіганні.

Вентиляція є також необхідною для громадських приміщень [13], де знаходиться велика кількість людей. Очищення повітря може проводитися за допомогою централізованого апарату, або окремо для кожної конструктивно виділеної площі. Вентиляція на кожному рівні багатоповерхового будинку проводиться із застосуванням спеціально організованих вертикальних каналів. За приміщень в коридорах очищення проводиться за допомогою горизонтальних повітроводів (ховаються в підвісних стелях). Всі вентиляційні конструкції оснащують вставками, що поглинають шум (акустичні розв'язки для запобігання поширенню звуків між кабінетами).

Даний поділ систем вентиляції зображено у таблиці 1.3

Таблиця 1.3 – Відповідності систем вентиляції для різних типів будівель

Системи вентиляції та кондиціонування	Житлові будівлі	Промислові будівлі	Сільсько-господарські будівлі	Громадські будівлі
Витяжна система	+		+	
Система центрального		+		+

кондиціонування				
Припливо-втяжна система з рекуперацією		+		+
Чиллер-фанкойл				+
Припливна система	+		+	
Природня вентиляція	+	+	+	+

Найбільш поширений тип вентиляції, використовуваний в громадських будівлях – припливно-втяжний.

#### 1.2 Аналіз використання інженерних систем громадськими будівлями

Інженерні системи будівель і споруд призначені для забезпечення життєдіяльності (комфортного перебування людей і ведення технологічних процесів) в різних об'єктах.

Будинки і споруди, як правило, обладнуються інженерними системами, які є споживачами енергії (теплової, електричної і т.д.) і різних ресурсів, необхідних для життєдіяльності людей і виробничих процесів.[10]

До них відносяться системи, які споживають теплоту (системи опалення, вентиляції, гарячого водопостачання), електроенергію (Освітлення, електроприводи агрегатів, механізмів і т.п.) і різні ресурси (вода, газ, різні види палива).

Системи опалення та вентиляції дозволяють підтримувати в приміщеннях задані параметри температури, вологості і рухливості повітря.

За існуючими нормами опалення будівель рекомендується здійснювати водяним теплоносієм за допомогою місцевих нагрівальних приладів, що підключаються до внутрішніх мереж теплопостачання. Крім



них, в систему опалення входять зовнішні мережі, що підводять гарячу воду від теплоцентралей до теплових пунктів і відводять відпрацьований теплоносій. Існуюча в даний час глобальна система типізації прийомів опалення будівель часто призводить до незадовільних рішень по підтримці температурно-вологісних параметрів повітря в приміщеннях, особливо санітарно-побутових. У деяких випадках більш вигідними виявляються нестандартні рішення, незважаючи на одноразові додаткові капіталовкладення, які не передбачені нормами. Однак такі рішення створюють поліпшені санітарно-гігієнічні умови в приміщеннях і сприяють зниженню захворюваності робітників. У приміщеннях з підвищеною вологістю з метою запобігання випаданню конденсату на зашклені поверхнях, в якості додаткового прийому обладнання застосовують потрійне скління. Позитивний ефект енергозбереження досягається також при здійсненні захисту будівель від інфільтрації через двері, які відкриваються, за рахунок повітряних завіс, відсутність яких призводить до перевитрати коштів на опалення будівель.[10]

Системи вентиляції адміністративно-побутових будівель можуть влаштовуватися з природним або механічним спонуканням, відповідно до необхідного повітрообміну або технічних можливостей.[11] У системах вентиляції для транспортування припливного і витяжного повітря найбільш раціональним видом устаткування є вертикальні повітроводи в вентиляційних несучих або приставних блоках, що входять в номенклатуру будівельних індустріальних виробів. Горизонтальні ділянки припливних і витяжних повітропроводів виконують в номенклатурі будівельних конструкцій або з переважно неметалічних коробчатих матеріалів. У комплект із зазначеним устаткуванням входять жалюзійні нерегульовані решітки площею до  $0,5 \text{ м}^2$ , які також виробляють з неметалу. Розташування обладнання, що має припливні і витяжні решітки в приміщеннях, передбачає забезпечення циркуляції повітря в повному

обсязі приміщення при відсутності застійних зон. Блоки припливних установок максимально збільшують і встановлюють централізовано з урахуванням забезпечення необхідного рівня чистоти повітря на зовнішніх повітрязабірних пристроях. При цьому враховують зони розподілу шкідливих речовин на території промайданчиків, для того щоб повітря, що забирається на припливну вентиляцію, відповідало певним санітарно-гігієнічним вимогам. Для видалення обробленого повітря доцільно використовувати обладнання типу дефлекторів в системах природної вентиляції або дахових вентиляторів в системах механічної вентиляції. Ряд приміщень побутового та адміністративного призначення оснащується обладнанням кондиціонування повітря, що дозволяє створювати і автоматично підтримувати задані температуру, відносну вологість, обмін, швидкість і склад повітря.[12] Таке обладнання необхідно для нормальної працездатності працюючих в екстремальних кліматичних умовах, виконання комплексу операцій службами інформаційно-технічного та лабораторного призначення. Залежно від обсягу обслуговуваних приміщень системи кондиціонування можуть бути місцевими, розрахованими на одного або невелику групу приміщень, і центральними - для великої групи приміщень. Найбільшого поширення набуло так зване якісне регулювання повітря, при якому постійному об'єму повітря надаються різні інші параметри. Більш економічний спосіб кондиціонування полягає в зміні витрати припливного і повітря, що видаляється при постійних інших параметрах, в тому числі температури. Великі перспективи розширення впровадження систем кондиціонування повітря зв'язуються з блочно-модульними рішеннями агрегатів повної заводської готовності, оснащених електронними уніфікованими системами регулювання, що дозволить значно знизити витрати на експлуатацію цього виду обладнання.

### 1.3 Аналіз нормативно-правового забезпечення щодо використання вентиляційних систем

Згідно ДБН В.2.2-9:2018 системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, у тому числі системи аварійної протидимної вентиляції, повинні проектуватися з додержанням вимог ДБН В.2.6-31, ДБН В.2.5-39, ДБН В.2.5-56, ДБН В.2.5-67, ДБН В.2.5-77 та НПАОП 0.00-1.51 а також ДСТУ-Н Б В.2.5-43 та будівельних норм за видами будинків та споруд.[13]

Норми ДБН В.2.5-67:2013 застосовують при реконструкції, новому будівництві, капітальному ремонті, термомодернізації, та технічному переоснащенні існуючих систем опалення та внутрішнього теплопостачання, вентиляції, повітряного опалення, кондиціонування та охолодження повітря у приміщеннях будівель і споруд різного призначення.[14]

Для підтримання цілодобового та цілорічного забезпечення необхідних параметрів у виробничих та громадських приміщень потрібно передбачати системи кондиціонування повітря та системи припливної вентиляції з двома установками. Тобто повинна існувати резервна установка, яка буде забезпечувати у холодний періоди 50 % потрібного повітрообміну та температуру не менше 12 °С. При підтриманні правильного температурного режиму згідно новому ДБН В.2.2-9:2018.[13]

За ДБН В.2.6-31 громадські споруди потрібно проектувати класом енергоефективності не нижче «С». Це у повній мірі означає, що системи вентиляція та кондиціонування повинні також відповідати класу енергоефективності будівлі та відповідати ДСТУ 2339, але рекомендується застосовувати технічне оснащення класу енергоефективності А.[14] Вимоги з енергозбереження щодо систем вентиляції, опалення та кондиціонування слід враховувати згідно ДБН В.2.5-67, у якому сказано, що огорожувальні конструкції споруд і будинків повинні проектуватися

так, щоб розрахунок значень приведенного опору теплопередачі, визначенні з врахуванням теплопровідних включень згідно з ДСТУ Б В.2.6-189, набували значень менше ніж нормативні згідно з ДБН В.2.6-67.

При проектуванні систем механічної загальнообмінної вентиляції та кондиціонування повітря слід визначити питому вентиляційну потужність і відповідну категорію SPF згідно з ДСТУ Б EN 13779. Класифікацію питомої вентиляційної потужності за категорією SPF наведено у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Категорії питомої вентиляційної потужності

Познака категорії	Значення $P_{SFP}$ , Вт/(м <sup>3</sup> /с)
<i>SFP1</i>	<500
<i>SFP2</i>	500 - 750
<i>SFP3</i>	750 - 1250
<i>SFP4</i>	1250 - 2000
<i>SFP5</i>	2000 - 3000
<i>SFP6</i>	3000 - 4500
<i>SFP7</i>	>4500

Згідно з ДСТУ Б EN 13779 для будівлі або вентиляційної системи питома вентиляційна потужність (SFP) - це загальна електрична потужність, яку споживають усі вентилятори системи повітрообміну, розділена на загальну витрату повітря, що транспортується у будівлі в умовах розрахункового навантаження [13]:

$$SFP = \frac{P_{sf} + P_{ef}}{Q_{max}} \quad (1.1)$$

де SFP – питома вентиляційна потужність для будівлі або вентиляційної системи, Вт·с/м<sup>3</sup>;

$P_{sf}$  – повна потужність припливних вентиляторів при розрахунковій витраті повітря, Вт;

$P_{ef}$  – повна потужність витяжних вентиляторів при розрахунковій витраті повітря, Вт;

$Q_{max}$  – позрахункова витрата повітряного потоку через будівлю (найбільша з витрат припливного або витяжного повітря), м<sup>3</sup>/с.

Питому потужність окремого вентилятора визначають, як:

$$P_{SFP} = \frac{P}{Q_V} = \frac{\Delta P}{\eta_{tot}}, \quad (1.2)$$

де  $P_{SFP}$  – питома вентиляційна потужність, Вт·с/м<sup>3</sup>;

$P$  – споживана потужність двигуна вентилятора, Вт;

$Q_V$  – продуктивність вентилятора по повітрю, м<sup>3</sup>/с

$\Delta P$  – повний тиск вентилятора, Па;

$\eta_{tot}$  – повний ККД вентилятора і електропривода.

Питому вентиляційну потужність слід визначати при проектуванні для порівняння різних проектних рішень як для всієї будівлі, так і для окремих систем або вентиляторів, і вибору оптимального рішення. За розрахунком найнижчу категорію SFP (або відповідне максимальне значення питомої вентиляційної потужності) слід приймати відповідно до таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Значення категорій питомої вентиляційної потужності SFP

Застосування	Категорія <i>SFP</i> з розрахунку на вентилятор	
	Типовий діапазон	Типове значення
Припливний вентилятор: - система кондиціонування повітря;	<i>SFP</i> 1 - <i>SFP</i> 5	<i>SFP</i> 4
- система вентиляції без теплоутилізації	<i>SFP</i> 1 - <i>SFP</i> 4	<i>SFP</i> 3
Витяжний вентилятор: - система кондиціонування повітря або система вентиляції з теплоутилізацією;	<i>SFP</i> 1 - <i>SFP</i> 5	<i>SFP</i> 3
- система вентиляції без теплоутилізації	<i>SFP</i> 1 - <i>SFP</i> 4	<i>SFP</i> 2

Питома вентиляційна потужність залежить від втрат тиску, ефективності вентилятора і двигуна. Для зменшення енергоспоживання втрата тиску в складових частинах (секціях) повинна бути якомога нижчою відповідно до технічних характеристик системи. Якщо певна складова частина (секція) має високий спад тиску, то забезпечувати необхідну категорію *SFP* слід за рахунок більш низького спаду тиску на інших складових.

## Висновки до 1 розділу

Проаналізувавши стан енергозбереження адміністративних будівель можна дійти висновку, що існуючі будівлі не відповідають класу енергозбереження «С» за рахунок ірраціональної витрати теплової енергії.

Обґрунтовано ефективність використання системи вентиляції, як складові інженерних систем громадських будівель

Проведено аналіз нормативно-технічного та нормативно-правового забезпечення щодо використання та проектування вентиляційних систем, де встановлено вимоги до забезпечення комфортних умов у приміщеннях.

## 2 АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ

### 2.1. Призначення та класифікація вентиляційних систем

Важливу роль в поліпшенні умов праці, забезпечення необхідних санітарно-гігієнічних норм, підвищенні ефективності охолоджуючих пристроїв охолоджувальних пристроїв енергетичних установок грають системи вентиляції та кондиціонування.

У загальному випадку системою прийнято називати сукупність будь-яких, взаємопов'язаних елементів або об'єктів. Кожну систему, в свою чергу, можна уявити деяким об'єктом, що має ряд вхідних величин (входів), якими визначається вплив навколишнього середовища або інших систем, і ряд вихідних величин (виходів), за якими здійснюється спостереження за системою або, якими характеризується вплив даної системи на навколишнє середовище (інші системи).

Вентиляцією називається сукупність заходів і пристроїв, що використовуються при організації повітрообміну для забезпечення заданого стану повітряного середовища в приміщеннях і на робочих місцях відповідно до ДБН (Державні будівельні норми) [4].

Під вентиляційною системою будемо розуміти комплекс споруд, апаратів і інших пристроїв, пов'язаних між собою повітропроводами в єдиний технологічний комплекс обробки, транспортування, подачі і видалення повітря.

Системи вентиляції забезпечують підтримку допустимих метеорологічних параметрів в приміщеннях різного призначення.[4]

При всьому різноманітті систем вентиляції, обумовленому призначенням приміщень, характером технологічного процесу, видом шкідливих виділень і т. п., їх можна класифікувати за такими характерними ознаками:

- за призначенням (припливні і витяжні);



- сфери дії (місцеві і загальнообмінні);
- способу переміщення повітря (природні і механічні);
- конструктивними особливостями (канальні і безканальні).

### **За призначенням**

Припливні системи слугують для подачі у вентилязовані приміщення чистого повітря, який в необхідних випадках піддається спеціальній обробці (очищенню, нагріванню, зволоженню і т.д.).

Витяжні системи призначені для видалення з приміщень забрудненого повітря. У загальному випадку в приміщенні передбачаються як припливні, так і витяжні системи. Їх продуктивності повинні бути узгоджені. Іноді в приміщенні передбачається лише витяжна або тільки припливна система. У цьому випадку повітря надходить в дане приміщення зовні або із суміжних приміщень через спеціально передбачені отвори або відповідно видаляється з даного приміщення назовні або в суміжні приміщення.

### **За сферою дії**

Місцеві системи вентиляції обслуговують обмежені ділянки приміщення. Місцеві системи, як правило, досить ефективні, проте вони не можуть вирішити всіх завдань в області вентиляції через різного характеру виділення шкідливих речовин, розташування робочих місць і т.д. Для здійснення вентиляції в приміщенні в цілому або в значній його частині застосовують загальнообмінні системи як припливні, так і витяжні.

### **За способом переміщення повітря**

Переміщення повітря в системах вентиляції може здійснюватися під дією природнього тиску, що виникає внаслідок різниці температур зовнішнього повітря і повітря в приміщенні, або в результаті впливу на будівлю вітру, або спільної дії цих факторів (Природна вентиляція), або під тиском, створюваним спеціальною машиною - вентилятором (механічна вентиляція).

## **За конструктивними особливостями**

Система вентиляції має розгалужену мережу каналів для переміщення повітря, або канали відсутні, наприклад, при установці вентилятора в стіні, в перекритті і т.д..[2]

### **2.1.2 Припливно-витяжні системи вентиляції з рекуперацією**

Вентиляція будівель є важливою і невід'ємною частиною забезпечення комфортної життєдіяльності людини. Без ефективних систем вентиляції громадських будівель і споруд виробничого призначення неможлива їх повноцінна експлуатація. Серед інноваційних напрямів зараз велике поширення набуває децентралізована система вентилявання всього будинку.

Подібна установка здатна забезпечити рівномірне і контрольоване повітряне середовище у всьому будинку. Така система зазвичай включає в себе кілька силових вентиляторів, спеціальні канали і трубопроводи, фільтри та арматуру.

Створити оптимальний мікроклімат в приміщеннях можна тільки за умови застосування раціональних вентиляційних систем на базі високоефективних технічних засобів.

Разом з тим відомо, що забезпечення необхідного мікроклімату є одним з найбільш енергоємних технологічних процесів.[22] Багато процесів в будинках відбуваються зі значним виділенням теплової енергії. У більшості випадків дане тепло є "зайвим" і віддається за допомогою вентиляції. Дана тепла енергія може бути повторно використана в житловій будівлі.

В умовах постійного росту цін на енергоносії, пошук шляхів енергозбереження є першочерговим завданням, вирішення якого

дозволить забезпечити максимальну продуктивність при мінімальних витратах паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР). Доцільно звернути увагу на економію тепла і у вентиляційній системі, котра забезпечується за допомогою пристроїв рекуперації. Технологією утилізації енергії, найбільш підготовленої для практичної реалізації забезпечення комунально-побутових потреб населення, є застосування пристроїв рекуперації. Найбільш ефективними рішеннями є установка систем рекуперації тепла витяжного повітря. Припливно-витяжні установки з рекуператорами спрямовані на те, щоб у приміщенні завжди було свіже, чисте повітря і при цьому здійснювалося енергозбереження. Таке обладнання може утримувати до 70% теплової енергії яка прагне вийти назовні і при цьому контролювати вологість повітря в системі. Рекуператори – припливно-витяжні установки, в яких встановлений теплообмінник поверхневого типу, де теплообмін між повітрям з приміщення і повітрям з вулиці здійснюється безперервно через стінку, що розділяє їх, при цьому не змішуючись. У сучасних системах вентиляції найчастіше використовують пластинчасті рекуператори, роторні рекуператори, водяні рециркуляційні рекуператори. На основі аналізу існуючих видів рекуператорів, найкращим серед розглянутих видів є пластинчасті рекуператори, оскільки вони відрізняються простотою конструкції та обслуговування і дешевизною.[3]

У рамках євроінтеграції в Україні йде процес гармонізації будівельних норм зі стандартами ЄС. За останні роки прийнято низку нових стандартів [15, 16 тощо]. Аналіз ринку вентиляційного обладнання та систем показав, що в наш час базовими видами систем кондиціонування повітря є наступні [14]:

1. Центральна система кондиціонування повітря;
2. Система чилер-фанкойл з центральною припливною установкою;

3. Система з прямим розширенням холодоагенту в повітроохолоджувачі (DX) зі змінним потоком холодоагенту і припливно-витяжною установкою з теплоутилізацією (розглядатимуться як теплоутилізатор з утилізацією тільки явної теплоти (HRV), так і теплоутилізатор [17] з утилізацією повної теплоти та вологи (ERV);
4. Спліт-системи та природна вентиляція приміщень.

### **Пластинчасті рекуператори**

Припливне і витяжне повітря проходить по обидва боки ряду пластин. Тут практично виключається контакт припливного і витяжного повітря, що видаляється. Такі рекуператори повинні бути оснащені відводами конденсату, так як є ймовірність його утворення на пластинах. Випадання конденсату може призвести до утворення льоду, отже, необхідна система розморожування.[21] Рекуперація тепла може регулюватися за допомогою перепускного клапана, контролюючого витрати повітря, які проходять через рекуператор. Пластинчастий рекуператор не має рухомих частин. У літній час використання рекуператора зменшить необхідність встановлення кондиціонера, або від 2 до 5 разів знизить витрати електроенергії при його роботі. В зимовий – значно зменшить енерговитрати на опалення приміщень.

На рис. 2.1 зображено температурний рух повітря в рекуператорі.

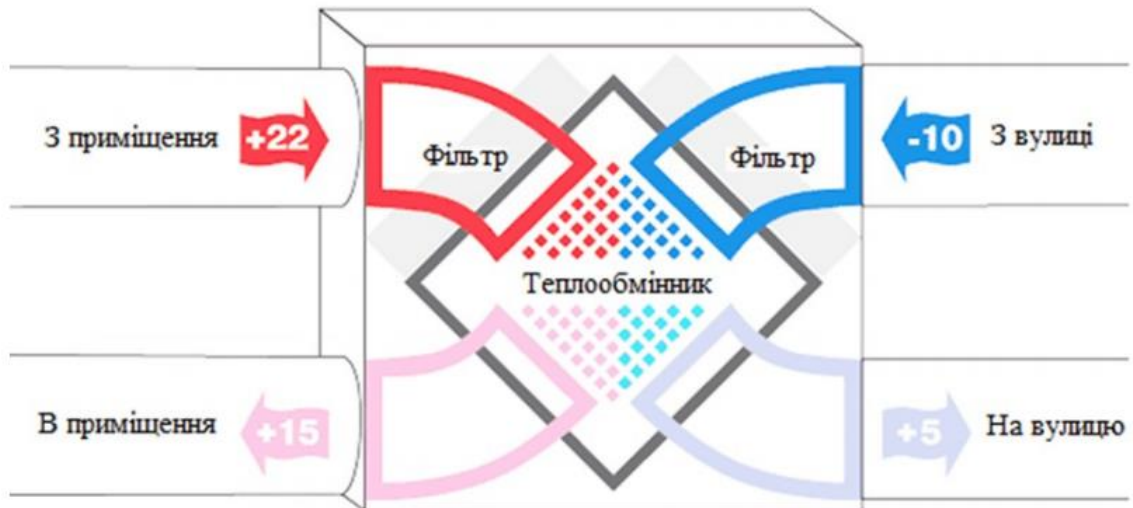


Рисунок. 2.1 – Температура і рух повітря в рекуператорі

Теплообмін в рекуператорі здійснюється безперервним чином через стінку, що розділяє теплоносії. Найпопулярніші матеріали для пластинчастих рекуператорів – алюміній, пластик, нержавіюча сталь і папір.

На рис. 2.3 зображено схему ефективності застосування рекуперації.

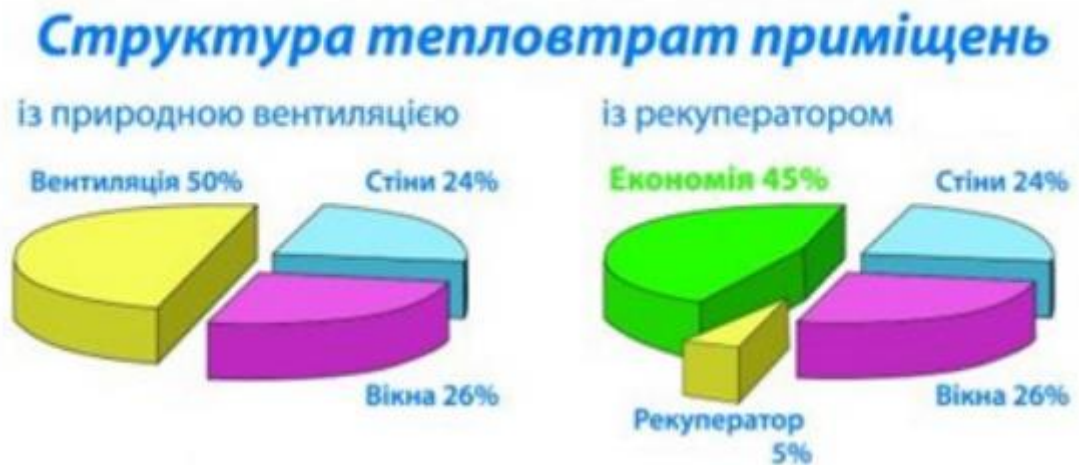


Рисунок 2.3 – Ефективність застосування рекуперації

### Роторні рекуператори

У роторних рекуператорах відбувається повний обмін температур двох потоків повітря. Теплообмін відбувається за допомогою безперервного обертання ротора між витяжним і припливним каналами. Такі рекуператори мають істотний недолік - ймовірності того, що запахи і

забруднювачі, що виділяються людьми, меблями, будівельними матеріалами, можуть переміщуватися в приливним повітрям. Правильне розташування вентиляторів усуває цей недолік. Рівень рекуперації тепла регулюється швидкістю обертання ротора. У роторних рекуператорах присутні рухомі частини. [18]

На рис.2.4 зображений принцип роботи роторного рекуператора.

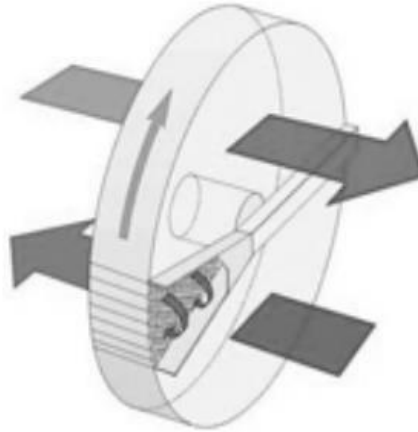


Рисунок 2.4 – Принцип роботи роторного рекуператора

Для забезпечення мікроклімату оптимальним варіантом є встановлення припливно-витяжної системи з роторним рекуператором. Роторні регенеративні теплообмінники зворотного отримання тепла забезпечують передачу тепла та частково - вологості. Передача тепла та вологості відбувається на роторі, який однією своєю частиною входить в потік теплого витяжного повітря, а другою – в потік припливного. При обертанні ротора, теплообмінна поверхня теплообмінника поперемінно проходить в потоці витяжного і припливного повітря, в результаті чого відбувається передача тепла і вологості. Роторні теплообмінники зворотного отримання тепла відносяться, з врахуванням їх конструкції, до найбільш ефективних теплообмінників з високим ККД. В температурному виконанні ККД досягає 80%, а в вологісному – 70%. Використання роторних регенеративних теплообмінників заключається в їх застосуванні у складі вентиляційних установок для подачі та видалення повітря. Ротаційні

регенеративні теплообмінники використовуються для продуктивності від 300 м<sup>3</sup> /год до 80 000 м<sup>3</sup> /год. Стандартними умовами передбачаються швидкість потоку повітря в межах від 2 до 4 м/с, та температурою повітря від - 20°C до + 55°C. Потужність електродвигуна залежить від розмірів ротора, та знаходиться в межах від 90 Вт до 750 Вт.[26] Найголовнішою перевагою роторних регенеративних теплообмінників є зниження витрат на опалення. Зменшення споживання теплової енергії та експлуатаційних витрат, пов'язано зі зниженням витрат електричної енергії для зволоження повітря, так як в даній системі це передбачено. Досягається зменшення споживання енергії на охолодження, в результаті чого зменшуються розміри і одночасно з цим витрати на придбання систем охолодження.[18] Наступною великою перевагою рекуперативних теплообмінників є можливість зниження забруднення навколишнього середовища.

Таким чином узагальнені переваги наступні:

- здатність перенесення вологості (знижується необхідність додаткового зволоження повітря, особливо в зиму пору року);
- невеликі габаритні розміри в плані, близько 450 мм. (пластинчасті теплообмінники значно більших розмірів);
- менша можливість замерзання на відміну від пластинчастих теплообмінників;
- менший термін окупності інвестицій у порівнянні з пластинчастим теплообмінником.

Для забезпечення мікроклімату адміністративно-побутових приміщень найбільш досконалими є комбіновані системи опалення та вентиляції.

### **Центральна система кондиціонування**

Центральна система кондиціонування повітря має модульну структуру та включає в себе центральний кондиціонер, секції охолодження/нагріву повітря, систему контролю і розгалужені канали, які ведуть до відповідних приміщень.

Як правило, в центральному кондиціонерному обладнанні, яке не має пристрою контролю кількості повітря, прохолодне повітря або тепле повітря, яке відводиться при постійному тиску і при постійній кількості повітря, розподіляється у відповідні приміщення через розгалужені канали, так що кожна кімната охолоджуються або прогріваються. Тому, наприклад, коли кількість повітря для певного приміщення має бути зменшена заслонкою для зниження температури в режимі нагрівання, кількість повітря, яке розподіляється в інші приміщення, збільшується, так що температура нагріву в інших кімнатах змінюється.

Центральні кондиціонери, на відміну від побутових, можуть обслуговувати великі приміщення. Серед них - стадіони, театри, кінозали, виробничі цехи і т.д.

### **Чиллер–фанкойл**

Чиллер–фанкойл – це професійна система кондиціонування і підтримки оптимального мікроклімату всередині приміщення. Мовою оригіналу цей термін пишеться як fan-coil, що в дослівному перекладі означає «вентилятор-теплообмінник». У системі кондиціонування повітряних потоків циркулює не стандартний газ-холодоагент, а спеціальна незамерзаюча рідина. Охолодження пристрою забезпечується холодильною установкою, призначеної для підтримки необхідного температурного режиму рідини.

Система «чиллер-фанкойл» дозволяє незалежно регулювати одночасно температури у багатьох приміщеннях. Значну кількість фанкойлів можна приєднати до одного чиллера, а також установки припливної вентиляції та теплообмінники центрального кондиціонера.

[19]

На відмінну від загальної вентиляційної системи, можна регулювати роботу загального теплового режиму всієї системи та роботу кожного фанкойлу з виносного пульта управління.



Поступовими етапами можна приєднувати споживачів, що дозволить об'єкт вводити у експлуатацію частково. Гранична відстань між чиллером і фанкойлом не лімітуються і визначається можливостями насосної станції і теплоізоляцією трубопроводів.

У більш складних системах вентиляції беруть участь припливно-втяжні вентиляційні установки (центральні кондиціонери) з очищенням, зволоженням і рекуперацією повітря. Фанкойли підтримують температуру повітря одним з двох способів: за рахунок керування обсягу повітря або води. Витрата повітря регулюють за допомогою коректування частоти обертання вентилятора, води - спеціальним клапаном з приводом. Схема функціонування системи досить проста: повітряні маси потрапляють в теплообмінник, де нагріваються / охолоджуються до певної температури. Після цього система направляє їх в приміщення. На рис.2.5 зображена принципова схема роботи системи «чиллер – фанкойл».



Рисунок 2.5 - Принципова схема роботи системи «чиллер – фанкойл»

В якості конденсаторів для чиллерів використовуються теплообмінники з мікроканалами із захисним покриттям, збільшують ефективність, зменшуючи при цьому обсяг заправки холодоагенту і вага конденсаторного блоку. Чиллери з продуктивністю від 350 до 1400 кВт працюють з холодоагентом R134a. Агрегати сконструйовані на базі напівгерметичних двухвинтових компресорів з вбудованими відокремлювачем масла, оптимізованих для роботи при високому тиску. У теплообмінниках організовано пряме проходження холодоагента,

внутрішнє рифлення труб збільшує ефективність теплообміну між водою і холодоагентом.[20]

Переваги опалення системи чиллер-фанкойл перед традиційною системою опалення – можливість швидкого прогрівання приміщення при роботі вентилятора з максимальною швидкістю обертання двигуна, швидке перемішування повітря в приміщенні, що створює рівномірне поле температур в приміщенні і сприяє тепловому комфорту, швидке охолодження приміщення при відключенні системи в разі необхідності, таким чином досягається висока гнучкість регулювання в порівнянні з традиційними системами опалення. Опалення приміщень в неробочі години може здійснюватися в режимі природної конвекції. Незначні витрати електроенергії окупаються за рахунок більш гнучкого регулювання теплової потужності, відсутності перегріву в перехідний період і перевитрати теплоти на опалення приміщень.

Сучасні чиллери можна розділити за такими основними ознаками [10]: За типом охолодження конденсатора - з водяним і повітряним охолодженням. Повітряне охолодження проводиться так само, як і в побутових кондиціонерах - конденсатор обдувається потоком повітря від вентилятора. При водяному охолодженні конденсатор проохолоджується проточною водою. Другий спосіб дозволяє істотно зменшити габарити і вартість чиллера, але вимагає використання проточної води або установки градирень (систем оборотного водопостачання). За наявністю режиму обігріву - з тепловим насосом (реверсивні) і без нього. Моделі з тепловим насосом можуть не тільки охолоджувати, але і нагрівати теплоносій. За конструктивним виконанням - з вбудованим або з виносним конденсатором. Чиллери з повітряним охолодженням можуть бути в моноблочному виконанні (з вбудованим конденсатором) або без конденсатора. У першому випадку чиллер являє собою автономну холодильну машину, до якої підключаються тільки трубопроводи від

насосної станції. У другому випадку конденсатор виконується у вигляді окремого блоку. Це дозволяє встановлювати чиллер всередині приміщення, а конденсатор виносити на дах.

Перспективним напрямком підвищення ефективності теплопостачання, скорочення споживання газу і зниження платежів в бюджетній сфері є використання системи опалення "чиллерфанкойл"

Система «чиллер-фанкойл» в Україні на сьогодні недостатньо розповсюджена і переважно використовується на великих громадських об'єктах (торгові центри, кінотеатри і т.п.).

Вентиляція з рекуперацією тепла - це системи, що передають тепло або прохолоду від усталеного відпрацьованого повітря до свіжого всмоктуваного повітря. Це збалансоване вентиляційне рішення видаляє зайву вологу, запахи та забруднення, зберігаючи енергію та підвищуючи комфорт у приміщенні.

### **Вентиляція з рекуперацією енергії**

Вентиляційна установка, яка реалізується за допомогою ентальпійного теплообмінника повітря-повітря (ERV – energy recovery ventilation), являється установкою яка утилізує як повну так приховану теплоту та вологу. [23]

У багатьох типах комерційних будівель, наприклад, в офісах, роздрібній торгівлі, готелях, лікарнях, важливим питанням залишається підтримання рівня вологи повітря у приміщенні. ERV системи дозволяють передавати вологу від витяжного повітря, тобто зволоженному, до припливного (сухому) через спеціальну мембрану, якою вкрита пластина рекуператора. Змішування витяжного і припливного потоків в рекуператорі не відбувається, так як волога пропускається через мембрану

за допомогою дифузії. Пластина рекуператора має властивості губки, тобто волога передається з потоку в потік при цьому не випадаючи у конденсат. Завдяки такому переносу вологи підвищується ККД установки, так як передається приховане тепло витяжного повітря.

### **Спліт-системи**

Спліт-системи – дана система стосується кондиціонування повітря, а точніше це система кондиціонування повітря типу розділеної системи, в яких компресорні та конденсаторні елементи монтуються віддалено від випарника, як правило, зовні. Тобто це центральне кондиціонерне обладнання з низьким споживанням енергії та низьким рівнем шуму, при якому гарантується належна кількість повітря для кожного приміщення. Від зміни кількості повітря, яке розподіляється на в кожному приміщенні, при цьому охолодження або обігрів кожної кімнати незалежно керується.[25]

На рис.2.6 зображена типова схема спліт-системи



Рис.2.6 – Схема спліт-системи

Переваги спліт-системи:

- Спліт-система здатна регулювати мікроклімат приміщення, враховуючи вимоги найвимогливіших користувачів. Постійно удосконалюється система зміни параметрів спліт-кондиціонери, що дозволяє інтуїтивно здійснювати їх коригування без додаткового навчання персоналу.
- Чи не основною перевагою кондиціонерів типу спліт-система є винесення з приміщення на зовнішню сторону будівлі його самого гучного і громіздкого елемента — зовнішнього блоку. Внутрішній блок не має обмежень за вимогами до місця прикріплення, тому розмістити його можна там, де це буде викликати найменше дискомфорту.

- Можливість організувати як охолодження в спеку, так і обігрівання приміщення в зимовий період (при незначних морозах)

### 2.1.3 Ключові критерії вибору системи вентиляції

При виборі системи кліматизації проектувальники керуються низкою критеріїв, які відображають можливості та пріоритети замовника.

Слід брати до уваги і той факт, що критерії вибору систем кліматизації у інвесторів, що будують будівлі для подальшого продажу або здачі в оренду, і фахівців, які розробляють проект будівлі, можуть не збігатися. Інвестори по визначенню зацікавлені виключно в швидкості будівництва і максимальної надійності будівель і споруд. Однак економічно вигідне будівництво найчастіше означає автоматичну відмову від високих стандартів якості повітря - стандартів, які, на думку експертів, саме просто необхідні.

Вибір системи кліматизації в будівлі повинен проводитися на підставі ретельно опрацьованого технічного завдання. У ньому містяться конкретні вимоги щодо мікроклімату (теплова комфортність, мінімальна кількість зовнішнього повітря і рухливість повітря в приміщенні, що обслуговується, рівень шуму і інші параметри). При цьому необхідно взяти до уваги бажаний термін служби системи, провести оцінку майбутніх витрат на обслуговування і експлуатацію. Також не можна знехтувати естетичними вимогами дизайнера, замовника і користувача.

Деякі критерії вибору типу системи є ключовими, відповідність їм визначається словами «так / ні»: система або задовольняє цим критеріям, або ні. Система, яка не відповідає ключовому критерієм, не може розглядатися в проекті - хіба що на її прийнятті наполягатиме замовник. Ось деякі з критеріїв.

#### **Функціональні вимоги**

Один з найважливіших моментів при виборі системи - це взаєморозуміння замовника і проектувальника в частині функціональності

системи. Не має значення, наскільки система є якісною в інших аспектах, якщо вона не задовольняє заявленим вимогам функціональності. Однак проєктувальник може пояснити замовнику, що, змінивши свої вимоги, він отримає більший ефект від запропонованого рішення.

### **Вимоги до продуктивності**

Якщо необхідно, наприклад, подати повітря припливної системою в певній кількості  $m^3/\text{год}$  при температурі  $t \text{ } ^\circ \text{C}$ , щоб забезпечити розрахункові умови в приміщенні при розрахункових параметрах зовнішнього повітря, то у проєктувальника немає можливості вибору. Він повинен передбачити систему, яка забезпечує ці умови. Однак різні системи можуть характеризуватися різною продуктивністю в розрахунку на будівлю в цілому, забезпечуючи при цьому один і той же ефект.

При виборі продуктивності систем основними факторами, при відомих об'ємно-планувальних і конструктивних рішеннях будівлі, є температура зовнішнього повітря, інтенсивність сонячної радіації і величина технологічних навантажень, як правило внутрішніх тепло- і газовиділень. Необгрунтований кількісний вибір цих факторів може призвести до відмови в роботі систем кліматизації будівлі або невиправданого запасу потужності систем.

Наприклад, при прийнятті в якості розрахункової для систем опалення температури зовнішнього повітря з забезпеченістю 0,92, в практиці проєктування, як правило, не перевіряється, яка температура повітря буде в конкретному приміщенні в період різкого похолодання, коли температура зовнішнього повітря буде нижче розрахункової. Оцінка вірогідного значення температури внутрішнього повітря в квартирах житлових будинків будівлі після 1998 року показує, що для будинків вище 6 поверхів в діапазоні значень розрахункової температури зовнішнього повітря  $-25 \dots -30 \text{ } ^\circ \text{C}$  температура внутрішнього повітря (при відсутності

тепловиділень і є масової сьогодні нерегульованої системі вентиляції ) знизиться до 12-13 ° С, що навряд чи можна вважати прийнятним.[24]

### **Вимоги до розміщення**

Рекомендована система повинна розміщуватися в тому просторі будівлі, яке для неї відведено. Неважливо, наскільки система надійна, наскільки вона дешева в експлуатації та малощумна, - неможливо її використовувати, якщо немає спеціального місця для її розміщення.

### **Капітальні витрати**

Початкові капітальні вкладення - це не тільки вартість самої системи, це ще й вплив різних систем на вартість електропостачання, вартість займаної площі або спеціальних будівельних робіт і огорож, а також можливої надалі перепланування або установки додаткового спеціального обладнання. Очікуваний термін служби системи також пов'язаний з капітальними витратами.

### **Експлуатаційні витрати**

В першу чергу ми думаємо про вартість енергії, тому що зазвичай це найбільша складова експлуатаційних витрат. Можливість використання «безкоштовного» холоду в зимовий час, утилізаторів тепла для вентиляції, згладжування пікових навантажень за допомогою акумуляторів тепла впливає на вартість енергопостачання. Крім того враховується, чи буде потрібно для системи періодичний нагляд або ж постійний обслуговуючий персонал? Яка порівняльна вартість планового техобслуговування і ремонту? Для систем з водяним охолодженням істотну роль може грати вартість води, хімічної водопідготовки і спеціальних водостоків.

### **Комфорт**

У цьому розділі порівнюються можливості кожної системи щодо забезпечення комфортних умов, розглядаються питання місцевого регулювання температури, зонального регулювання, шуму, подачі



зовнішнього вентиляційного повітря, можливості стельового опалення, локалізації дугтя з боку вікон при великій висоті скління, порівняльної ефективності різних способів очищення повітря, а також наслідки відмови одного з елементів обладнання.

Як не буває єдиною оптимальної системи для кожного проекту, так немає і єдиного вірного способу представлення результатів вибору систем. Одним із способів подання великого обсягу інформації в стислій формі є зведена таблиця. У простому проекті для ухвалення рішення достатньо таблиці з досить грубими оцінками (добре, краще, дуже добре) і супровідного листа для замовника. Така таблиця включає інформацію про те, які системи розглядалися, які переваги і недоліки кожної системи для даного проекту за такими параметрами, як комфорт, розміщення, капітальні та експлуатаційні витрати.

Більш складні проекти можуть займати багато сторінок зі схемами, розрахунковими таблицями, пояснювальним текстом і кількісними порівняннями.

2.1.4 Умови, що обмежують вибір вентиляційних систем та систем кондиціонування

Не існує єдиної, найкращої системи кліматизації на всі випадки життя. Не існує єдиної оптимальної системи як для кожного типу проектів, так і для кожного окремого проекту. Існують системи, які придатні або непридатні для даного проекту. Серед відповідних систем одні працюватимуть краще, інші гірше. Завдання вибору полягає в тому, щоб відкинути незадовільні варіанти, а потім порівняти переваги працездатних систем. Спочатку необхідно визначити, чи всі з працездатних типів систем відповідають обмежувачим умовам конкретного проекту.

### **Розрахункові навантаження по теплу і холоду**

Система охолодження повинна забезпечувати відведення тепла з приміщень відповідно до теплонадходжень; система опалення - обігрів відповідно до тепловтрат. Це відноситься і до будівлі в цілому, і до кожного окремого приміщення. Це означає, що проектувальник повинен розрахувати пікові навантаження для кожного приміщення і для кожної системи, а не використовувати наближені значення питомих показників, взяті з практики. Це також означає, що потужність установки не може бути менше розрахункової.[26]

Одним з істотних показників при виборі схемних рішень системи кондиціонування повітря є нерівномірність розподілу теплових навантажень по приміщеннях, які обслуговуються, яка характеризується поняттям «градієнт теплового навантаження». Його величина (2.1) визначається відношенням відносної теплового навантаження окремих приміщень  $q_i$  до середньої розрахункової по всій площі будівлі, яку обслуговує система кондиціонування повітря  $q_{cp}$ :

$$D_q = q_i / q_{cp} \quad (2.1)$$

Чим більше відхилення значень градієнтів від 1, тим більшими регулюючими можливостями повинна володіти система кондиціонування повітря.

### **Зональне регулювання**

Тривалість пікових навантажень становить лише кілька годин в рік, і в приміщеннях на різних сторонах будівлі пікові навантаження мають місце в різний час доби або в різні місяці. Внутрішні зони потребують охолодження круглий рік, незалежно від параметрів зовнішнього повітря.[26] Для постійної підтримки заданої температури в кожному приміщенні система повинна забезпечувати необхідну за часом продуктивність відповідно до графіка. Це означає, що необхідна можливість зміни продуктивності системи для кожного приміщення (або групи приміщень), незалежно від інших. Системи різних типів

використовують різні методи регулювання продуктивності, які можуть надавати великий вплив на розмір систем і експлуатаційні витрати.

### **Опалення**

Система повинна компенсувати тепловтрати через зовнішні стіни та покрівлю, а також забезпечувати нагрівання зовнішнього повітря, що подається в будівлю (вентиляція) або проникаючого через нещільність (інфільтрація). Подача тепла у внутрішню зону не може відшкодувати тепловтрати через скління в приміщеннях периметральної зони. Для підтримки комфортних умов в холодний період року система опалення повинна також оберігати людей від спадаючих холодних потоків повітря від вікон і від зовнішніх стін з недостатньою теплоізоляцією.

### **Вентиляція**

Люди, що знаходяться в приміщенні, потребують свіжого підготовленого повітря. У загальному випадку кількість вентиляційного повітря має відповідати рекомендаціям і правилам. Вимоги до системи вентиляції передбачають зниження концентрації різних забруднень повітря до прийняттого рівня. В основному це забруднення біологічного характеру, викликані присутністю людей, ось чому багато вимог до вентиляції використовують показник витрати припливного повітря в м<sup>3</sup> / год на людину.[27] Однак в приміщеннях є й інші джерела шкідливих виділень: копіювальна техніка, факси, лазерні принтери, килими, оздоблювальні матеріали, а іноді навіть меблі.

### **Архітектурні обмеження**

Система повинна вписуватися в відведений для неї простір. Для одних систем критичним розміром може бути висота поверху, для інших - зазор між встановленим обладнанням і стелею. Інші фактори, пов'язані з розміщенням, включають місце для прокладки повітроводів, машинні зали або невеликі кімнати для обладнання. Вторинення в приміщення - фізична, при установці фанкойлів, або акустичне, у вигляді шуму від обладнання

під стелею або в суміжному приміщенні, - важливо для багатьох замовників і для більшості архітекторів.[28] Вторгнення також може бути візуальним: якщо систему не вдається зробити невидимою, вона повинна гармоніювати з дизайном інтер'єру.

### **Бюджет**

Часом бюджет буває самим жорстким обмеженням, які мають першорядну важливість для замовників. Хоча більшість замовників обмежене певною сумою витрат на проект, самі розсудливі визнають, що система з низьким енергоспоживанням і дешевим обслуговуванням - це гарне вкладення капіталу. Замовники можуть іноді піти на великі капіталовкладення, якщо бачать попередньо розраховане зниження річних витрат. Інформація, яка переконує їх у цьому, повинна міститися в проектній документації.

### **Стандарти та нормативи**

Проектувальники зобов'язані розробляти системи, що задовольняють чинним стандартам і нормативам. Крім цього необхідно отримати дозвіл на будівництво запроектованої системи, а це передбачає розгляд проекту в наглядових органах. Іноді проектувальник пропонує альтернативне рішення, яке повинне бути погоджене з наглядовими органами. Доцільно обговорити ці питання до того, як офіційно звернутися за узгодженням, і, зрозуміло, до початку будівництва. У зв'язку з цим проектувальник повинен знати всі наглядові органи, що володіють відповідними юридичними правами, і вміти врегулювати спірні питання у всіх інстанціях, від яких потрібно отримати дозвіл.

### **Навантаження**

При виборі системи необхідно розглянути всі типи навантажень і їх розподіл по приміщеннях.

Явна і прихована теплота. Навантаження на охолодження складається з явної та прихованої частин (що визначаються відповідно

температурою повітря по сухому термометру і вологовмісту повітря). На психрометричні діаграми явне тепло представлено горизонтальним відрізком, а приховане тепло, або вологовміст - вертикальним відрізком.

### **Приміщення та холодильне обладнання**

Тепло в приміщення надходить за рахунок трансмісійної теплопередачі через огороження, сонячної радіації через вікна і внутрішніх тепловиділень. Теплообмінник-охолоджувач повинен асимілювати не тільки теплонадходження в приміщення, але і нагрів рециркуляційного повітря, тепло і вологу зовнішнього вентиляційного повітря і тепловиділення вентиляторів, встановлених до охолоджувача.[19] Таким чином, теплове навантаження приміщення істотно відрізняється від теплового навантаження на холодильне обладнання, яка, в свою чергу, залежить від типу систем.

### **Частка явного тепла**

Цей показник визначається як відношення явного тепла до повного (сумі явної та прихованої теплоти). Частка явного тепла в навантаженні приміщення відрізняється від такого ж показника для холодильного обладнання. Частка явного тепла для приміщення визначає оптимальну температуру і витрата припливного повітря

#### **2.2 Методи розрахунку повітрообміну в приміщеннях**

Для розрахунку системи вентиляції потрібно визначати продуктивність по повітрю (повітрообмін). Величина повітрообміну залежить від деяких факторів, а саме: кратність повітрообміну, вологовиділення, наявність надлишкових тепловиділень, наявність шкідливих речовин і т.д.

2004 році вийшла нова версія Стандарту ANSI / ASHRAE Standard 62.1- 2004 «Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality», розроблена Американським національним інститутом стандартів (ANSI) і Американським товариством інженерів з опалення, охолодження та

кондиціювання повітря (ASHRAE), внесені зміни і доповнення, пов'язані з удосконаленням рекомендацій щодо розрахунку кількості зовнішнього повітря і методик досягнення всередині приміщення повітря необхідної якості: шляхом визначення і зміни питомих норм повітрообміну і методики на основі розрахунку допустимих концентрації цих забруднюючих речовин.

Дані, які змінилися та доповнили розрахунки, особливо при застосуванні мультизональних систем, ускладнили інженерам завдання визначення необхідної витрати зовнішнього повітря. Раніше, для того щоб розрахувати кількість зовнішнього повітря, числа 8,6 м<sup>3</sup> / год, 17,3 м<sup>3</sup> / год або 25,6 м<sup>3</sup> / год, відповідні санітарній нормі, множилися на кількість проживаючих людей. Але стало очевидно, що застосування спрощеного розрахунку не забезпечує необхідну якість повітря всередині приміщень. Комітет ASHRAE при розробці Стандарту 62.1-2004 вніс доповнення, в зв'язку з яким необхідний витрата зовнішнього повітря повинен визначатися підсумовуванням окремих потоків повітря, необхідних для асиміляції теплоти, вологи і забруднюючих речовин, що надходять в приміщення від людей, матеріалів і технологічних процесів, відповідно. У зв'язку з цим, загальна кількість зовнішнього повітря рекомендується визначати шляхом підсумовування санітарної норми свіжого повітря, що припадає на 1 людину (27 м<sup>3</sup> / год), і норми подачі повітря на кожні 100 м<sup>2</sup> площі приміщення (36 м<sup>3</sup> / ч). Це дозволяє змінювати значення повітрообміну приміщень в залежності від розміру будівлі і кількості людей, які в ній знаходяться.

При розробці стандарту ASHRAE 62.1-2004 комітетом по стандартизації і фахівцями з досліджень питань вентиляції і організації повітрообміну була проведена оцінка факторів, що впливають на зниження якості повітря всередині будівлі, яке залежить від витрати припливного повітря.

Витрата повітря, що надходить в зону дихання людей, може бути зменшена в результаті поєднання наступних умов:

- Застосування систем зі змінною витратою повітря, що дозволяє в значній мірі економити капітальні та експлуатаційні витрати за рахунок зниження споживання електроенергії, тепла, холоду при зміні загальної витрати повітря.
- Вибору розподільника повітря, що забезпечує необхідну швидкість повітря (0,8 м / с), що надходить в робочу зону.
- Перемикання вентиляційної системи з режиму «охолодження» на «обігрів», коли при включенні зонального повітрянагрівача виникає ефект спливання повітряного потоку на рівень стелі і зменшення частки повітряного потоку, що потрапляє в зону дихання людей.
- Невідповідність реальної кількості людей, які перебувають в робочій зоні, розрахунковим значенням.

Якість повітря всередині приміщення є функцією багатьох змінних, таких як якість зовнішнього повітря, інтер'єр замкнутих обсягів, конструктивні особливості вентиляційних систем, способи їх управління і технічного обслуговування, наявність джерел забруднення та їх потужність. Стандарт ASHRAE 62.1-2004 містить вимоги щодо проектування систем вентиляції з урахуванням зазначених факторів, що дозволяє забезпечити допустимий рівень якості повітря в приміщеннях.[30]

У повітрі приміщень не повинно бути забруднюючих речовин в концентраціях, що перевищують гранично допустимі значення, тобто впливають на здоров'я людини або викликають дискомфорт. До забруднюючих речовин (шкідливих факторів) слід відносити: гази, пари, аерозолі, мікроорганізми, тютюновий дим, антропотоксини, радіонукліди, подразники, що викликають алергічні реакції, неприємні запахи. Вони

можуть потрапляти в повітря приміщень із зовнішнім повітрям або від джерел шкідливих виділень, розташованих в самому приміщенні, якими є технологічні процеси й інтер'єр приміщення, будівельні матеріали, покриття поверхонь і компоненти, які супроводжують процеси обробки повітря в системах кондиціонування повітря. У зв'язку з цим Стандарт ASHRAE 62.1-2004 пропонує способи визначення необхідної кількості зовнішнього повітря: на підставі розрахунку питомих норм повітрообміну і на основі розрахунку допустимих концентрацій забруднюючих речовин.

Для кожного житлового приміщення визначається кількість повітря, що подається. Розрахунок зазвичай ведеться відповідно до ДБН В.2.5-67:2013. Оскільки ДБН задає більш жорсткі вимоги, то в розрахунках ми будемо орієнтуватися на цей документ. У ньому говориться, що для житлових приміщень без природного провітрювання (тобто там, де вікна не відкривають) витрата повітря повинен складати не менше 60 м<sup>3</sup> / год на людину. Для спалень іноді використовують менше значення - 30 м<sup>3</sup> / год на людину, оскільки в стані сну людина споживає менше кисню. При розрахунку враховуються тільки люди, що знаходяться в приміщенні тривалий час.

Розрахункову температуру повітря і кратність повітрообміну в приміщеннях у холодний період року слід приймати згідно з таблицею 2.1.[14]

Таблиця 2.1 – Розрахункові температури у холодний період

Приміщення	Температура у холодний період року, °С	Кратність за 1 год або об'єм повітрообміну, м <sup>3</sup> /год	
		приплив	витяжка
1. Вестибюлі	16	2	-
2. Опалювані переходи	Не нижче ніж на 6 °С розрахункової температури приміщень, які поєднуються	-	-



	опалюваним переходом		
3. Гардеробні вуличного одягу	16	-	1
4. Гардеробні для сумісного зберігання всіх видів одягу з неповним переодяганням працюючих	18	З розрахунку компенсації витяжки з душових, але не менше однократного повітрообміну за годину	Згідно з вимогами 6.2.8
5. Гардеробні при душових (переддушових), а також з повним перевдяганням працюючих: а) гардеробні спецодягу	23	5	5
б) гардеробні домашнього (вуличного і домашнього) одягу	23	З розрахунку компенсації витяжки з душових, але не менше однократного повітрообміну за годину	Згідно з вимогами 6.2.8

Продовження таблиці 2.1

6. Душові	25	-	75 м3/год на одну душову сітку
7. Туалети	16	-	50 м3 /год на один унітаз і 25м3 /год на один пісуар
8. Умивальні при туалетах	16	-	1
9. Приміщення для куріння	16	-	10

10. Приміщення для відпочинку, обігрівання або охолодження	22	2 (але не менше 30 м <sup>3</sup> /люд)	3
11. Приміщення (кабіни) для особистої гігієни жінок	23	2	2
12. Приміщення для ремонту спецодягу	16	2	3
13. Приміщення для ремонту взуття	16	2	3
14. Приміщення управлінь, конструкторських бюро, громадських організацій площею:	18	1,5	
а) не більше 36 м <sup>2</sup>			
б) більше 36 м <sup>2</sup>	18	За розрахунком	
15.Приміщення для сушіння спецодягу	За технологічними вимогами у межах 16-33°C	За розрахунком	
16.Приміщення для знепилювання спецодягу	16	За розрахунком	
17.Комора чистого одягу	16	1	
18. Комора спецодягу	16	2	
19. Комора прибирального інвентаря	16	1	

Примітка. Розрахункова температура повітря в теплий період року і вологість у приміщеннях не нормуються, окрім вказаних у 10-13, 14б, у яких розрахункову температуру приймають відповідно до СНиП 2.04.05, а повітрообмін визначають розрахунком.[15]

Після того, як розраховували повітрообмін за кількістю людей, то потрібно розрахувати повітрообмін за кратністю (даний параметр показує, кількість разів повної заміни повітря у приміщенні протягом однієї

години). Для підтримки нормальних умов, потрібно, щоб відбувався хоча б одноразовий повітрообмін.

Тобто, щоб визначити необхідну витрату повітря нам потрібно розрахувати 2 значення повітрообміну: за кратністю та за кількістю людей, а потім більше значення з отриманих. [31]

Розрахунок повітрообміну за кількістю людей:

$$L = N * L_n, \quad (2.1)$$

де  $L$  – необхідна продуктивність припливної вентиляції, м<sup>3</sup>/год;

$N$  – кількість людей;

$L_n$  – норма витрати повітря на 1 людину;

- в стані спокою – 30 м<sup>3</sup>/год;
- типове значення – 60 м<sup>3</sup>/год

Розрахунок повітрообміну за кратністю:

$$L = N * S * H, \quad (2.2)$$

$L$  – необхідна продуктивність припливної вентиляції, м<sup>3</sup>/год;

$S$  – площа приміщення, м<sup>2</sup>;

$H$  – висота приміщення, м;

$N$  – нормована кратність повітрообміну:

- для громадських будівель – від 2 до 3;

Для деяких приміщень з висотою стелі 6 м і більше слід використовувати нормативну кратність рівною 6.

Розрахунок повітрообміну за надлишком явної теплоти:

$$L = \frac{3.6 \sum Q_{\text{надл}}}{c * \rho * (t_{\text{вих}} - t_{\text{вх}})}, \quad (2.3)$$

$\sum Q_{\text{надл}}$  – надлишок явної теплоти в приміщенні, Вт;

$c$  – теплоємність повітря,  $c = 1,005$  кДж/(кгС);

$\rho$  – щільність повітря,  $\rho = 1,2$  кг, м<sup>3</sup>;

$t_{\text{вих}}$  – температура вихідного повітря з приміщення за межами зони, що обслуговується, або робочої зоні, С°;

$t_{\text{вх}}$  – температура вхідного повітря, С°.

Розрахунок повітрообміну за надлишком вологи (водяного пару):

$$L = \frac{M}{\rho * (d_{\text{вих}} - d_{\text{вх}})}, \quad (2.4)$$

$M$  – надлишок вологи у приміщенні, г/год;

$\rho$  – щільність повітря,  $\rho = 1,2 \text{ кг, м}^3$ ;

$d_{\text{вих}}$  – вологовміст повітря, який видаляється з приміщення за межами зони, яка обслуговується або робочої зони, г/кг;

$d_{\text{вх}}$  – вологовміст приточного повітря, г/кг.

На рисунку 2.7 зображено типове рішення руху повітря для видалення надлишкової вологи.

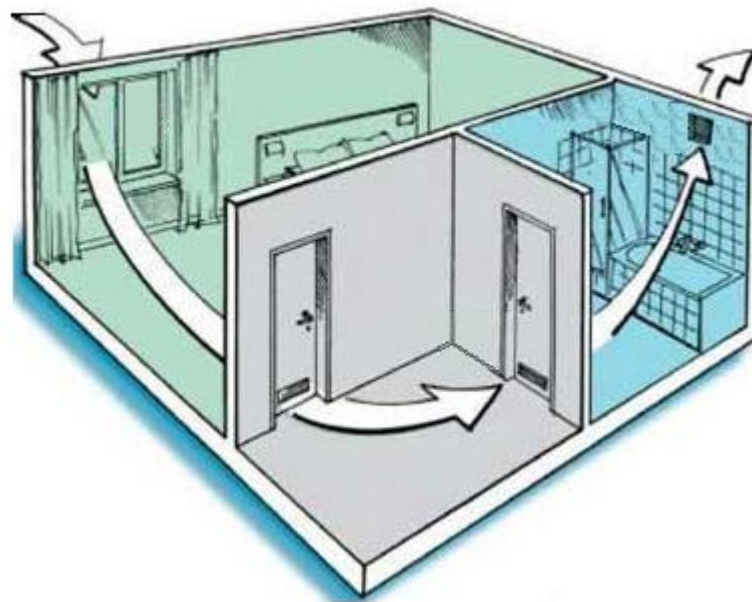


Рисунок 2.7 – Приклад руху повітря у приміщенні з видаленням  
воологи

2.2.1 Розрахунок повітрообміну за масою шкідливих речовин, що виділяються

Питанням впливу якості повітря в приміщеннях будівель на самопочуття людей приділяється особлива увага як екологами, лікарями, діагностами, так і інженерами, дизайнерами систем вентиляції та кондиціонування повітря. Від якості повітря залежить фізичний стан

людини: при незадовільну якість повітря люди відчують нездужання, втрату концентрації уваги, розвиток хвороб і т.д.

До шкідливих речовин, що підлягають асиміляції системами вентиляції, відносяться газоподібні забруднювачі, що виділяються в процесі дихання і через поверхню шкіри людини (аміак, сірководень, ацетон і т.п.), а також хімічні леткі сполуки, що виділяються меблями та оздоблювальними матеріалами в приміщенні. У процесі дихання людини в нормальних умовах зміни концентрації схильні в основному два компонента повітря: кисень і вуглекислий газ. В ході метаболічних процесів в організмі людини концентрація кисню в повітрі, що видихається знижується з 20,9 до 16,3%, а вуглекислого газу, навпаки, зростає з 0,03 до 4% [32]. Потрібно звернути увагу на те, що при цьому зростає концентрація вуглекислого газу майже в 100 раз. Було встановлено, що концентрація вуглекислого газу, що виділяється при диханні людиною, тісно взаємопов'язана зі ступенем концентрації газових забруднювачів.[32].

Саме тому було прийнято концентрацію вуглекислого газу, як індикатор якості повітря [34].

Інші шкідливі газові виділення в приміщеннях житлових і громадських будівель (фенолформальдегіда, ацетон, аміак і інші компоненти, які виділяються меблями, оздоблювальними матеріалами) призводять до еквівалентів вуглекислого газу [35]. Забруднюючі речовини, які виділяються від меблів і декоративних матеріалів (в основному формальдегіди і аніліну), мають в основному різноспрямований характер і асимілюються повітрообміном, який розрахований за концентрацією CO<sub>2</sub>. Як правило, під час відсутності людей в приміщенні фонові кратність повітрообміну 0,1-0,2 год<sup>-1</sup> достатня для асиміляції шкідливих виділень від меблів і оздоблювальних матеріалів.

ГОСТ 30494-2011 «Будівлі житлові і суспільні. Параметри мікроклімату в приміщеннях» передбачає чотири класи якості повітря в приміщенні в залежності від концентрації вуглекислого газу:

- 1-й клас (оптимальний мікроклімат, висока якість) - концентрація вуглекислого газу не більше  $400 \text{ см}^3/\text{м}^3$ ;
- 2-й клас (оптимальний мікроклімат, середня якість) - концентрація вуглекислого газу від 401 до  $600 \text{ см}^3/\text{м}^3$ ;
- 3-й клас (допустимий мікроклімат, допустиме якість) - концентрація вуглекислого газу від 601 до  $1\ 000 \text{ см}^3/\text{м}^3$ ;
- 4-й клас - неприпустимо висока концентрація вуглекислого газу, низька якість повітря - більше  $1\ 000 \text{ см}^3/\text{м}^3$ .

Інформацію про концентрацію вуглекислого газу в зовнішньому повітрі оформлюються пунктами метеоспостережень. Середньорічні приблизні значення концентрації вуглекислого газу згідно [36] складають:

- сільська місцевість -  $350 \text{ см}^3/\text{м}^3$ ;
- малі міста -  $375 \text{ см}^3/\text{м}^3$ ;
- забруднене центр великого міста -  $400 \text{ см}^3/\text{м}^3$ .

Передбачається, що вентиляція рівномірно розподіляє повітря в приміщенні, і концентрація шкідливих речовин, в тому числі вуглекислого газу, однакова в усіх точках приміщення (рис.2.8а). Як правило, для вентиляція, яка перемішує повітря, характерна досить висока кратність повітрообміну, не менше  $3 \text{ год}^{-1}$ .

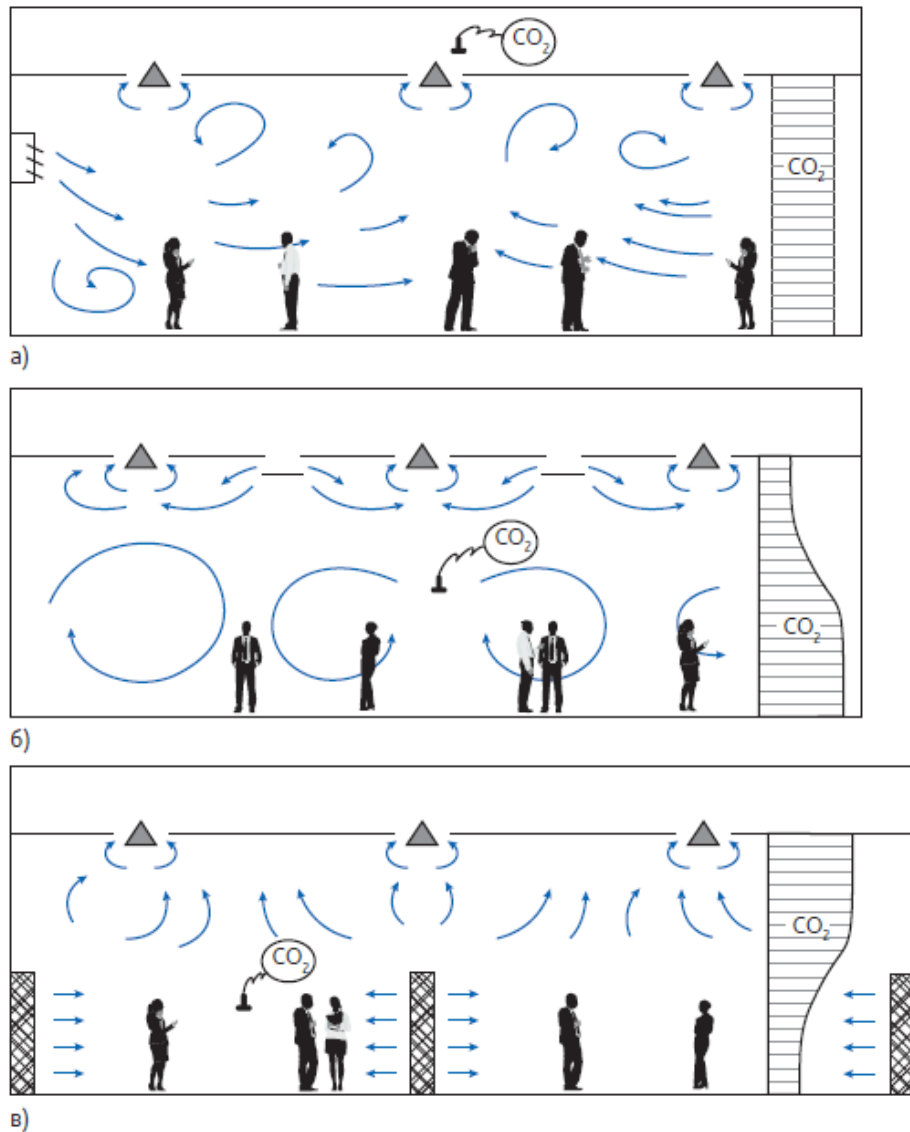


Рисунок 2.8 – Характер розподілення вуглекислого газу при (а) перемішувальній, (б) короткозамкнутій та (в) витісняючій вентиляції

До класу перемішувальної вентиляції відносяться системи з рециркуляцією повітря, системи вентиляції, що поєднуються з вентиляторами доводчиками систем кондиціонування повітря (спліт-системами і фанкойлами).

У багатьох адміністративних і офісних будівлях для влаштування систем розподілу повітря використовують підшивні стелі, в яких розміщують і припливні, і витяжні пристрої. Як правило, кратність повітрообміну в традиційних рішеннях в цьому випадку не перевищує 1,0-1,5 год<sup>-1</sup>.

У ряді випадків при ізотермічній вентиляції або при невеликому перегріві припливного повітря значна частина свіжого повітря по короткій траєкторії засмоктується в витяжні решітки, утворюючи так звану короткозамкнутую циркуляцію (рис.2.8б). В цьому випадку вуглекислий газ, що видихається людьми, накопичується в обслуговуваній зоні, і його концентрація значно вище, ніж в повітрі, що видаляється. Це приклад неефективної організації вентиляції.

Треба відзначити, що молекулярна вага вуглекислого газу більш ніж в 1,5 рази більше, ніж у повітря, і тому при слабкій циркуляції він може накопичуватися в нижній зоні приміщень.

$$L = \frac{m_t}{(q_{\text{вих}} - q_{\text{вх}})}, \quad (2.5)$$

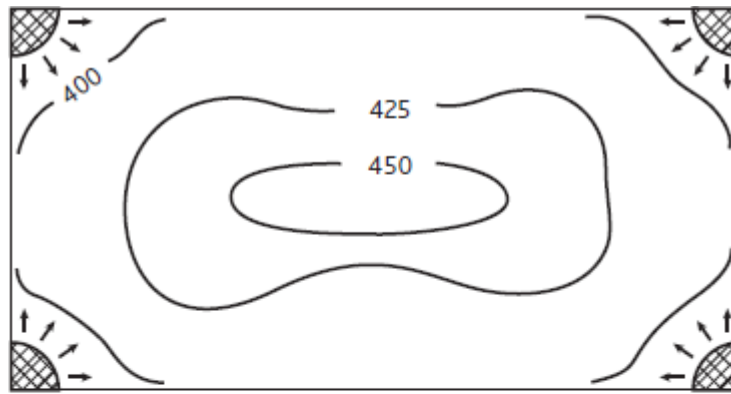
$m_t$  – витрата кожного з шкідливих і вибухонебезпечних речовин, що надходять в повітря з приміщення;

$q_{\text{вих}}$  – концентрація шкідливої та вибухонебезпечної речовини в повітрі, яке видаляється за межами зони, яка обслуговується абсорбційної зони, мг/м<sup>3</sup>;

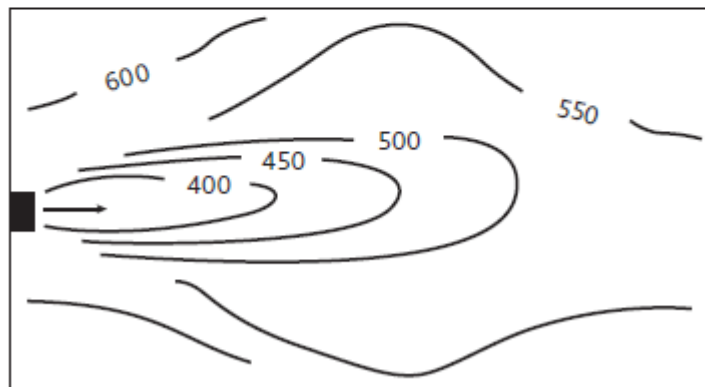
$q_{\text{вх}}$  – концентрація шкідливої та вибухонебезпечної речовини в приточному повітрі, мг/м<sup>3</sup>. [31]

Розподіл полів концентрації вуглекислого газу в обсязі приміщень може бути розраховане досить точно, але в більшості випадків завдання моделювання повітряно-теплого режиму приміщень виконуються тільки для унікальних об'єктів [37]. На рис.2.9 наведений приблизна картина розподілу концентрації вуглекислого газу при витісняючій вентиляції (а) і в зоні дії припливної струменя повітря (б).





а)



б)

Рисунок 2.9 – Лінії рівних концентрацій вуглекислого газу в плані приміщення при витісняючій вентиляції (а) і в струмені припливного повітря(б)

Індикатором якості повітря в житлових і громадських будівлях може служити концентрація вуглекислого газу.

При виборі систем вентиляції важливим критерієм адаптивності служить час життя свіжого повітря, або ефективність розподілу повітря. Слід прагнути, щоб свіже припливне повітря по короткій траєкторії досягало зони дихання, не перетинаючи при цьому брудні зони з виділенням шкідливих речовин.

### 2.3 Аналіз енергоспоживання об'єктом

Міська поліклініка № 2 була збудована у 1980 році. У будівлі знаходяться адміністративні приміщення, санвузли, кабінети, палати, роздягальня, їдальня, технічні підсобні приміщення.

Режим роботи: з сьомої ранку до вісімнадцятої години вечора кожного дня крім суботи та неділі.

Деяка інформація, що стосується поліклініки зображена у таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Загальні дані поліклініки

Первісна вартість об'єкта, грн.	4 300 257,00
Залишкова вартість об'єкта, грн.	809 584,00
Довжина будівлі, м.	74,24
Ширина будівлі, м.	12,74
Висота будівлі, м	16
Площа забудови, кв.м.	962
Будівельний об'єм будівлі, куб.м.	14911
Опалювальний об'єм будівлі, куб.м.	11929
Загальна площа, кв.м.	4810
Кондиційована площа, кв.м.	3848
Кількість поверхів, од.	4
Основний матеріал стін	Цегла силікатна
Товщина зовнішніх стін, м.	0,55
Кількість вікон, всього, од.	186
в тому числі:	X
- дерев'яних, од.	171
- метало пластикових, од.	15
Кількість дверей, од.	12

Загальна кількість працюючих – приблизно 140 чоловік лікарів та технічного персоналу і відвідуючих 630 людей.

В 2016 році був проведений капітальний ремонт огорожуючих конструкцій.

Чотирьохповерхова міська поліклініка конструктивно виконана окремою будівлею.

Зовнішні стіни будівлі виконані з силікатної цегли товщиною 450 мм, ззовні вкриті облицювальною шаром штукатурки та шаром ізоляції

(жорсткий утеплювач) товщиною 100 мм. Зовнішній фасад не має очевидних пошкоджень.

Вікна були частково замінені на металопластикові однокамерні склопакети, загального будівництва, не енергозберігаючі. Загальна площа вікон – 685,15 м<sup>2</sup>.

Вхідні двері будівлі також замінені на металопластикові. Загальна площа дверей рівна 83,55 м<sup>2</sup>.

Дах плоский, знаходиться безпосередньо над опалювальними приміщеннями. Переkritтя виконано з залізобетонної багатопустотної панелі товщиною 220 мм та ззовні вкрито шаром керамзитового утеплювача (150 мм) та подвійним шаром гідроізоляції – руберойдом. Площа даху – 1361,1 м<sup>2</sup>.

Підвал неопалювальний (або технічне підпілля) під всією площею будівлі, напівцокольний.

У таблиці 2.3 наведені дані просто фактичне споживання енергоресурсів за період 2016-2018 років.

Таблиця 2.3 – Споживання енергоресурсів лікарнею за 2016-2018 рр.

Показник	Одиниця виміру	по роках		
		2016	2017	2018
<b>Теплова енергія</b>				
фактичний обсяг споживання	Гкал.	353,23	275,78	291,99
фактичний обсяг споживання	грн.	472714,8	369065,7	390759,7
питоме споживання	Гкал. на 1 куб.м. опалювального об'єму	0,029	0,023	0,024
<b>Електроенергія</b>				
фактичний обсяг споживання	кВт*год.	84100	84600	94800
фактичний обсяг споживання	грн.	151380	152280	170640
питоме споживання	кВт*год. на м <sup>2</sup>	17,48	17,58	19,7
<b>Водопостачання та водовідведення</b>				
фактичний обсяг споживання	куб.м.	3320	3308	3199
фактичний обсяг споживання	грн.	76061,2	75786,2	73289,1
питоме споживання	куб.м. на 1 особу	4,99	5,25	4,77

Склалася тенденція зменшення споживання теплової енергії, показник приросту зменшився на 17,4% в порівнянні з 2016 роком. Але не дивлячись на даний аспект, що зменшуються затрати на опалення будівлі, простежується збільшення затрат на електроенергію та ріст тарифів на всі види ресурсів, що істотно впливає на затрати для функціонування поліклініки, саме тому постає питання щодо енергомодернізації будівлі.

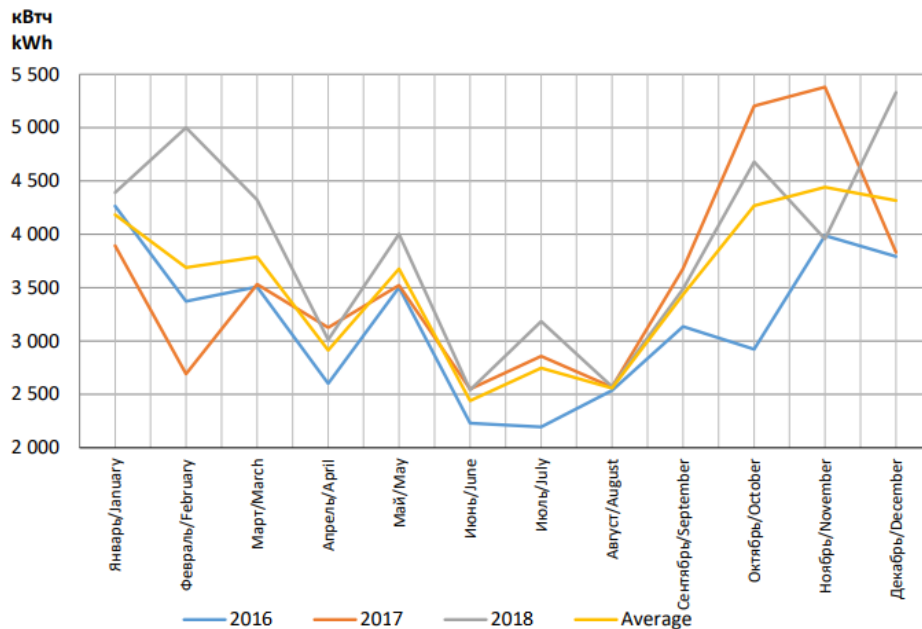


Рисунок 2.10 – Споживання електроенергії за 2016-2018 рр.

Також на рисунках 2.10 та 2.11 можна простежити динаміку споживання електроенергії та тепла впродовж трьох років в кВт/год та в Гкал. Очевидно, що споживання теплової енергії відсутнє у літній проміжок часу, а в зимовий період має високі показники.

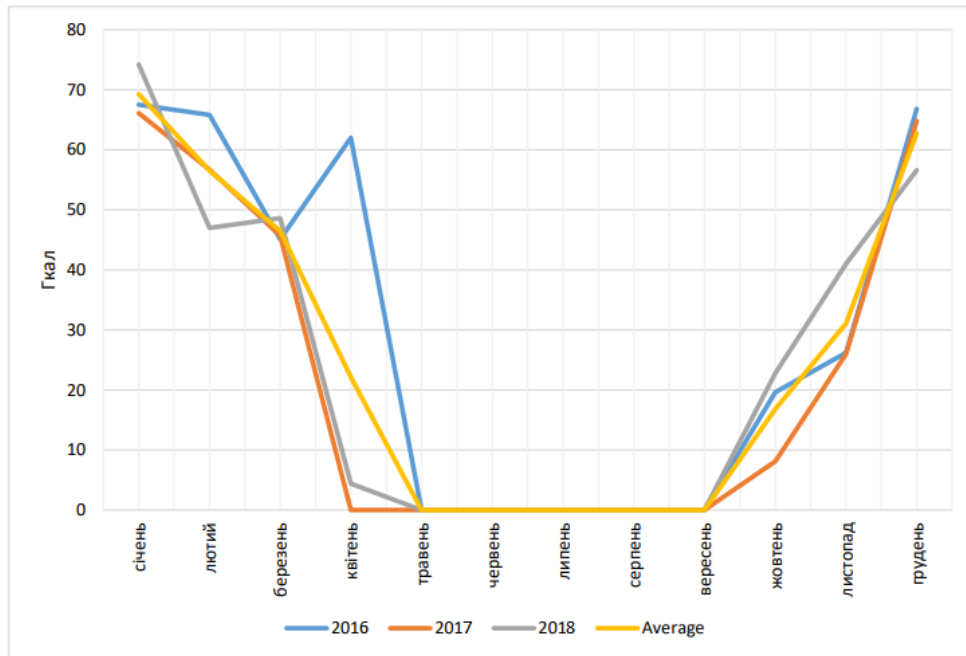


Рисунок 2.11 – Споживання теплової енергії за 2016-2018 рр.

Також на рисунках 2.10 та 2.11 можна простежити динаміку споживання електроенергії та тепла впродовж трьох років в кВт/год та в Гкал. Очевидно, що споживання теплової енергії відсутнє у літній проміжок часу, а в зимовий період має високі показники.

#### 2.4 Опис вентиляції приміщень

У більшості приміщень закладу діє природня вентиляція, яка є застарілою. Також існує механічна, яка хоплює приблизно половину будівлі східної сторони з першого поверху до останнього поверху. Припливно-витяжна система вентиляції розташована в приміщенні підвалу та оснащена пластинчатим рекуператором, фільтрами, вентиляторами та калорифером, який є додатковим споживачем електричної енергії. Забір повітря відбувається верез повітро-забірні шахти, що розташовані в 15 метрах від будівлі з південної сторони. При огляді систем вентиляції було виявлено, що механічна система знаходиться не в діючому стані та відповідно не функціонує.

При реконструкції даху будівлі були опущені помилки, а саме, не були виведені вентиляційні канали природньої вентиляції на дах будівлі

(рис.2.12), їх залишили під покрівлею. Тяга в шахтах значно зменшилась, за рахунок цього майже відсутня природня вентиляція.



Рисунок 2.12 – Вентиляційні шахти та повітропроводи

Для вирішення ряду питань з вентиляції будівлі можна запропонувати низку рішень. По-перше, ні в якому разі не відновлювати та запускати в дію стару припливно-витяжну систему з підігрівом повітря, так як система не є ефективною та споживає чималу кількість електроенергії.

Згідно з державними будівельними нормами ДБН В.2.2-10-2001 Будинки і споруди Заклади охорони здоров'я, а саме згідно пункту 7.58 – Рециркуляція повітря та утилізація теплоти витяжних установок не допускається. Але існують категорії чистоти приміщення, які приведені у таблиці 2.4

Дана поліклініка має усі категорії чистоти приміщень, окрім категорії А (особливо чисті).

Тому для поліклініки буде запропоновано заміна старої припливно-витяжної системи вентиляції на нову систему з водяним нагрівачем.

Таблиця 2.4 – Допустимі рівні бактеріального обсіменіння повітряного середовища приміщень лікарняних закладів залежно від їх функціонального призначення і категорії чистоти

Категорія чистоти	Найменування приміщення	Санітарно-мікробіологічні показники					
		Загальна кількість мікроорганізмів у 1 м <sup>3</sup> повітря (КУО/м <sup>3</sup> )		Кількість колоній <i>Staphylococcus aureus</i> у 1 м <sup>3</sup> повітря (КУО/м <sup>3</sup> )		Кількість пліснявих і дріжджових грибів у 1 дм <sup>3</sup> повітря	
		до початку роботи	за час роботи	до початку роботи	за час роботи	до початку роботи	за час роботи
Особливо чисті (А)	Операційні, пологові зали, асептичні бокси для гематологічних, опікових пацієнтів, палати для недоношених дітей, асептичний блок аптек, стерилізаційна (чиста половина), бокси бактеріологічних лабораторій	Не більше 200	Не більше 500	Не повинно бути	Не повинно бути	Не повинно бути	Не повинно бути
Чисті (Б)	Процедурні, перев'язочні, передопераційні, палати реанімації, дитячі палати, кімнати збору і пастеризації грудного молока, асистентські і фасовочні аптеки, приміщення бактеріологічних і клінічних лабораторій, призначених для проведення досліджень	Не більше 500	Не більше 750	Не повинно бути	Не повинно бути	Не повинно бути	Не повинно бути
Умовно-чисті (В)	Палати хірургічних відділень, коридори операційних, пологових залів, наглядові, бокси і палати інфекційних відділень, ординаторські, матеріальні, комора чистої білизни	Не більше 750	Не більше 1000	Не повинно бути	Не більше 2	Не повинно бути	Не повинно бути
Брудні (Г)	Коридори і приміщення адміністративних будівель, сходи лікарняно-діагностичних корпусів, санітарні кімнати, туалети, кімнати для брудної білизни і тимчасового зберігання відходів	Не нормується		Не нормується		Не нормується	





## Висновки до 2 розділу

1. Проведений аналіз літератури щодо вибору вентиляційної системи, які можна класифікувати за різними ознаками. Одними з них є вентиляційні припливно-витяжні установки з рекуперацією тепла. В якості рекуператора можуть виступати пластинчастий теплообмінник або роторний. Для вибору оптимальної вентиляційної установки потрібно враховувати ключові критерії, а саме функціональні вимоги, вимоги до продуктивності, капітальні затрати та вимоги до розміщення та комфорту.
2. Для розрахунку та підбору вентиляційної установки потрібні вихідні дані, а саме кількість свіжого повітря, яке подається в приміщення. Тому було розглянуто кілька методів розрахунку повітрообміну, включаючи метод за масою шкідливих речовин.
3. Проведений аналіз енергоспоживання поліклінікою за останні 3 роки, та зроблений висновок, що споживання енергоресурсів с кожним роком зменшується, але все ж залишається на високому рівні.

## 3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЛІКАРНЯНОГО ЗАХОДУ

3.1 Підбір та розрахунок припливно-витяжної системи вентиляції для існуючої будівлі.

Обрати правильно систему вентиляції не є легким питанням. Саме тому найчастіше надають перевагу вибору інженерного обладнання за допомогою програмного забезпечення, яке надає комплексне рішення, при заданих певних параметрах.

Для прорахунку вентиляційної установки можна використовувати безліч програм підбору. Однією з таких являється програма Visual AHU.

Програмне забезпечення Visual AHU - це система продажу та виробництва на базі Windows, спеціально розроблена для виробників систем вентиляції та пристроїв кондиціонування (рис.3.1). Стандартне програмне забезпечення Visual AHU використовує налаштовані бази даних для швидкого вибору та створення стандартних одиниць. Існує кілька оновлень, включаючи оновлення програмного забезпечення Visual AHU Manufacturing, інтеграцію Autodesk Inventor, інтеграцію Autodesk Revit та отримання сертифікату EUROVENT. Програмне забезпечення Visual AHU допомогло клієнтам з усього світу отримати сертифікат Eurovent.

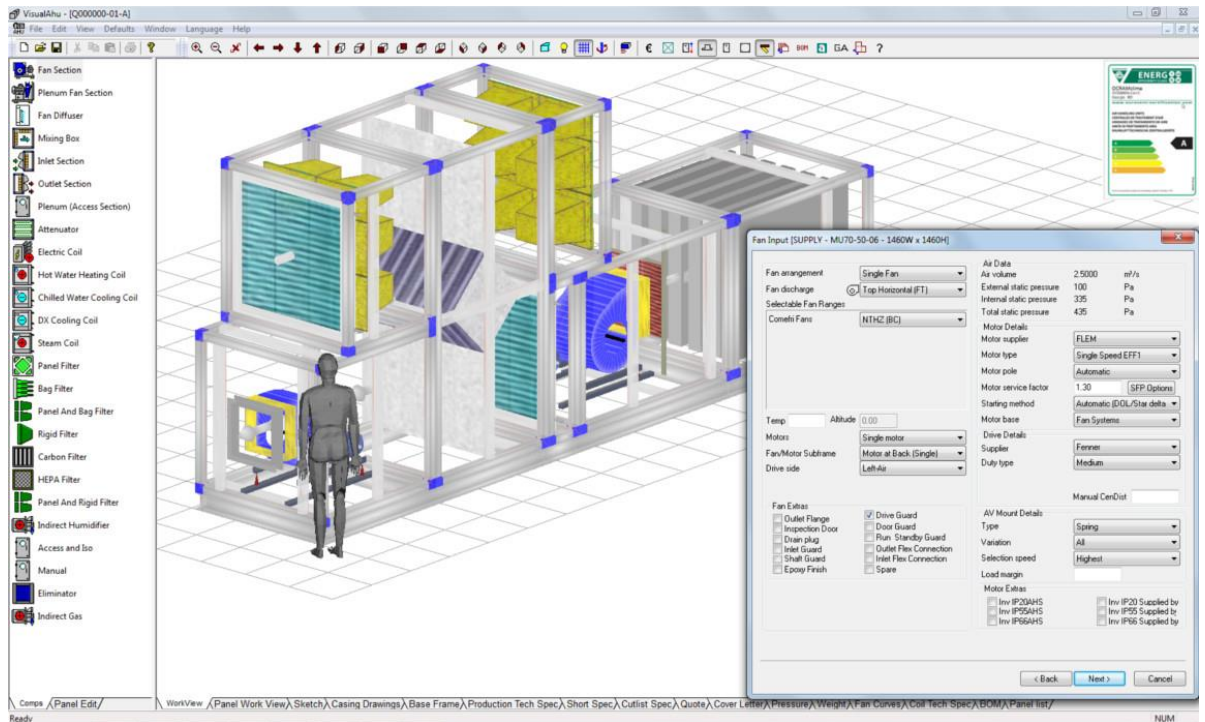


Рисунок 3.1 – інтерфейс програми Visual AHU

Дана програма має низку переваг, а саме:

- унікальний модуль введення даних (налаштовані бази даних);
- створення шаблону блоку для швидкого вибору;
- унікальна 3d-візуалізація;
- простий у використанні перетягування для позиціонування компонентів;
- заслінки, впускні отвори та відводи можна змінити за розміром і перемістити;
- автоматичне секціонування залежно від довжини профілю;
- приєднати до / розділити розділ у будь-якому місці;
- усі розділи можна змінити за розміром;
- в існуючий вибір можна додати ручні компоненти;
- вставка символу для спеціальних / нестандартних компонентів;
- заміна панелі вручну для нестандартних конструкцій;
- багатомовні / мульти-одиниці (метричні / імперські);
- система управління проектами;

- програмне забезпечення обчислює продуктивність, вартість, вагу, довжину та падіння тиску повітря для кожного компонента
- стандартна версія єс програмного забезпечення відповідає вимогам сертифікації eurovent.

при проведенному розрахунку системи можемо отримати наступні результати:

- масштабовані, розмірні малюнки autocad ga (dwg)
- список різання панелей
- розбивка витрат - матеріали, час роботи
- аркуш ваги для вставки в креслення клієнтів
- продуктивність / технічні умови
- обсяг поставки (pdf)
- пояснювальна записка та супровідний лист (pdf)
- криві вентиляторів (pdf)
- психрометричні діаграми
- ескіз (pdf) (dwg)

У програмі підбору можливо обрати декілька варіантів вентиляційного обладнання, а саме:

- проста приточна установка;
- приточно-витяжна установка;
- приточно-витяжна установка з рекуперацією тепла:
  - з пластинчастим рекуператором;
  - з роторним рекуператором.

До існуючи варіантів є можливість включити в систему різні теплообмінники, які розраховані на обігрів чи охолодження приміщень, а також додаткові аксесуари такі як шумоглушники, додаткові НЕРА-фільтри, карбонові фільтри та зволожувачі повітря.

Так як існуючий стан з вентиляцією поліклініки є незадовільним, пропоную розрахувати 2 варіанти припливно-витяжної установки з двома

різними рекуператорами, а саме з пластинчато-перехресним та роторним рекуператорами.

Для початку потрібно визначити кількість повітря, яке вимагається для забезпечення комфортних умов перебування людей у приміщеннях поліклініки.

Даний заклад відвідують пацієнти з 7.00 до 16.00 години, та середня завантаженість рівна 670 чоловік включаючи медичний персонал.

Спочатку проведемо розрахунки вентиляційної системи з пластинчатим рекуператором та електричним калорифером, тобто відтворимо попередню застарілу систему, яка функціонувала до певного часу.

Для того щоб розрахувати повітрообмін, а саме необхідну кількість повітря, використаємо формулу розрахунку за нормою витрати повітря на 1 людину , яка була приведена раніше:

$$L = N * L_n$$

(3.1)

$$L = 670 * 30 = 20100 \text{ м}^3/\text{год}$$

У програмі вводимо головні початкові дані, тобто кількість свіжого повітря, яке потребується для подачі в будівлю, зовнішній статичний тиск та деякі конструктивні особливості для вибору коректної установки.

Unit Construction			
Unit Model	BL20		
Customer Unit Reference			
Quantity	1		
Access Side	Right		
Frame Material			
Panel Insulation	Mineral Wool - 50mm		
Panel Depth	46 +/- 2 mm		
Roof Type	None		
Base Frame	2mm galv steel base		
Length	5075 mm		
Width	1630 mm		
Height	2360 mm		
Weight Approx + - 5%	2119kg		
Duty	Supply	Extract	
	20100	20100	m <sup>3</sup> /h
Total Static Pressure	659	652	Pa
External Static Pressure	250	250	Pa
Unit Velocity	3.38	3.38	m/s
Motor Power	11.00	11.00	kW

Рисунок 3.2 – Вихідні дані

У програмі було підбрано установку, яка розрахована на 20 тисяч кубів повітря та зовнішнім статичним тиском 250 Па (рис.3.2).

Plate Heat Exchanger					
Make		Recuperator	Model		
			FZ AL 12 N 1300 N 1 AE NS SM		
Winter Fresh Air			Winter Extract Air		
Air Volume	20100 m <sup>3</sup> /h		Air Volume	20100 m <sup>3</sup> /h	
Total Load	181.24 kW		Total Load	181.24 kW	
Efficiency	64 %		Efficiency	64 %	
Pressure Drop	250 Pa		Pressure Drop	270 Pa	
Inlet	DB Temp	-22.0°C	Inlet	DB Temp	20.0°C
	RH/WB	90.0 % / -22.1°C		RH/WB	30.0 % / 10.9°C
Outlet	DB Temp	4.9°C	Outlet	DB Temp	-2.9°C
	RH/WB	8.6 % / -1.9°C		RH/WB	93.9 % / -3.2°C
Summer Fresh Air			Summer Extract Air		
Air Volume	20100 m <sup>3</sup> /h		Air Volume	20100 m <sup>3</sup> /h	
Total Load	52.33 kW		Total Load	52.33 kW	
Efficiency	60 %		Efficiency	60 %	
Pressure Drop	296 Pa		Pressure Drop	290 Pa	
Inlet	DB Temp	35.0°C	Inlet	DB Temp	22.0°C
	RH/WB	45.0 % / 25.1°C		RH/WB	50.0 % / 15.4°C
Outlet	DB Temp	27.2°C	Outlet	DB Temp	29.8°C
	RH/WB	70.4 % / 23.0°C		RH/WB	31.4 % / 18.1°C

Рисунок 3.1 – Розраховані параметри пластинчатого рекуператора

На рис. 3.1 зображені вхідні та вихідні дані пластинчатого рекуператора, який був розрахований на 2 сезони. Але дану установку не

будуть використовувати влітку, тому звернемо увагу на отримані параметри для холодного сезону, які були розраховані програмою, а саме на ефективність, яка знаходиться на позначці 64% та на температуру після рекуператора на витяжці 4.9 C°. Температура має додатню позначку, що забезпечить необмерзання пластин рекуператора. Але водночас цього значення недостатньо для забезпечення комфортних умов в приміщеннях, саме тому в систему додаємо електричний калорифер (рис.3.3).

ELECTRIC HEATER			
Air On DB	5.0°C	Air Off DB	22.0°C
Maximum Heater Duty	120.00 kW	Total Load	115.04 kW
Fin Material		Stages	1
Pressure Drop	1 Pa		
Connection Side	Right Air		

Рисунок 3.3 – Розрахункові дані калорифера

Отриманий електричний нагрівач споживає 115кВт електричної енергії з максимум можливих 120кВт. Даний параметр свідчить, що споживання електричної енергії є занадто великим.

В результаті ми отримали температуру повітря, яка подається у приміщення 22 C°.

Unit Energy Use				
	Supply	Extract		
SPF	1.64	1.63	3.27	kW/(m <sup>3</sup> /c)
SPF Int	654	644	1298	w/(m <sup>3</sup> /s)
SPF Int Limit 2016	540			w/(m <sup>3</sup> /s)
SPF Int Limit 2018	460			w/(m <sup>3</sup> /s)
SPF Conform	No			

Рисунок 3.4 – Розрахунок SFP установки з пластинами

При розрахунку енергоспоживання (рис.3.4), внутрішній SFP установки встановився на рівні 1298 В/(м<sup>3</sup>/с), що значно перевищує нормовані значення для 2016 року та 2018 року. SFP на один вентилятор - 1630 Вт/(м<sup>3</sup>/с), тобто потрапляє в типові значення SFP4 для припливного вентилятора, але не потрапляє в SFP3 для витяжного вентилятора. Для того щоб зменшити це значення потрібно знизити тиск на елементах установки. Можливо обрати інший пластинчатий рекуператор, який буде більше по розміру. Але кращим вирішенням для підвищення ефективності установки

буде заміна типорозміру, тобто обрати не BL20, а BL22, яка розрахована на 22000м<sup>3</sup> повітря, що дозволить збільшити розмір рекуператора.

Другий варіант підбору установки буде включати в себе роторний регенератор та водяний нагрівач. Вхідні дані аналогічні до попереднього розрахунку, тому перейдемо одразу до отриманих даних для роторного рекуператора (рис.3.5).

HEAT WHEEL					
Efficiency at balanced Flow 75.5 %					
Matrix Type				Contact us	
Model				BA2250x2250-2100H-014-0B000-0000-0	
Winter Fresh Air			Winter Extract Air		
Air Volume		20100 m <sup>3</sup> /h	Air Volume		20100 m <sup>3</sup> /h
Total Load		NaN kW	Total Load		NaN kW
Heat Recovery Efficiency		76 %	Mosture Recovery Efficiency		86 %
Pressure Drop		209 Pa	Pressure Drop		243 Pa
Inlet	DB Temp	-22.0°C	Inlet	DB Temp	21.0°C
	RH/WB	100.0 % / -22.0°C		RH/WB	50.0 % / 14.6°C
Outlet	DB Temp	10.8°C	Outlet	DB Temp	-11.5°C
	RH/WB	33.24 % / 4.5°C		RH/WB	100.00 % / -11.5°C
Summer Fresh Air			Summer Extract Air		
Air Volume		20100 m <sup>3</sup> /h	Air Volume		20100 m <sup>3</sup> /h
Total Load		NaN kW	Total Load		NaN kW
Heat Recovery Efficiency		76 %	Mosture Recovery Efficiency		0 %
Pressure Drop		246 Pa	Pressure Drop		246 Pa
Inlet	DB Temp	35.0°C	Inlet	DB Temp	24.0°C
	RH/WB	59.0 % / 28.0°C		RH/WB	50.0 % / 17.1°C
Outlet	DB Temp	26.6°C	Outlet	DB Temp	32.4°C
	RH/WB	95.41 % / 26.0°C		RH/WB	30.63 % / 19.8°C

Рисунок 3.5 – Розрахункові дані роторного рекуператора

Ефективність рекуператора сягає 76% та вихідна температура після ротора 10.8 С°, дані параметри значно вище, ніж при застосуванні пластинчатого рекуператора.

Для догріву повітря використаємо водяний теплообмінник (рис.3.6).



WATER HEATING COIL			
Type	Main	Medium	Water Only
Coil Code	2522-2,0-2?-38-1344-38	Coil Qty	1
Rows/FPI	2 / 13	No. of Passes	38
Air On Temp	10.8°C	Water Inlet Temp	80.0°C
Air Off Temp	22.1°C	Water Outlet Temp	60.0°C
Heating Duty	76.67 kW	Flow Rate	0.9 l/s
Air Pressure Drop	102 Pa	Fluid Velocity	0.4 m/s
Face Velocity	4.3 m/s	Fluid PD	1.9 kPa
Bypass Factor	0.04	Coil Internal Volume	10.8 litres
Fin Material	Aluminium 0.11	Connection Type	Screwed BSP
Tube Material	3/8" CU	Connection In/Out	1 x 2 " / 1 x 2 "
Header Material	Copper	Connection Side	Right
Coil Casing	Galvanized steel		

Рисунок 3.6 – Розрахунок водяного нагрівача

Такий вид обігрівача споживає в 2 рази менше електричної енергії. Також теплообмінник має можливість працювати як на обігрів повітря, так і на охолодження.

При розрахунку рівня SFP можемо спостерігати (рис.3.7), що значення знаходиться в межах допустимого за 2016 роком, але не відповідає рівню 2018 року, так як є більшим, ніж 550 Вт/(м<sup>3</sup>/с)

Unit Energy Use				
	Supply	Extract		
SPF	1.11	.97	2.08	kW/(m <sup>3</sup> /c)
SPF Int	394	404	798	w/(m <sup>3</sup> /s)
SPF Int Limit 2016	810			w/(m <sup>3</sup> /s)
SPF Int Limit 2018	550			w/(m <sup>3</sup> /s)
SPF Conform	2016			

Рисунок 3.8 - Розрахунок SFP установки з роторним рекуператором

Задовільне значення SFP було отримане завдяки використанню інших фільтрів з класом очистки G4 довжиною 600мм, це означає, що тиск, який створюється в даних елементах буде меншим. Таким чином вентилятори будуть меншої потужності, так як продавити повітря зі зменшеним загальним тиском значно легше. Зменшити загальний тиск також можливо при контролі швидкості повітря, яке проходить через теплообмінник. Тобто при виборі типорозміру надається швидкість повітря на теплообміннику, це напряму залежить від розміру установки. Потрібно щоб ця швидкість мала значення приблизно 2,1-2,5м/с на теплообміннику, тоді опір за повітрям буде значно менший. Для установки з роторним рекуператором використовувалися ЕС-вентилятори, які

відрізняються від АС-вентиляторів низьким споживанням електричної енергії завдяки інтегральній електронній системі управління. Інтелектуальна система, яка лежить в основі такого обладнання, дозволяє вентиляторам завжди працювати у оптимальному режимі. Саме тому зменшується неефективне споживання електричної енергії та зростає ККД вентиляції в цілому. Вентилятори, які приводяться в рух безщітковим електродвигуном постійного струму, мають кращі показники енергозбереження, продуктивності та характеристики в цілому.

За технічними характеристиками більш доцільно впроваджувати в роботу вентиляційну систему з роторним рекуператором, водяним нагрівачем та енергозберігаючими вентиляторами ЕС. Завдяки використанню даних елементів та фільтрів більшою довжиною, загальний тиск створюваний в установці вентиляції, значно зменшується, і як в результаті, вентиляторам потрібно споживати значно менше електроенергії.

### 3.2 Економічний розрахунок вентиляційної установки з пластинчастим рекуператором та роторним

Дві обрані системи з пластинчастим рекуператором та роторним мають різні компоненти, тому капітальні витрати будуть відрізнятися. До цих витрат включено вентиляційне обладнання та аксесуари, автоматика, монтажні роботи, транспортні витрати. Зведемо усі капітальні витрати у таблицю 3.1

Таблиця 3.1 – Таблиця капітальних витрат

	Система з пластинами	Система з ротором	Грошова одиниця
Вентиляційне обладнання	8840	11720	євро
Аксесуари	540	690	євро
Автоматика	1945	1210	євро
Монтажні роботи	4560	5780	євро
Транспортні витрати	2000	2000	євро

<b>Всього</b>	<b>17885</b>	<b>21400</b>	євро
---------------	--------------	--------------	------

З отриманої таблиці видно, що вентиляційна система з ротором дещо дорожче, ніж система з пластинчастим рекуператором. Таким чином капітальні затрати на систему з пластинами складають 17885 євро, а на систему з ротором – 21400 євро.

Для того щоб знайти різницю між капітальними затратами використаємо формулу 3.2

$$E = E_1 - E_2 \quad (3.2)$$

При підстановці отримаємо :

$$E = 21400 - 17885 = 3515 \text{ євро.}$$

У результаті різниця між капітальними затратами для двох вентиляційних установок з різними комплектуючими має значення 3515 євро.

Якщо розраховувати експлуатаційні затрати з розрахунку, що обладнання буде працювати опалювальний сезон приблизно 180 днів на максимальну потужність, яку отримали під час розрахунків (Додаток Б) то отримаємо:

$$E = c \cdot W \cdot 24 \cdot 180, \quad (3.3)$$

де  $c$  – тариф на електроенергію, що дорівнює 1,68 грн/кВт·год

$W$  – спожита енергія.

Отримаємо таку таблицю споживання та витрат для двох різних вентиляційних систем з електричним нагрівачем та водяним теплообмінником та зведені дані споживання за 2018 рік:

Таблиця 3.2 – Порівняльна таблиця витрат двох різних систем та попереднього споживання

	Споживання, кВт·год	Витрати , грн
Електрична енергія для установки пластинами	287280	482630
Електрична енергія для установки з ротором	192240	322963

Попереднє споживання	435000	561400
-------------------------	--------	--------

Для розрахунку чистої приведеної вартості при ставці дисконту 18% використаємо програмне забезпечення MS Excel та результати занесемо до таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Розрахунок NPV

Початкова вартість інвестиції за 2019 рік	-599200
Прибуток за 2020 рік	238440
Прибуток за 2021 рік	238440
Прибуток за 2022 рік	238440
Прибуток за 2023 рік	238440
Прибуток за 2024 рік	238440
Прибуток за 2025 рік	238440
Прибуток за 2026 рік	238440
Прибуток за 2027 рік	238440
Прибуток за 2028 рік	238440
Прибуток за 2029 рік	238440
Прибуток за 2030 рік	238440
Прибуток за 2031 рік	238440
Прибуток за 2032 рік	238440
Прибуток за 2033 рік	238440
Прибуток за 2034 рік	238440
NPV	13 246,67
	UAH

Визначимо простий термін окупності за формулою 3.4:

$$T_{\text{ок}}^{\text{пр}} = \frac{B}{E} \quad (3.4)$$

Де E –економія, грн;

B – витрати, грн.

Тому отримаємо:

$$T_{\text{ок}}^{\text{пр}} = \frac{599200}{238440} = 2,5$$

Отже, при розрахунку отримали 2 роки та 5 місяців окупності, що означає за цей час експлуатаційні затрати на вентиляційну систему з роторним рекуператором окупять капітальні затрати та система почне бути прибутковою. З порівняння споживання енергоресурсів помітно, що вентиляційна установка з ротором споживає взагальному в 2 рази менше електроенергії, аніж попередня система, яка споживала як теплову так і електричну енергію.

Також можна розрахувати внутрішню норму рентабельності за формулою 3.5:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1 \cdot (i_2 - i_1)}{NPV_1 - NPV_2}$$

(3.5)

Для розрахунку скористаємося програмним забезпеченням MS Excel та командою «ВСД», отримані результати зведемо у таблицю 3.4:

Таблиця 3.4 – Розрахунок IRR

Початкова вартість інвестиції за 1 рік	-599200
Прибуток за 2020 рік	238440
Прибуток за 2021 рік	238440
Прибуток за 2022 рік	238440
Прибуток за 2023 рік	238440
Прибуток за 2024 рік	238440

Продовження таблиці 3.4

Прибуток за 2025 рік	238440
Прибуток за 2026 рік	238440
Прибуток за 2027 рік	238440
Прибуток за 2028 рік	238440
Прибуток за 2029 рік	238440
Прибуток за 2030 рік	238440
Прибуток за 2031 рік	238440
Прибуток за 2032 рік	238440

Прибуток за 2033 рік	238440
Прибуток за 2034 рік	238440
Внутрішня норма прибутковості інвестиції через 15 років	40%
Внутрішня норма прибутковості інвестиції через 5 років	22%

З отриманих результатів можна сказати, що впровадження вентиляційного обладнання з роторним рекуператором та водяним нагрівачем позитивно вплине на фінансові витрати адміністративної будівлі. Прорахувавши внутрішню норму рентабельності і отримавши значення 22%, що є дещо вищим за ставку дисконту, можна сказати, що даний метод енергозбереження принесе прибуток в майбутньому і зменшить обсяги споживання електричної енергії, а від теплової можна буде відмовитись.

#### Висновки до розділу 3

1. Для того щоб обрати правильну вентиляційну установку, потрібно прорахувати 2 варіанти компонування установки з пластинчастим та роторним рекуператором. З розрахунків помітно, що кращі технічні характеристики має установка з роторним рекуператором та її більш доцільно впроваджувати на об'єкт. Також велику роль на обсяги споживання електричної енергії впливає присутність додаткового теплообмінника та вентиляторів. При виборі водяного теплообмінника та вентиляторів з інтегральною електронною системою управління споживання електроенергії значно знижується.
2. На споживання електричної енергії вентиляційною системою з роторним рекуператором загальні затрати складають 322963 грн, а системою з пластинчастим рекуператором 482630 грн. Але капітальні затрати дещо більші для роторної установки з водяним

теплообмінником. Та при розрахунку економічних показників отримали, що термін окупності системи з роторним рекуператором становить 2 роки і 5 місяців при ставці дисконту 18%, а внутрішня норма рентабельності через 15 років становитиме 40%.

#### 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

У провідних країнах світу інноваційний шлях розвитку широко використовується як ефективний засіб подолання кризових явищ, пріоритетної підтримки конкурентоспроможної продукції та формування ринку високих технологій. Формування інноваційної економіки як імперативи досягнення цілей довгострокового соціально-економічного розвитку України обумовлює необхідність активізації інноваційних процесів як на рівні держави, так і на рівні підприємництва. Практика найбільш інноваційно-активних країн світу переконливо свідчить, що саме малий бізнес є рушійною силою інноваційного підприємництва. Тому в сучасних умовах розвитку економіки найбільш актуальним стає питання створення проектів та бізнес-ідей не професіоналами, а найбільш натхненними та цілеспрямованими інноваторами, що прагнуть реалізувати свій потенціал [38].

Стартап — це новостворена компанія (може не бути юридичною особою), яка знаходиться на стадії розвитку і будує свій бізнес на основі нових інноваційних ідей, або на основі технологій, які нещодавно з'явилися [39].

Розробка стартап-проекту проходить 4 етапи, які наведені в таблиці 4.1.



Таблиця 4.1 – Етапи розроблення стартап-проекту

<p><b>Маркетинговий аналіз стартап-проекту</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- опис ідеї проекту та визначення загальних напрямів використання потенційного товару чи послуги;</li> <li>- аналіз ринкових можливості щодо реалізації;</li> <li>- розробка стратегії ринкового впровадження потенційного товару в межах проекту на базі аналізу ринкового середовища.</li> </ul>
<p><b>Організація проекту</b>                      <b>стартап-</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- складання календарного плану та графіку реалізації стартап-проекту;</li> <li>- розрахунок потреби в основних засобах та нематеріальних активах;</li> <li>- формулювання потреби у матеріальних ресурсах та персоналі на основі визначення планового обсягу виробництва потенційного товару;</li> <li>- розрахунок загальних початкових витрат на запуск проекту та планових загальногосподарських витрат, що необхідні для реалізації проекту.</li> </ul>
<p><b>Фінансово-економічний аналіз та оцінка ризиків проекту</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- визначення обсягу інвестиційних витрат;</li> <li>- розрахунок основних фінансово-економічних показників проекту та визначення показників інвестиційної привабливості проекту;</li> <li>- визначення рівня ризикованості проекту, визначення основних ризиків проекту та шляхів їх запобігання.</li> </ul>
<p><b>Заходи з комерціалізації проекту</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- визначення цільової групи інвесторів та опису їх ділових інтересів;</li> <li>- складання інвестиційної пропозиції (оферти): стислої характеристики проекту для попереднього ознайомлення інвестора із проектом;</li> <li>- планування заходів з просування оферти: визначення комунікаційних каналів та площадок, планування системи заходів з просування в межах обраних каналів;</li> <li>- планування ресурсів для реалізації заходів з просування оферти.</li> </ul>

#### 4.1 Опис ідеї проекту та визначення загального напрямку використання

Ідея проекту полягає в тому, щоб створити компанію, яка буде займатися підбором виключно вентиляційними примусово-витяжними системами з рекуперацією тепла, а також виготовленням даних установок на аутсорсі.

В таблиці 4.2 наведений опис стартап-проекту.

Таблиця 4.2 – Опис ідеї стартап-проекту

Опис ідеї	Напрямки застосування	Вимоги до користувача
Аналіз стану будівлі та інженерних систем, прогнозування споживання об'єктом електричної енергії, вибір системи вентиляції, виготовлення установок.	Надання комерційних пропозицій відповідно до технічного запиту для вибору вентиляційних установок та супровід з технічних питань експлуатації обладнання.	Обов'язкове надання усіх технічних вихідних даних для підбору вентиляційного обладнання; Можливість підтримання контакту з технічними спеціалістами.

Проведемо аналіз потенційно-можливих техніко-економічних переваг ідеї в порівнянні з пропозиціями конкурентів.

В таблиці 4.3 визначимо усі слабкі, сильні та нейтральні сторони даного проекту.

Таблиця 4.3 – слабкі, сильні та нейтральні сторони даного проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари / концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
	Мій проект	Конкурент 1	Конкурент 2			
Комплексність	1	2	3	3	1	
Оперативність	1	2	3	2		1
Сучасність	1	2	3			1

Продовження таблиці 4.3

Безпека та надійність	1	2	3			
Вартість	1	2	3	2	2	3
Оптимізація витрат, знижки	1	2	3		3	1

Для формування конкурентоспроможності було визначено в попередній таблиці слабкі, сильні та нейтральні сторони даного проекту.

Таблиця 4.4 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Аналіз використання різних видів примусово-випускних систем.	Програмне забезпечення, за допомогою яких проводиться розрахунок	Наявна	Доступна
Розробка конструкторської документації	Проведення розрахунків та виконання креслень та збір схеми автоматики	Наявна	Доступна
Виготовлення обладнання та збір компонентів в установку	Вибиття металу на спец. машинах, ручний збір компонентів	Наявна	Доступна

З таблиці 4.4 можна сказати, що реалізація проекту на технічному рівні можлива. Всі технології для реалізації ідей проекту наявні та доступні. Для всіх етапів потрібні працівники, які будуть робити розрахунок систем, креслити конструкторські схеми, а також схеми об'язки системи автоматики. Також потрібні працівники, які будуть керувати машинами, які вибивають метал та працівники, які збирають повністю установки.

#### 4.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Тепер можна визначити потенційних клієнтів та їх характеристики та орієнтований перелік вимог до послуг в таблиці 4.5

Таблиця 4.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Вимоги споживачів до товару
Потреба в доцільному аналізі підбору вентиляційних установок з рекуперацією тепла	Адміністративні будівлі, промислові, громадські, сільськогосподарські будівлі	Своєчасне та якісне надання послуг та обладнання

Для аналізу ринкового середовища складемо таблицю факторів, які можуть сприяти впровадженню проекту або навпаки, перешкоджати. Ці фактори можемо побачити в таблицях 4.6 та 4.7

Таблиця 4.6 - Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Надання ліцензії на виготовлення обладнання	Відмова від отримання ліцензії	Вирішення питань з приводу отримання ліцензії
Конкуренція	Високі собівартості продукції	Зниження цін

Таблиця 4.7 – Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Висока якість обладнання	Вироблення якісних комплектуючих	Реклама продукту
Невеликий термін виготовлення обладнання	Термін виготовлення 2-3 тижня	Реклама продукту

За моделлю М.Портера виконаний детальний аналіз умов конкуренції, який представлений в таблиці 4.8

Таблиця 4.8 – Аналіз конкуренції в галузі за М.Портером

Складові аналізу:	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Клієнти	Товари-замінники
Висновки:	Аналогічні компанії, які надають більш широкий спектр послуг з виробництва вентиляційних систем	Поява на ринку нових компаній-конкурентів	Монтажно-проектуючі компанії	Продукція з більшим потенціалом виготовлення енергоефективних установок

За отриманими даними з аналізу конкуренції в галузі можна визначити та обґрунтувати перелік факторів конкурентоспроможності (табл.4.9)

Таблиця 4.9 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
Новизна	Комплексний підхід до вибору вентиляційного обладнання з рекуперацією тепла та удосконалення систем при застосуванні низькоспоживчих електроенергії компонентів
Якість	Запорука високої якості отримання сертифікату EVROVENT
Термін виконання робіт	Швидке виготовлення продукції

Як підсумок потрібно скласти SWOT-аналізу - матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities), SWOT-аналіз приведений у таблиці 4.10

Таблиця 4.10 – SWOT-аналіз стартап-проекту

<p><b>Сильні сторони:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– короткий термін виготовлення обладнання;</li> <li>– програмне забезпечення;</li> <li>– оптимізація процесів усієї ланки виробництва;</li> <li>– інформаційне забезпечення;</li> <li>– обладнання, яке відповідає європейським директивам.</li> </ul>	<p><b>Слабкі сторони:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– можлива відмова від отримання ліцензії EVROVENT;</li> <li>– відсутність зацікавленості вітчизняного ринку.</li> </ul>
<p><b>Можливості:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– модернізація моделей установок;</li> <li>– залучення інвесторів;</li> <li>– встановлення реальних собівартостей;</li> <li>– привернення уваги європейських споживачів.</li> </ul>	<p><b>Загрози:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– складне економічне становище в країні;</li> <li>– конкуренція;</li> <li>– відмова споживачів в енергозабезпеченні;</li> <li>– людський фактор.</li> </ul>

#### 4.3 Розроблення ринкової стратегії проекту

Для того щоб розробити ринкову стратегію перш за все потрібно визначити стратегії охоплення ринку, а саме опис цільових груп потенційних споживачів.

Даний вибір наведений у таблиці 4.11

Таблиця 4.11 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів прийняти продукт	Орієнтований попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
Громадські будівлі, школи, дитсадки	Повна готовність	Високий	Висока	Складно
Інвестори	Повна готовність	Високий	Слабка	Просто

Державні органи	Часткова готовність	Високий	Помірна	Складно
-----------------	---------------------	---------	---------	---------

Обрана цільова група: громадські будівлі, школи, лікарні, дитячі виховні заклади.

#### 4.4 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

У таблиці 4.12 наведені визначення ключових переваг концепції потенційного товару.

Таблиця 4.12 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
Вибір правильного вентиляційного обладнання	Раціональне використання енергоресурсів	Надійні технології
Виробництво в поставлені терміни	Своєчасне забезпечення обладнанням	Терміни
Надання своєчасного технічного обслуговування	Швидке вирішення питань технічного характеру	Мобільність вирішення питань

За допомогою концепції маркетингової комунікації компанія чітко координує та обмірковує роботу своїх каналів комунікації, яка викладена у таблиці 4.13. Концепція надає встановлення послідовного та чіткого уявлення про продукт у споживача, яка спрямована на переконання та інформування споживача та ринку в цілому про діяльність компанії або безпосередньо про продукцію.

Таблиця 4.13 – Концепція маркетингової комунікації

Цільові групи	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення

Громадські будівлі, школи, дитсадки	Інтернет, телефонний зв'язок, індивідуальні зустрічі	Надійність, повнота інформації	Зацікавленість споживачів	Зручність, надійність, достовірність
-------------------------------------	--	--------------------------------	---------------------------	--------------------------------------

Продовження таблиці 4.13

Інвестори	Інтернет, телефонний зв'язок, індивідуальні зустрічі	Надійність, повнота інформації	Зацікавленість споживачів	Зручність, надійність, достовірність
Державні органи влади	Інтернет, телефонний зв'язок, індивідуальні зустрічі	Надійність, повнота інформації	Зацікавленість споживачів	Зручність, надійність, достовірність

#### Висновки до розділу 4

1. У даному розділі було розроблено стартап-проект щодо заснування компанії, яка буде займатися розробкою та виробництвом вентиляційних припливно-витяжних установок з рекуперацією тепла .
2. При проведенні аналізу ринкових можливостей стартап-проекту було з'ясовано, що загрозами можуть бути як неотримання ліцензії на продукції, так і терміни виробництва обладнання.
3. Послуги даної компанії можуть мати найбільший попит у таких цільових групах як, громадські будівлі, адміністративні, а саме школи, лікарні, дитячі заклади виховання та торгівельно-розважальні центри.
4. Бар'єром до впровадження стартап-проекту є неспроможність та незацікавленість вітчизняного ринку до впровадження вентиляційних систем з рекуперацією тепла.



5. Завдяки підтримки зв'язку із споживачами на рівні персональних зустрічей, проведення бізнес-конференцій та телефонних дзвінків можна зацікавити більшу кількість клієнтів та збільшити кількість продажів вентиляційного обладнання.

## ВИСНОВКИ

1. Провівши аналіз енергозбереження адміністративних будівель можна зробити висновок, що усі інженерні системи повинні бути вдосконалені, енергоефективними та забезпечувати комфортні умови, які відповідають державним будівельним нормам. Така система як вентиляційна установка з рекуперацією тепла може значно скоротити споживання енергоресурсів. А одним із найважливіших показників є питома вентиляційна потужність.
2. Для коректного вибору вентиляційної установки були розглянуті усі види та варіації вентиляційного обладнання. Також визначено критерії вибору обладнання для системи вентиляції.
3. Проведено моделювання по вибору вентиляційної установку з компонуванням установки зі пластинчастим та роторним рекуператором. За результатами розрахунків встановлено, що кращі технічні характеристики має установка з роторним рекуператором та її більш доцільно впроваджувати на об'єкт. Також велику роль на обсяги споживання електричної енергії впливає присутність додаткового теплообмінника та вентиляторів. При виборі водяного теплообмінника та вентиляторів з інтегральною електронною системою управління споживання електроенергії значно знижується.
4. Розраховано споживання електричної енергії вентиляційною системою з роторним рекуператором, де загальні затрати складають 322963 грн, а системою з пластинчастим рекуператором - 482630 грн. В результаті проведення розрахунку економічних показників отримали, що термін окупності системи з роторним рекуператором становить становить 2 роки і 5 місяців при ставці дисконту 18%, а внутрішня норма рентабельності через 15 років становитиме 40%.
5. Розроблено стартап-проект, суть якого створення компанії, яка буде займатися розрахунками вентиляційних припливно-витяжних установок з

рекуперацією тепла та виробляти вентиляційне обладнання та комплектуючі.

#### ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Матросов Ю.А. Энергосбережение в зданиях. Проблема и пути ее решения. – РААСН.: НИИ строительной физики, 2008. 496 с.
2. Молодкин С.А. Принципы формирования архитектуры энергоэффективных высотных жилых зданий: Дисс.на соиск. Учен. Стен. Канн. Архитектуры, Москва, 2007. 216 с.
3. Золотов И.И. Негативные явления, связанные с улучшением теплоизоляции наружных ограждающих конструкций // Строительство и архитектура —1986 – № 9 – с.14-16.
4. Страхова Н. А., Пирожникова А. П. Контроль энергоэффективности зданий и сооружений как инструмент энергосбережения. Научное обозрение, №7(3), 2014 год. С. 789-792.
5. Тюрина Н.С. Экологические аспекты энергосбережения в системах отопления и вентиляции. Научное обозрение, № 2, 2014 год. С. 598-602.
6. Kibert C. Construction Ecology. Nature as the basis for green buildings. [Spon press]. Canada, 2007. 328 p.
7. Бродач М.М. Здание с близким к нулевому энергетическим балансом М.М. Бродач, В.И. Ливчак // АВОК. 2011. № 5.
8. О планах повышения энергоэффективности зданий в Евросоюзе и России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portal-energo.ru/articles/details/id/479>– (Дата обращения: 18.10.2016).

9. Дячук О. «Утилізація тепла і енергоефективність систем вентиляції»
10. Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні [Текст]: ДСТУ Б EN ISO 13790:2011.– На заміну ГОСТ 26629.85; чинний з 01.01.2013. – К. : НДІБК, 2011. – 229 с.
11. Development of a data model for consumption analysis and prediction of large-scale commercial building / [Fangting Song, Yi Jiang, Anne Le Mouel and other] // Building Simulation, 2007. - P. 1601-1609.
12. Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції [Текст]. ДСТУ Н Б А.2.2.5:2007.– Уведено вперше ; чинний від 2008.07.01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2008. – 44 с.
13. ДБН В.2.2-9:2018 – Громадські будинки та споруди.
14. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Чинні від 01.01.2014. – Київ: Укрархбудінформ, 2013. – V, 141 с.
15. ДСТУ Б EN 15251:2013. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики. – Чинні від 01.01.2013. – Київ: Укрархбудінформ, 2012. – 71 с.
16. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. – Чинні від 01.11.2011. – Київ: Укрархбудінформ, 2011. – IV, 123 с.
17. Липа А. И. Кондиционирование воздуха: теоретические основы / А. И. Липа. – Одесса, ВМВ, 2015. – 607с.
18. Кордюков М.И. Особенности теплообмена в рекуперативных мембранных теплообменниках в летний период./ М. И. Кордюков, В. И. Дешко, И. О. Суходуб // Холодильная техника. – 2014. – No 147 – С. 24-25.

- 19.Белова Е.М. Системи кондиціонування повітря з чиллерами і фанкойлами / Белова Е.М. – М.: Євроклімат, 2003р. – 400.
- 20.Семенов Ю.В. Системи кондиціонування повітря з поверхневими повітряохолоджувачами / М. : ТЕХНОСФЕРА, 2014 р. - 272 с.
21. Павленко В. М., Ткаченко Д. О. Оцінювання ефективності використання рекуператора в системах вентиляції офісних приміщень – 2018р.
22. А. И. Мухин, канд. техн. наук, доцент, Э. Я. Кернерман, канд. техн. наук, доцент, [otvet@abok.ru](mailto:otvet@abok.ru) «Сравнение систем кондиционирования воздуха».- Режим доступа [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=5362](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5362).
- 23.Е.В. Стефанов «Вентиляція і кондиціонування повітря», 2005 р
- 24.Ратушняк Г. С. Експлуатація систем теплопостачання та вентиляції / Г. С. Ратушняк, Г. С. Попова. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 122 с
- 25.І.А. Пономарчук. Вентиляція та кондиціонування повітря: Навчальний посібник/ Пономарчук І.А., Волошин О.Б. – Вінниця: ВНТУ, 2004.- 121с.
- 26.Журнал АВОК №3'2007 - Возможности применения естественной вентиляции для городских зданий.
- 27.Журнал АВОК №3'2004 «Организация воздухообмена в квартирах многоэтажного жилого дома» — информация о проекте нового свода правил НП «АВОК».
- 28.АВОК №7'2015 -Выбор схем воздухораспределения в помещениях.
- 29.Вентиляція офісу - як це виглядає. – Режим досупу: <https://ventportal.com/ua/node/528>
- 30.Вентиляція і кондиціонування повітря. – Режим доступу: <https://buklib.net/books/35231/>

31. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование. /Под ред. проф. Б. М. Хрусталева - М.: Изд-во АСВ, 2005.
32. Уэст Дж. Физиология дыхания. Основы. М., 1988.
33. Гурина И. В. Безопасный уровень углекислого газа требует ревизии // Экологический вестник России. 2008. № 10. Шилькрот Е. О., Губернский Ю. Д. Сколько воздуха нужно человеку для комфорта? // АВОК. 2008. № 4.
34. ГОСТ 30494–2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».
35. EN 13779:2007. Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems.
36. ГОСТ 30494–2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».
37. Горбунов В. А. Моделирование теплообмена в конечно-элементном пакете Femlab. Иваново, 2008
38. О. В. Корнух «Стартап як прогресивна форма інноваційного підприємництва» / М. : ТЕХНОСФЕРА, 2014 р. – 26-30с.
39. Пікуль В.С. Що таке стартап? [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://3222.ua/article/scho\\_take\\_startup.htm](http://3222.ua/article/scho_take_startup.htm)