

Хмельницький національний університет

Повна назва вищого навчального закладу

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Повна назва факультету

Кафедра будівництва та цивільної безпеки

Повна назва кафедри

## ДИПЛОМНА РОБОТА

магістр

Освітньо-кваліфікаційний рівень

Галузь знань 26 – Цивільна безпека

Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 263 – Цивільна безпека

Шифр і назва спеціальності

Спеціалізація Охорона праці (за галузями)

на тему «Розробка автоматизованої рекомендаційної системи  
розрахунку вентиляції та кондиціонування приміщень»

Шифр ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ

Виконав: студент групи ЦВБмз-22-1

Литвинюк О.В.

Підпис

Керівник:

Підпис, дата

Соколан Ю.С.

До захисту допускаю:

Підпис, дата

Калда Г. С.

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2023 р.

Хмельницький, 2023

## ЗМІСТ

	с.
ВСТУП .....	6
1 ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЛЕЖНОГО СТАНУ ПОВІТРЯ В ПРИМІЩЕННЯХ.....	9
1.1 Призначення та складові елементи систем вентиляції та кондиціонування повітря .....	9
1.2 Система кондиціонування та види кондиціонерів .....	18
1.3 Нормативно-правове забезпечення показників якості повітря в приміщеннях .....	26
1.4 Особливості очищення повітря в системах вентиляції та кондиціонування ...	29
2 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ РОЗРАХУНКУ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПРИМІЩЕНЬ .....	35
2.1 Методика розрахунку необхідного повітрообміну .....	35
2.2 Інсталяція розробленої рекомендаційної системи та опис використаних при розробці підходів .....	42
2.3 Структура автоматизованої рекомендаційної системи розрахунку вентиляції та кондиціонування .....	46
3 ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ .....	54
3.1 Порівняння розрахунку вентиляції ручним та автоматизованим методом.....	54
3.2 Принцип роботи рекомендацій у системі розрахунку вентиляції та кондиціонування .....	59

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ							
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>		
<i>Виконав</i>		Литвинюк О.В.			Розробка автоматизованої рекомендаційної системи розрахунку вентиляції та кондиціонування приміщень			Н	4	83		
<i>Перевір.</i>		Соколан Ю.С.										
<i>Н.контр.</i>		Паршенко К.А.						гр. ЦВБмз – 22 – 1				
<i>Затв.</i>		Калда Г.С.										

3.3 Додатковий функціонал автоматизованої рекомендаційної системи розрахунку вентиляції та кондиціонування .....	65
3.4 Рекомендації щодо покращення стану повітря в приміщеннях ТОВ «Компас Інжиніринг» та ТОВ «МТР Менеджмент Україна» з використанням розробленої системи .....	67
ВИСНОВОК .....	77
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	78

## ВСТУП

Одним із важливих засобів профілактики виникнення професійних захворювань та виробничого травматизму у закритих виробничих приміщеннях є їх постійне та своєчасне провітрювання із метою забезпечення належного стану якості повітря в приміщенні та допустимих або оптимальних норм мікроклімату.

Тривала дія на організм людини несприятливих умов може погіршити самопочуття працівників, часто може стати основною причиною виникнення захворювань та інших порушень стану здоров'я, а також в працівників значно зменшується продуктивність праці.

Одним із основних завдань роботодавця з метою збереження здоров'я робітників є створення на робочому місці оптимальних або допустимих параметрів мікроклімату, а саме температури повітря, його відносної вологості та швидкості руху. Крім того, дуже важливими є властивості повітря, його чистота та належний фізико-хімічний склад.

З метою забезпечення належного стану повітря у робочій зоні використовуються системи вентиляції та/або кондиціонування. На відміну від системи кондиціонування повітря, вентиляція здатна забезпечувати лише допустимі параметри мікроклімату, а система кондиціонування при її належному проектуванні та експлуатації здатна автоматично підтримувати значення параметрів мікроклімату, які відповідають оптимальним нормам.

Проектування систем вентиляції та кондиціонування представляє собою достатньо трудомістку задачу. В ХХІ сторіччі спостерігається тенденція до використання спеціалізованого програмного забезпечення для вирішення конкретних задач. В Україні на даний момент відсутнє програмне забезпечення, яке спеціалізується на розрахунку необхідного повітрообміну в системах вентиляції та відповідного розрахунку системи кондиціонування.

Тому **актуальною є задача** розробки автоматизованої рекомендаційної системи розрахунку вентиляції та кондиціонування приміщень.

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

**Мета і завдання дослідження** полягають у розробці автоматизованої системи розрахунку повітрообміну у виробничих приміщеннях з метою подальшого проектування систем вентиляції, а також надання рекомендацій стосовно підбору обладнання для кондиціонування повітря на основі параметрів приміщень та робіт, які виконуються працівниками у певному приміщенні.

*Об'єктом дослідження* є стан повітря в приміщенні, його фізико-хімічний склад та параметри, які повинні забезпечуватись системами вентиляції та кондиціонування.

*Предметом дослідження* є розробка автоматизованої рекомендаційної системи розрахунку систем вентиляції та кондиціонування.

**Наукова новизна** полягає у використанні інформаційних технологій та спрощення підбору вентиляційного обладнання з метою забезпечення належного стану повітря у виробничих приміщеннях.

**Одержані результати** дипломної роботи:

— проаналізовано складові частини систем вентиляції та кондиціонування, а також виокремлено основні принципи поєднання систем вентиляції із системами кондиціонування;

— проведено аналіз існуючих засобів очищення повітря та можливість їх використання в системах кондиціонування повітря;

— розроблено автоматизовану рекомендаційну систему розрахунку вентиляції та кондиціонування приміщень;

— перевірено точність роботи розробленої системи із ручним методом розрахунку вентиляції приміщень;

— надано рекомендації стосовно покращення стану повітря та параметрів мікроклімату в приміщеннях двох підприємств, а саме ТОВ «Компас інжиніринг» та ТОВ «МТР Менеджмент Україна».

Результати дипломної роботи з практичної точки зору можуть використовуватись при проектуванні систем вентиляції та кондиціонування у виробничих приміщеннях незалежно від характеру технологічного процесу та умов праці, які виконуються робітниками у приміщенні, а також для перевірки

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

відповідності встановленої системи кондиціонування та вентиляції приміщень за допомогою розробленого спеціалізованого програмного забезпечення.

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

# 1 ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЛЕЖНОГО СТАНУ ПОВІТРЯ В ПРИМІЩЕННЯХ

## 1.1 Призначення та складові елементи систем вентиляції та кондиціонування повітря

Повітря, яке знаходиться всередині приміщень в процесі його експлуатації та забруднення може змінювати свій фізико-хімічний склад, а також такі показники, як відносна вологість та температура. Зміна цих показників напряду призводить до погіршення самопочуття людей, які знаходяться в приміщеннях, а також до порушення технологічних процесів виробництва. Тому основною задачею вентиляції можна вважати забезпечення обміну повітря з метою підтримання встановлених параметрів внутрішнього повітря.

За ДБН В.2.5-67:2013 поняття вентиляція визначається як «обмін повітря у приміщенні для видалення надлишків теплоти, вологи, шкідливих та інших забруднюючих речовин з метою забезпечення допустимого мікроклімату та чистоти повітря у робочій зоні або в зоні обслуговування при середній незабезпеченості 400 год/рік – при цілодобовій роботі та 300 год/рік – при однозмінній роботі у денний час» [10].

Зазвичай вентиляція приміщень забезпечується однією або декількома інженерними системами, які складаються з ряду технічних пристроїв. Вищезазначені пристрої виконують окремі задачі вентиляції, такі як очищення, нагрівання повітря, його транспортування, подальший розподіл повітря в приміщенні, тощо.

Вентиляція як одна із найважливіших інженерних мереж повинна забезпечувати розрахунковий обмін повітря. Це означає, що влаштування системи вентиляції вимагає обов'язкового попереднього проєктування, в ході якого проводиться визначення розрахункового обміну повітря, режими роботи пристроїв системи вентиляції та її конструкція.

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Система вентиляції (СВ) забезпечує мікроклімат в приміщенні на заданому рівні, а в загальній ієрархії серед інженерних систем будівель та споруд займає місце між системами опалення та кондиціонування. В свою чергу, «кондиціонування – це створення та автоматична підтримка в приміщеннях параметрів повітря на заданому рівні з метою забезпечення оптимальних мікрокліматичних умов, які будуть найбільш сприятливими для самопочуття людей» [26].

СВ здатна забезпечувати на заданому рівні наступні параметри повітря:

- відносну вологість;
- рухливість;
- температуру;
- концентрацію шкідливих виділень;
- запиленість.

Традиційно запроєктована СВ в основному не має пристроїв для охолодження повітря та його осушення, саме тому протягом теплого періоду року вона не здатна забезпечити дотримати вологість та температуру в приміщенні на рівні оптимальних значень мікроклімату. Саме тому, СВ забезпечує лише допустимі параметри та орієнтована на їх підтримку.

В той же час забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату може досягатись системою кондиціонування (СК). Ці норми регламентовані відповідним документом ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [13] та наведені на рис. 1.1.

СК є більш досконалою, складною та потужною системою, але достатньо важко виділити чітку межу між системами вентиляції та кондиціонування. Основною відмінністю між цими системами є наявність в СК джерела тепла і холоду. Слід відзначити, що поєднання систем кондиціонування та вентиляції (СКВ), можна використовувати і в якості системи повітряного опалення приміщень.

До СКВ ставлять ряд вимог, яким повинні відповідати ці системи, а саме:

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10



6. Конструктивно-технологічні – передбачення використання сучасних способів ефективного виробництва складових систем кондиціонування та вентиляції.

7. Екологічні – робота СКВ не повинна забруднювати повітря навколишнього середовища.

8. Архітектурно-будівельні – елементи СКВ не повинні порушувати інтер'єр приміщення.

10. Будівельно-монтажні – СКВ повинні монтуватись шляхом використання технологічних засобів, які в подальшому забезпечують високу якість цих систем.

В систему вентиляції входить велика кількість складових елементів, які умовно поділяються на основні та допоміжні. Вентилятор, представляє собою один із основних пристроїв системи механічної вентиляції, який призначений для транспортування та переміщення повітря по повітропроводом, здійснення прямої подачі повітря в СКВ в приміщення або, навпаки, його відсмоктування.

За конструкцією та принципу дії вентилятори бувають аксіальні або осьові (рис. 1.2, а), діаметральні (рис. 1.2, б) та радіальні (рис. 1.2, в). Аксіальні або осьові вентилятори представляють собою механічні пристрої, в яких колесо з консольних лопатей розташоване в циліндричному кожусі, а лопаті закріплені на втулці під певним кутом до площини обертання. В таких вентиляторах робоче колесо в основному насаджується на вісь електродвигуна. При обертанні цього колеса лопаті захоплюють повітря в осьовому напрямку, а рух повітря в радіальному напрямку практично відсутній.

В радіальних вентиляторах в спіральному кожусі розташовується робоче колесо, при обертання якого повітря, яка раніше потрапило в канали, виконує рух в радіальному напрямку. Повітря викидається в кожух під дією відцентрової сили, а далі прямує в нагнітальний отвір.

Діаметральний вентилятор складається «з робочого колеса барабанного типу із загнутими вперед лопатками і корпусу, що має патрубок на вході і

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12



В якості пристроїв для очищення повітря використовуються повітряні фільтри (рис. 1.5). Вибір конкретної конструкції повітряного фільтру обумовлюється характером забруднення повітря та необхідної чистотою повітря на виході із системи вентиляції при його подачі в приміщення.



Рисунок 1.4 – Шумоглушник трубчастий (а) та пластинчастий (б)



Рисунок 1.5 – Повітряні фільтри

Транспортування повітря в системах вентиляції здійснюється повітропроводами (рис. 1.6). Для регулювання втрати повітря використовують повітряні клапани (рис. 1.7), які можуть тимчасово припиняти доступ зовнішнього повітря в приміщення. Для подачі припливного повітря напряду в приміщення використовують розподільники, які можуть відрізнатись між собою за конструкцією. Приклади існуючих конструкцій розподільників зображені на рис. 1.8.

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Вентиляція повітря в приміщеннях може виконуватись природньо та механічно. В природних системах вентиляції вентилявання приміщень відбувається шляхом впливу природніх сил. До сил відносять вітрові та теплові натиски, які діють на будівлю шляхом проникнення через пори, вікна, двері, нещільності в огородженнях, тощо.

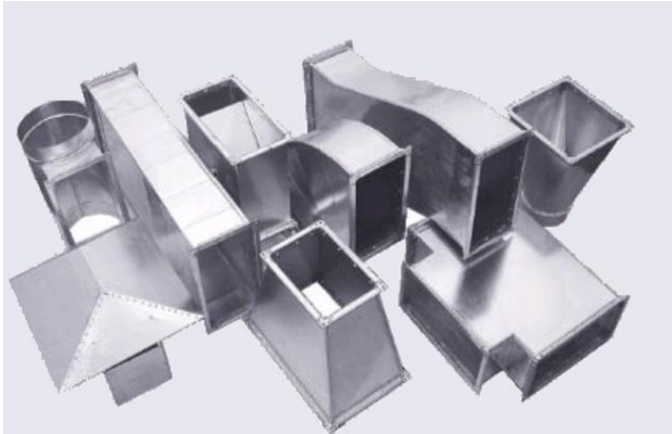


Рисунок 1.6 – Повітропроводи



Рисунок 1.7 – Повітряні клапани



а)



б)



в)



г)



д)



ж)

Рисунок 1.8 – Конструктивні види розподільників повітря:

а – перфоровані; б – соплові; в – насадки з форсунками; г – плафони;  
д – щільові; ж - решітки

На рис. 1.9 наведені приклади організації природної вентиляції у житлових будівлях, а на рис. 1.10 – у виробничих будівлях.

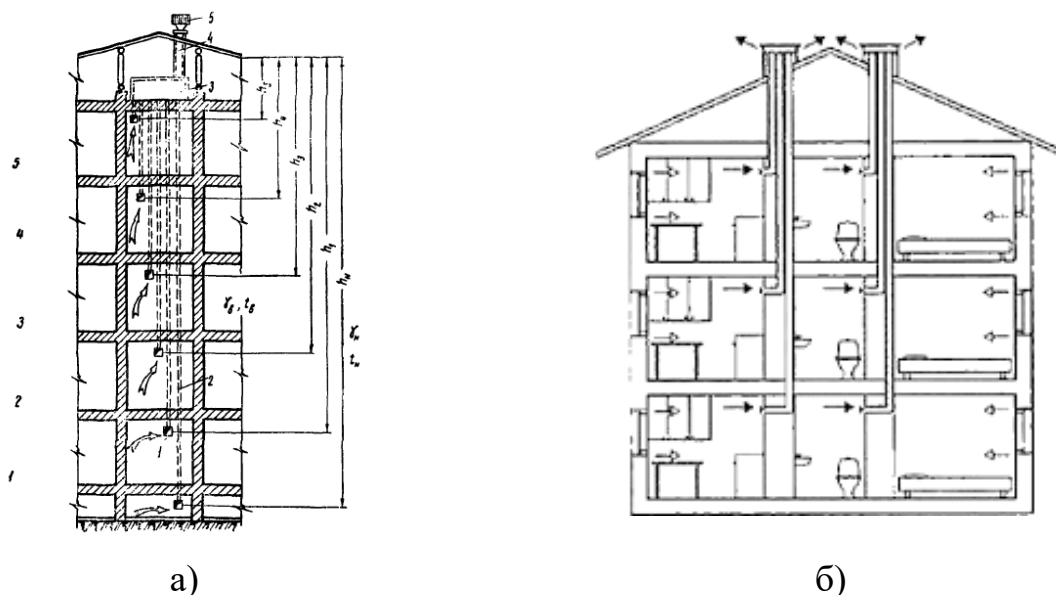


Рисунок 1.9 – Система природної вентиляції в житлових будівлях:

а – вигляд збоку; б – вигляд спереду

(1 – витяжний отвір; 2 – вертикально розміщений канал; 3 – канал збору;  
4 – шахта; 5 – дефлектор)

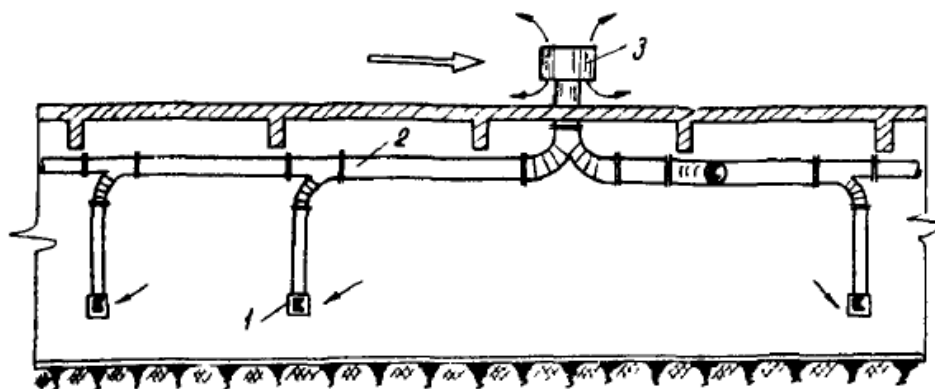


Рисунок 1.10 – Схема природної каналної системи вентиляції виробничої будівлі

Повітря в системах природної вентиляції може переміщуватись неорганізовано та організовано. При організованому переміщенні повітря транспортується спеціальними каналами, тобто повітропроводами, тому такі

системи ще часто називають каналними. У випадку неорганізованого переміщення повітря, воно поступає в приміщення всередині будівлі через нещільності в огорожуючих конструкціях (наприклад, в стінах, щілини в вікнах, тощо).

Відповідно до регламентованих норм механічні системи вентиляції передбачаються в наступних випадках [10]:

- в приміщеннях та зонах, в яких відсутнє природне провітрювання;
- у випадку, якщо метеорологічні умови та необхідна чистота повітря не можуть забезпечуватись природною вентиляцією;
- допускається використання змішаної системи вентиляції, при якій поєднується механічна та природна системи.

В механічних системах вентиляції рух повітря здійснюється вентиляторами. Така система не залежить від напрямку та температуру повітря, однак вона менш економічна та вимагає вкладень не тільки на її облаштування, але й на подальшу експлуатацію. Системи із механічною вентиляцією також бувають каналними (рис. 1.11) та безканалними (рис. 1.12).

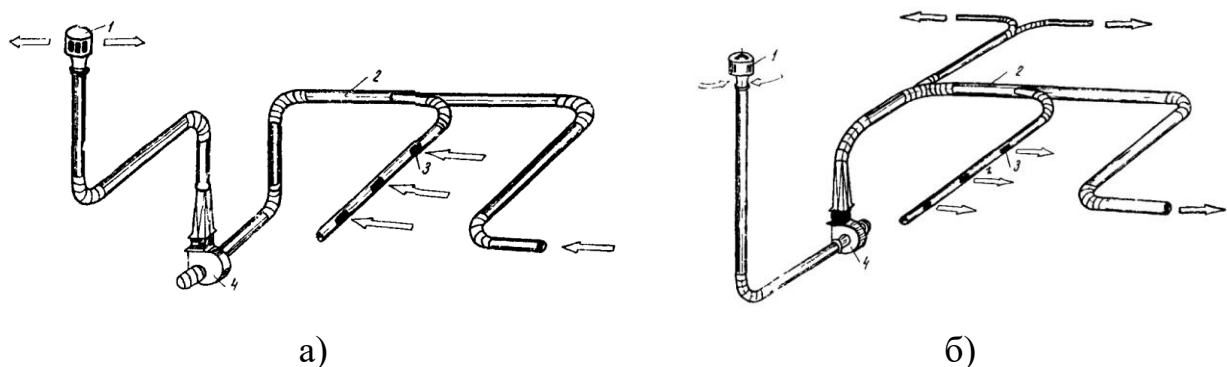


Рисунок 1.11 – Канальна система вентиляції:

а – витяжна; б – припливна

(1 – канал; 2 – повітропроводи; 3 – припливний або витяжний отвір;  
4 – вентилятор)

Основною відмінністю СК від СВ є наявність в системі кондиціонування холодоагенту та можливість охолодження повітря незалежно від температури

зовнішнього повітря. Охолодження в СК здійснюється за рахунок ендотермічної реакції кипіння фреону – спеціальна рідина, яка при кипінні поглинає тепло.

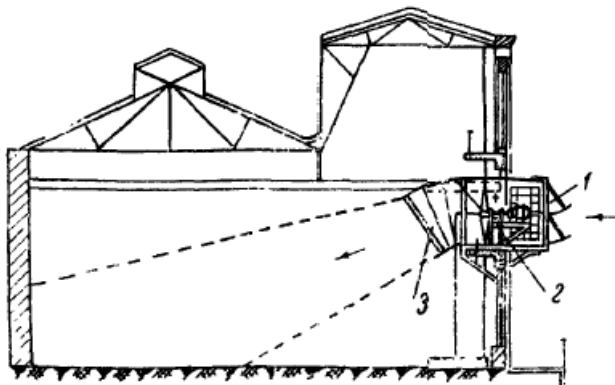


Рисунок 1.12 – Безканална механічна вентиляція:

1 – повітрязабірний пристрій; 2 – вентилятор; 3 – припливний патрубок

## 1.2 Система кондиціонування та види кондиціонерів

Ще однією із ключових відмінностей кондиціонування від вентиляування приміщень є можливість повної автоматизації процесу у випадку поєднання вентиляції із кондиціонуванням. На рис. 1.13 наведено конструктивну схему поєднання СК та СВ, а на рис. 1.14 – принцип роботи автоматизованої СК.



Рисунок 1.13 – Об'єднані системи вентиляції та кондиціонування

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Принцип роботи холодильної машини в системах кондиціонування полягає в наступному. «Фреон кипить в спеціальному теплообміннику – випарнику (рис. 1.15). В іншому теплообміннику – конденсаторі, під підвищеним тиском фреон конденсується, виділяючи поглинуте тепло. На виході з випарника фреон знаходиться у вигляді пари з низьким тиском та температурою. Він засмоктується компресором» [35].

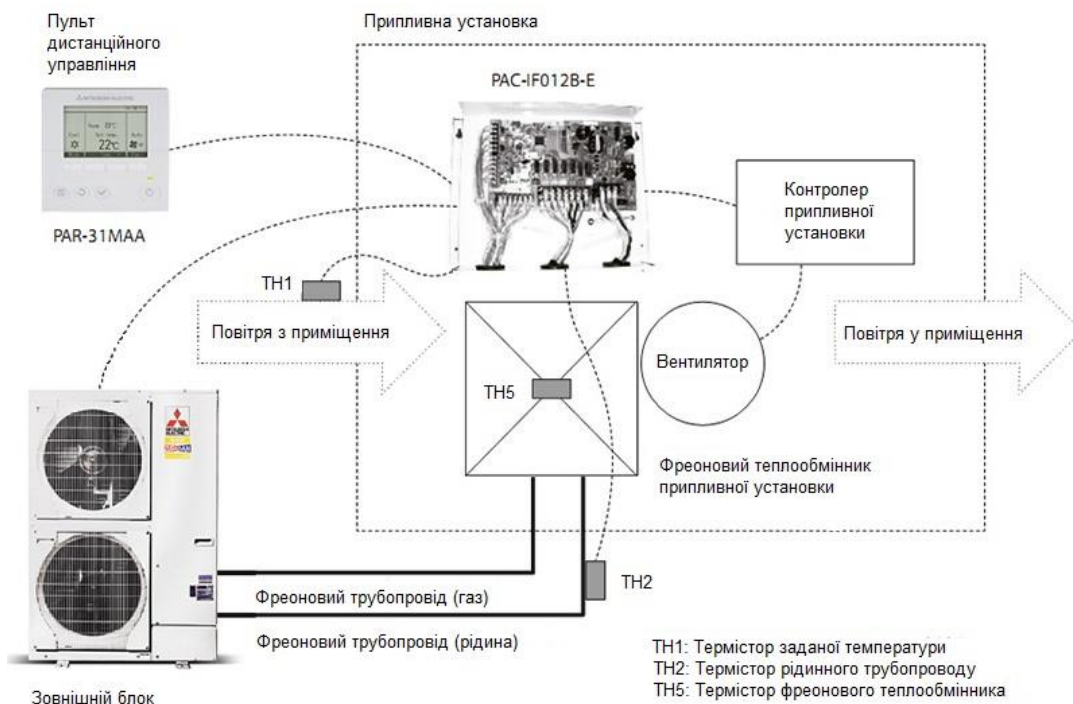


Рисунок 1.14 – Принцип роботи автоматичної системи кондиціонування повітря

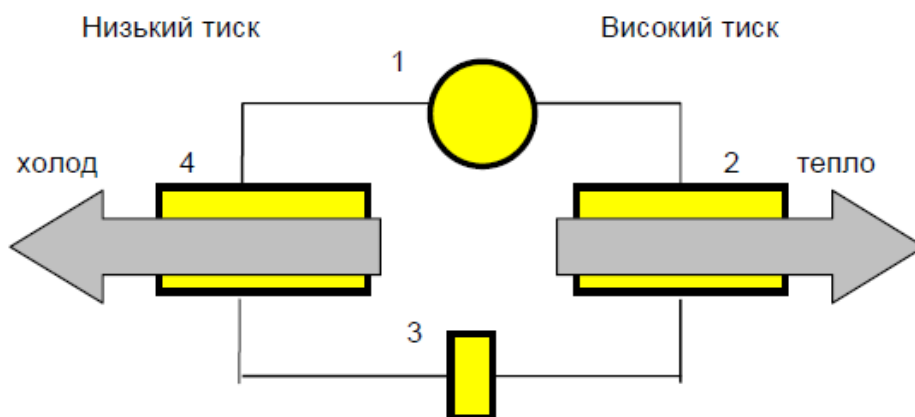


Рисунок 1.15 – Принцип охолодження повітря в системах кондиціонування:  
1 – компресор; 2 – конденсатор; 3 – регулятор повітряного потоку; 4 - випарник

Існує ряд конструктивних відмінностей у будові кондиціонерів. Віконний кондиціонер (рис. 1.16) монтується у віконний отвір та були одними з перших кондиціонерів, що використовувались в громадських та житлових будівлях. Технічні характеристики віконних кондиціонерів у порівнянні із більш сучасними кондиціонерами вже занадто застарілі. Але в них є ряд переваг, таких, наприклад, як простота монтажу та відсутність трубопроводів, які розташовуються в приміщенні.

Продуктивність холоду в таких кондиціонерах лежить в межах від 1,5 до 7 кВт, електрична потужність сягає 2,5 кВт, рівень шуму становить 50-75 дБ, а коефіцієнт термічної ефективності становить близько 2,5. Це означає, що на кожну одиницю спожитої кондиціонером електроенергії виробляється 2,5 одиниці холоду.



Рисунок 1.16 – Віконний кондиціонер

Спліт-системи (рис. 1.17, а) отримали широкого поширення та найчастіше зустрічаються як конструктивний вид кондиціонерів при їх використанні в громадських та житлових будівлях. Конструкція складається із двох блоків, внутрішнього та зовнішнього, між якими фреон циркулює по трубопроводам.

Трубопроводи для фреону укладаються або в стінах, або зовні кріпляться до стін спеціальними коробами.

В деяких моделях існує можливість об'єднання системи у мультиспліт (рис. 1.17, б). В такому випадку до зовнішнього блоку можна під'єднати до 5 внутрішніх блоків. Розташування внутрішніх блоків не обмежується, тобто вони можуть всі використовуватись в одному приміщенні, або кожен блок може бути встановлений в окремому приміщенні. Недоліком використання таких мультиспліт систем є те, що різні внутрішні блоки неможливо використовувати в різних функціях. Наприклад, система пошкодиться при спробі ввімкнути один внутрішній блок на охолодження приміщення, а інший – на нагрівання.

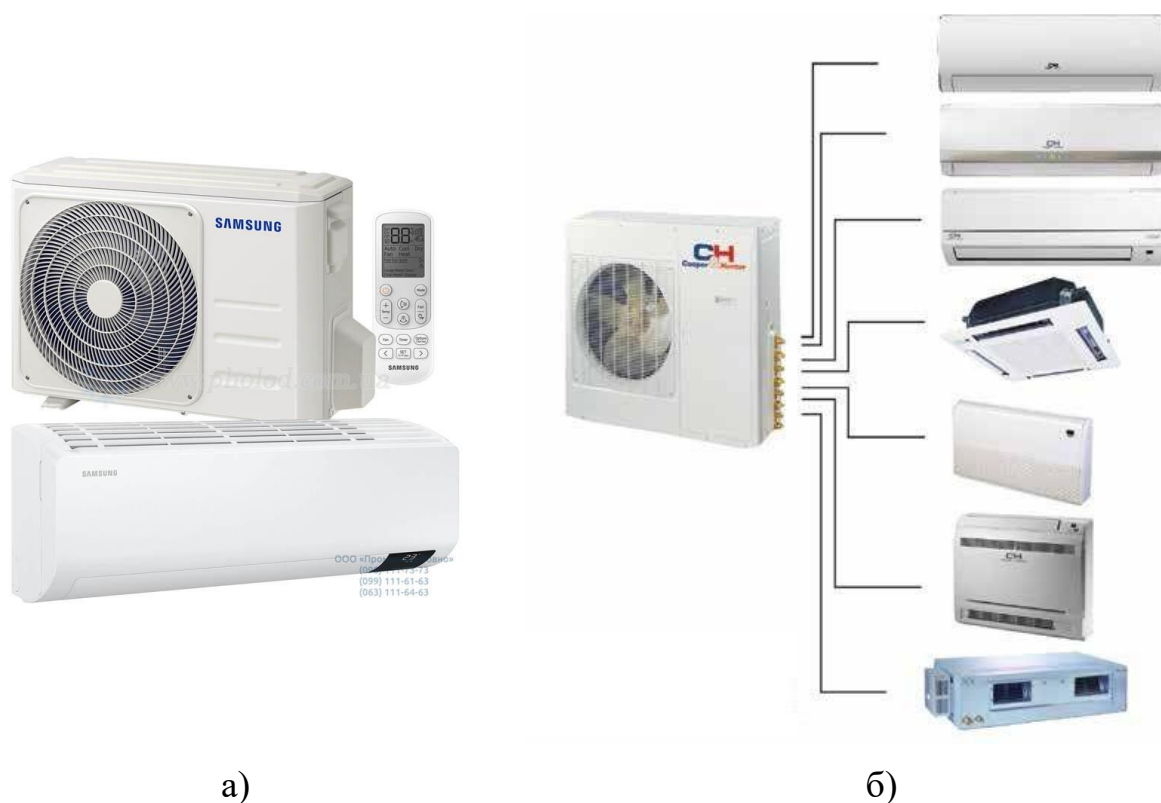


Рисунок 1.17 – Спліт-системи:

а – звичайна; б -мультиспліт

Мобільний кондиціонер (рис. 1.18) по суті є єдиним типом, який не потребує монтажу. Але йому характерний ряд недоліків, до яких відносяться високий рівень шуму в приміщенні та відносно висока вартість у порівнянні із

спліт-системами. Їх рекомендується використовувати лише там, де немає жодної іншої можливості встановлювати другий конструктивний вид кондиціонера [37].

Для обробки повітря у великогабаритних приміщеннях неможливо досягнути рівномірного розподілу повітря в приміщеннях шляхом використання спліт-систем. Тому в таких приміщеннях використовують дахові кондиціонери (рис. 1.19). Їм характерний великий діапазон холодинної та/або теплової потужності, який лежить в межах від 8 до 140 кВт.



Рисунок 1.18 – Мобільний кондиціонер



Рисунок 1.19 – Даховий кондиціонер

Якщо в приміщенні необхідно цілодобово та щоденно підтримувати температуру на заданому рівні, а також інших параметрів мікроклімату, таких як швидкість руху повітря та відносна вологість повітря, то рекомендується використовувати шафові кондиціонери (рис. 1.20). Візуально конструкція таких кондиціонерів достатньо проста і представляє собою окремостоячу шафу, звідки і отримали назву.

Всі складові системи кондиціонування в таких кондиціонерах знаходяться всередині моноблоку, який візуально виглядає як шафа. У всіх моделях забір повітря відбувається через решітку, в якій встановлено повітряний фільтр. Всі ці елементи розміщуються на передній панелі кондиціонера. Холодинна

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

потужність таких кондиціонерів може сягати 80 кВт.



Рисунок 1.20 – Шафовий кондиціонер

За необхідності жорсткого дотримання умов щодо якості повітря та параметрів мікроклімату в приміщенні рекомендується використання підвиду шафових кондиціонерів, який отримав назву прецизійних (рис. 1.21). Цим кондиціонерам властивий високий рівень точності та повна автоматизація процесу охолодження повітря. Параметри таких кондиціонерів наступні:

- точність підтримки відносної вологості повітря в межах 2%;
- підтримка температури із максимальною похибкою в 1 °С;
- цілодобовий режим роботи, який підлягає налаштуванню та зменшенню або збільшенню потужності в певні проміжки часу;
- високий рівень сумісності із системою диспетчерського контролю та системою автоматизованого керування мікрокліматом будівлі [33].

Регулювання показників повітря на різних значеннях одночасно по всій будівлі може бути досягнуто у випадку встановлення системи із чиллерами та фанкойлами (СЧФ). Фанкойли представляють собою аналог розподільників повітря в системі вентиляції приміщень, які при цьому мають високий рівень автоматизації та диспетчеризації процесу. Такі фанкойли можуть вручну або

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

автоматично вмикатись та вимикатись, змінювати температуру повітря, продуктивність, тощо. Джерелом холоду в СЧФ є холодильна машина (рис. 1.22), яка називається чиллером.



Рисунок 1.21 - Прецизійні кондиціонери

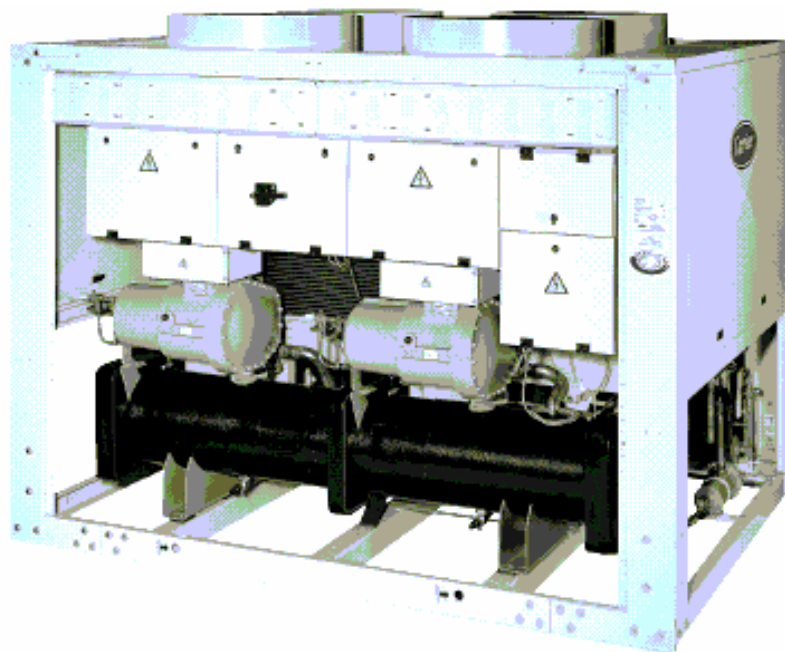


Рисунок 1.22 – Чиллер із повітряним охолодженням



У випадку установки центрального кондиціонера від зовнішнього блоку по трубопроводам поступає охолоджене повітря на внутрішні блоки (рис. 1.24). Такі кондиціонери управляються в основному дистанційно за допомогою панелей управління, пульта дистанційного керування. Для автоматизації процесу обробки повітря також в системі може використовуватись центральний контролер.

В результаті проведеного аналізу видів кондиціонерів можна зробити висновок, що для офісних приміщень у громадських та адміністративних будівлях найбільш оптимальним вибором є використання спліт або мультиспліт систем. За необхідності дотримання параметрів повітря на рівні високої точності та з мінімальними відхиленнями найкращим вибором стане прецизійний кондиціонер. Для великогабаритних промислових приміщень варто передбачати при проектуванні СКВ або даховий, або центральний кондиціонер.

### 1.3 Нормативно-правове забезпечення показників якості повітря в приміщеннях

Показники якості повітря регламентуються рядом нормативно-правових актів, постанов, норм, тощо. Якщо розглядати параметри якості повітря в містах, то вони регламентуються ДСП-201-97 Державними санітарними правилами охорони атмосферного повітря населених місць [14].

Склад і якість повітря приміщеннях виробничого призначення регламентуються ДСН 3.3.6.042-99 Санітарними нормами мікроклімату виробничих приміщень [13]. В основному повітря має наступний хімічний склад:

- кисень 20,9%;
- аргон 0,9%;
- азот 78%;
- інші гази 0,2% [30].

Основними домішками в повітрі, які можуть впливати на його якість є газоподібні домішки (азот, вуглець, оксиди сірки, тощо) та механічні домішки (стружка, пил, попіл). Максимальна кількість речовин, що забруднюють повітря

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

регламентується таким показником, як гранично-допустима концентрація (ГДК).  
У табл. 1.1 наведено гранично-допустимі концентрації ряду шкідливих речовин.

Таблиця 1.1 – ГДК деяких шкідливих речовин

Речовина	Клас небезпеки	ГДК, мг/м <sup>3</sup>
Карбід кремнію	4	6
Чавун	4	6
Сікродень	2	10
Пил рослинного походження	4	2-6
Кам'яне вугілля	4	10
Толуол	3	50
Бору карбід	4	6
Сірчаний ангідрид	3	10

У випадку постійного перебування людей у приміщенні з неякісним станом повітря, у працівників може розвиватись ряд негативних наслідків для здоров'я, а саме:

- кашель;
- постійна втома;
- нежить;
- головний біль;
- неможливість сконцентруватися;
- астматичні напади;
- дискомфорт в дихальних шляхах.

У виробничих приміщеннях із високим вмістом пилу або інших забруднюючих речовин та у випадку, якщо технологічний процес заважає дотриманню якості повітря на належному рівні, роботодавець в обов'язковому порядку повинен забезпечити своїх працівників засобами індивідуального захисту органів дихання.

У випадку необхідності забезпечення захисту не тільки органів дихання, але й очей та шкіри обличчя, оптимальним вибором буде повна маска (рис. 1.25). Такі маски мають можливість кріплення широкого спектру фільтрів, забезпечують надійний захист органів дихання, зору та обличчя від впливу аерозолів, газів та парів [18]. Якщо необхідно забезпечити лише захист органів дихання, допускається використання напівмасок (рис. 1.26).



Рисунок 1.25 – Повна маска 3М



Рисунок 1.26 - Напівмаска



Рисунок 1.27 - Респіратор



Рисунок 1.28 – Повітряний фільтр, як конструктивний елемент ЗІЗ органів дихання

Серед більш примітивних засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) органів дихання, можна виділити респіратори (рис. 1.27). Деякі з моделей респіраторів мають в своїй конструкції клапан. Найпростіші респіратори частково захищають людину від потрапляння пилу та шкідливих речовин в органи дихання. Існують також моделі, які призначені для використання при виконанні певних видів робіт, наприклад, зварювання. Існують також респіратори, основне призначення яких полягає у захисті органів дихання від дії аерозольних речовин.

У таких ЗІЗ зазвичай в конструкції передбачається можливість зміни фільтрів без зміни самої маски або напівмаски. На рис. 1.28 наведено приклад фільтра з подвійним потоком, який забезпечує захист органів дихання від органічних випаровувань.

#### 1.4 Особливості очищення повітря в системах вентиляції та кондиціонування

Конструктивно в СКВ передбачається використання повітряних фільтрів для очищення повітря. Ці фільтри поділяються на наступні класи:

- грубого очищення (затримують забруднення із розміром частинки до 10 мкм);
- тонкого очищення (затримують забруднення із розміром частинки від 1 мкм і більше);
- особливого очищення (затримують забруднення із розміром частинки менше 1 мкм).

Очищення повітря проводиться за рядом параметрів, першим з яких є очищення повітря від пилу. Таке очищення представляє собою проходження повітря через фільтр, який містить фільтруючий матеріал. З фізичної точки зору таке очищення обумовлюється силою аеродинамічного опору частки пилу та силою адгезії. Сила адгезії, в свою чергу, визначається за формулою:

$$F_a = \frac{C_f \bar{w}^2 f_r \rho_r}{2}, \quad (1.1)$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

де  $F_a$  – сила адгезії;

$f_r$  – діаметральний перетин краплі;

$C_f$  – коефіцієнт аеродинамічного опору краплі

$w$  – відносна швидкість частки та повітря;

$\rho_r$  – густина газу [5].

Ефективність та продуктивність повітряного фільтру прямо пропорційна силі адгезії і визначається за формулою:

$$E = 1 - e^{-k \frac{F}{L}}, \quad (1.2)$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує клас повітряного фільтру.

Величина коефіцієнт класу повітряного фільтру визначається в результаті проведених лабораторних досліджень та експериментів. Граничне значення, при якому ще доцільно використовувати повітряні фільтри певного типу, визначається на основі залежностей, приклад яких наведено на рис. 1.29.

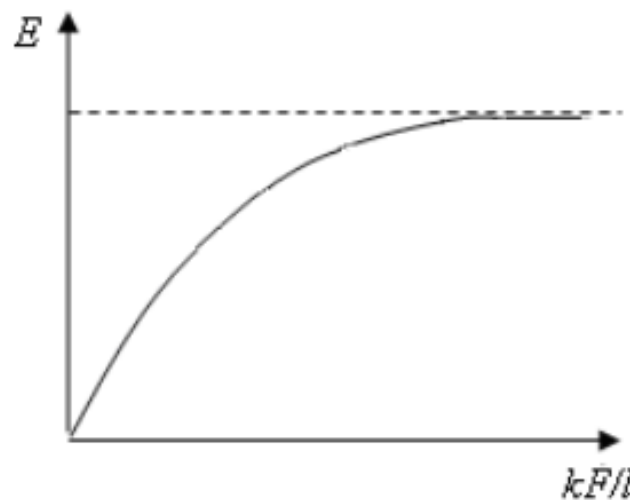


Рисунок 1.29 – Графік визначення ефективності повітряного фільтру

Для очищення повітря в СКВ використовується ряд фільтрів. Електрофільтри (рис. 1.30) найчастіше застосовуються як конструктивний елемент кондиціонерів за необхідності забезпечення в приміщенні повітря

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

високої якості. До таких приміщень відносяться лабораторії, музеї, серверні кімнати, архіви, операційні, тощо.

В таких фільтрах коефіцієнт питомої фільтрації розраховується за формулою:

$$K_{\text{ПФ}} = \frac{L}{F} = 5 - 10 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \text{ год}), \quad (1.3)$$

де  $F$  – площа поперечного перерізу фільтра, тобто поверхня фільтрації.

Тканинні фільтри (рис. 1.31) за своєю конструкцією складаються із корпусу, наповненого фільтруючим матеріалом, що встановлений на роликах або пластинах. Найчастіше самим фільтруючим матеріалом виступає паролон із товщиною 20-40 мм. Ефективність фільтру лежить в межах від 0,96 до 0,98.

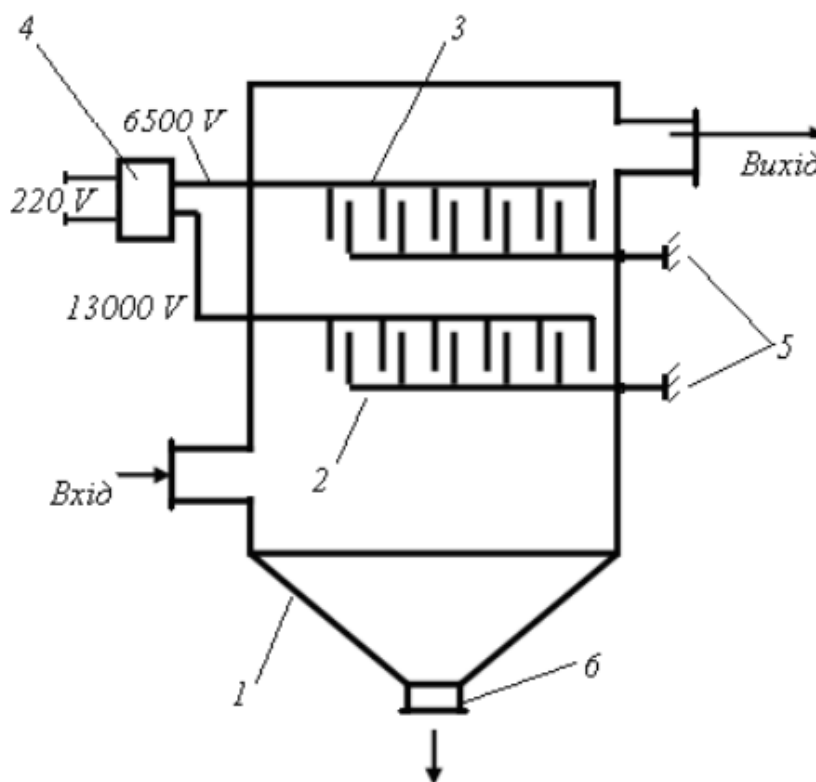


Рисунок 1.30 – Електричний повітряний фільтр:

- 1 – корпус; 2 – перший каскад; 3 – другий каскад; 4 – джерело живлення;  
5 – кріплення; 6 – бункер



Рисунок 1.31 – Тканинний фільтр

Масляні фільтри (рис. 1.32) конструктивно представляють собою дві панелі для фільтрації в одному корпусі. Корпус самого фільтру закріплюється на базу для оливи, а останні з'єднуються болтами до корпусу. Кожна із зазначених панелей для фільтрації складається із полотен сітчастої форми. Ці полотна утворюють сітку, яка розміщується на шляху проходження повітря і частки пилу зупиняються на сітці.



Рисунок 1.32 – Масляний фільтр

Каталітичний фільтр (рис. 1.33) призначений для каталізації летючих органічних речовин, формальдегіду, бензолу, сірководню, аміаку. Вони затримують своєю конструкцією вищезазначені речовини.

Підвидом каталітичних фільтрів є поєднання фотоелементів із конструкцією каталітичного фільтру, який отримав назву фотокаталітичного фільтру (рис. 1.34). Він видаляє із вмісту повітря елементоорганічні, органічні та неорганічні забруднюючі речовини. Як додаткову функцію вони можуть видаляти цвіль, спори, грибок, віруси, бактерії [40].

Одним із видів фільтрів, які також здатні знищувати бактерії та віруси, є ультрафіолетовий фільтр (рис. 1.35). Вони здатні не лише очищати повітря, але й сприяють зменшенню та попередженню росту бактерій всередині самого кондиціонера.



Рисунок 1.33 – Каталітичний фільтр

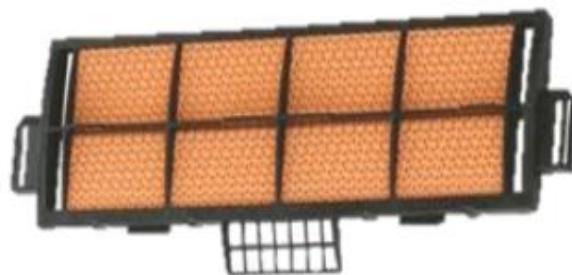


Рисунок 1.34 – Фотокаталітичний фільтр



Рисунок 1.35 – Ультрафіолетовий фільтр

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Якщо розглядати вибір повітряних фільтрів для їх використання в адміністративних будівлях, то найбільш оптимальним буде ультрафіолетовий фільтр, оскільки він здатний не лише очищати повітря від пилу, але й знешкоджувати бактерії. У випадку виробничих приміщень вибір фільтру залежить в першу чергу від особливостей технологічного процесу.

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

## 2 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ РОЗРАХУНКУ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПРИМІЩЕНЬ

### 2.1 Методика розрахунку необхідного повітрообміну

З метою проведення оцінки ефективності діючої вентиляції в приміщеннях із врахуванням їх функціонального призначення визначають необхідну кратність обміну повітря. Кратність повітрообміну – це кількісна величина, що показує, скільки разів на одиницю часу, тобто на одну годину, повітря в цьому приміщенні повністю оновлюється на зовнішнє [32].

На першому етапі необхідно провести визначення об'єму кожного окремого приміщення (рис. 2.1), при чому враховується наявність у повітрі шкідливих домішок та речовин. Існують випадки, в яких характер та кількість шкідливих домішок та речовин не піддаються обліку.

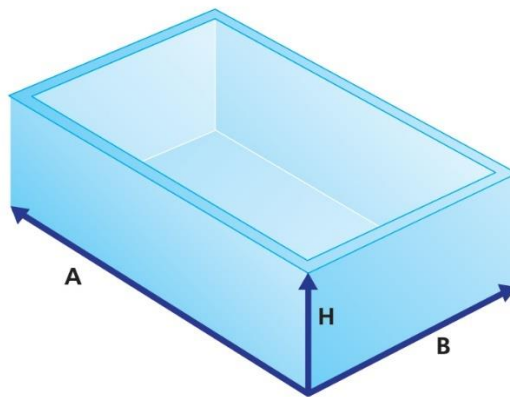


Рисунок 2.1 – Параметри приміщення

В таких випадок застосовується визначення повітрообміну за кратністю [6, 32]:

$$L = V_{\text{пр}} \cdot K_p, \quad (2.1)$$

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

де  $K_p$  – мінімальна кратність повітрообміну (табл. 2.1);

$V_{пр}$  – об'єм приміщення, м<sup>3</sup>.

Таблиця 2.1 – Таблиця кратності повітрообміну деяких приміщень

Вид приміщення	Кратність повітрообміну $K_p$ , м <sup>3</sup> /год	Вид приміщення	Кратність повітрообміну $K_p$ , м <sup>3</sup> /год
Промислові приміщення та приміщення великого об'єму			
Серверна	5-10	Аптека	3
Фарбувальний цех	25-40	Басейн	10-20
Гараж і авторемонтна майстерня	6-8	Офісне приміщення	5-7
Банк	2-4	Кухонне приміщення в кафе, ресторані	10-15
Шкільний клас	3-8	Спортивний зал	Не менше 80 м <sup>3</sup> /людину
Театр, кінозал, конференці-зал	20-40 м <sup>3</sup> /люд.	Магазин	1,5-3
Побутові приміщення			
Кухня	6-8	Житлова кімната	3 м <sup>3</sup> /год на 1 м <sup>2</sup>
Гараж	4-8	Комора	1
Ванна кімната	7-9	Душова	7-9
Туалет	8-10	Погріб	4-6

При розрахунку вентиляції методом кратності повітрообміну розрахунок проводять за наступними показниками:

- за виділенням вологи;
- залежно від гранично допустимої концентрації вуглекислого газу;
- для видалення надлишків тепла.

В результаті розрахунку за трьома наведеними показниками обирається серед всіх отриманих значень максимальне.

При визначенні повітрообміну за умови виділення вологи розрахунок проводиться за формулою:

$$L = L_1 \cdot N_L, \quad (2.2)$$

де  $N_L$  – кількість людей в приміщенні;

$L_1$  – норма повітря на одну людину, м<sup>3</sup>/чол.;

Норма повітря на одну людину залежить від важкості робіт, які виконуються працівниками у заданому приміщенні і становить:

- 20-25 м<sup>3</sup>/год на 1 людину – легкі фізичні роботи;
- 45 м<sup>3</sup>/год на 1 людину – середні фізичні роботи;
- 60 м<sup>3</sup>/год на 1 людину - важкі фізичні роботи [32].

При визначенні розрахункового повітрообміну приміщення в залежності від гранично допустимої концентрації вуглекислого газу застосовують формулу [36]:

$$L = \frac{G_{CO_2}}{(Y_{ГДК} - Y_{П})}, \quad (2.3)$$

де  $Y_{П}$  – вміст газу у припливному повітрі, л/м<sup>3</sup> (табл. 2.2);

$G_{CO_2}$  – об'єм вуглекислого газу, що виділяється, л/год;

$Y_{ГДК}$  – гранично допустима концентрація вуглекислого газу у повітрі, що видаляється, л/м<sup>3</sup> (табл. 2.3) [32].

Об'єм вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>), що виділяється розраховується із врахуванням наступних значень:

- легкі фізичні роботи – людина виділяє 14,25 CO<sub>2</sub> л/год;
- середні фізичні роботи - людина виділяє 19,8 CO<sub>2</sub> л/год;
- важкі фізичні роботи – людина виділяє 25,6 CO<sub>2</sub> л/год [32].

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Таблиця 2.2 – Концентрації вуглекислого газу в припливному повітрі залежно від розміру міста

Населення в місті	Кількість вуглекислого газу в припливному повітрі, $U_{п}, \text{л/м}^3$
Великі міста (населення більше 300 000 чоловік)	0,5
Малі міста (населення до 300 000 чоловік)	0,4
Населені пункти, селища міського типу	0,33

Таблиця 2.3 – Концентрації вуглекислого газу в приміщеннях

Вид приміщення	Гранично-допустимі концентрації вуглекислого газу, $U_{ГДК}, \text{л/м}^3$
короткочасного перебування людей	2,0
постійного перебування людей	1,0
тимчасового перебування людей	1,25
лікарні та дитячі установи	0,7

При визначенні розрахункового повітрообміну в приміщеннях методом кратності повітрообміну для видалення надлишків тепла застосовується формула 2.4:

$$L = \frac{\Sigma Q}{(\rho \cdot C \cdot (t_v - t_p))}, \quad (2.4)$$

де  $t_p$  – температура припливного повітря, °С;

$t_v$  – температура повітря, що видаляється, °С;

$C$  – теплоємність повітря, кДж/(кг·К);

$\rho$  – густина повітря, кг/м<sup>3</sup>;

$\Sigma Q$  – сумарне виділення теплоти, кВт.

При використанні цього методу слід враховувати, що теплоємність повітря при температурах від 0 до 70 °С становить 1,005 кДж/(кг·К). Значення густини повітря залежить від температури повітря та його тиску і визначається за табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Значення густини повітря  $\rho$

Температура повітря, °С	Значення густини повітря $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> в залежності від атмосферного тиску (мм. рт. ст.)	
	745	760
+40	1,106	1,128
+35	1,123	1,146
+30	1,141	1,165
+25	1,162	1,185
+20	1,181	1,205
+15	1,202	1,226
+10	1,223	1,248
+5	1,244	1,270
0	1,267	1,293

Врахування тепла, що виділяється у приміщенні відбувається в змінній  $\Sigma Q$ , яка представляє собою сумарне значення виділення тепла, кВт, від сонячної радіації, обладнання та людей і розраховується за формулою:

$$\Sigma Q = Q_{\text{ср}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{обл}}, \quad (2.5)$$

де  $Q_{\text{ср}}$  – теплота, яка поступає у приміщення від сонячної радіації через світлові прорізи, кВт;

$Q_{\text{л}}$  – тепловиділення від людей, кВт;

$Q_{\text{обл}}$  – тепловиділення від встановленого у приміщенні обладнання, кВт.

Значення теплоти від обладнання залежать в першу чергу від його потужності. Наприклад, один персональний комп'ютер виділяє 0,3 кВт тепла, в той час як телевизор – 0,2 кВт, сервер – 0,5 кВт, а принтер і інша дрібна техніка – 0,1 кВт тепла.

Тепловиділення від працівників, які в одному й тому ж приміщенні виконують різні за важкістю фізичні роботи, визначається за формулою:

$$Q_{л} = \frac{n_1 \cdot q_1 + n_2 \cdot q_2}{3600}, \quad (2.6)$$

де  $n_1$  – кількість працівників, які виконують фізичні роботи однієї важкості, осіб (табл. 2.5);

$n_2$  – кількість працівників, які виконують фізичні роботи однієї важкості, осіб;

$q_1$  і  $q_2$  – тепловиділення від одного працівника, який виконує відповідні за важкістю роботи, кДж/год.

Таблиця 2.5 – Тепловиділення від людей  $Q_{л}$ , кВт, в залежності від важкості виконуваних робіт

Категорія робіт	Температура повітря в робочій зоні, °С					
	35	30	25	20	15	10
Важкі	906			917	921	925
Середні	712			733	754	775
Легкі	524			545	566	650

Кількість теплоти, яка надходить у приміщення через світлові прорізи від сонячної радіації  $Q_{ср}$ , кВт, розраховується за формулою:

$$Q_{ср} = \frac{\beta \cdot k \cdot q_{заск} \cdot S_{заск}}{3600}, \quad (2.7)$$

де  $k$  – коефіцієнт, який характеризує характер застосування;

$S_{заск}$  – площа застосування поверхні, тобто площа світлових прорізів, які розташовані в одній із зовнішніх стін, м<sup>2</sup>;

$q_{заск}$  – кількість теплоти, що надходить у приміщення через 1 м<sup>2</sup> застосування поверхні світлових прорізів в залежності від географічної широти розташування приміщення, кДж/(м·год) (табл. 2.6);

$\beta$  – коефіцієнт, що зменшення кількості тепла, яке може надходити від сонячної радіації за рахунок забрудненості світлових прорізів або використання у приміщенні сонцезахисних пристроїв.

Таблиця 2.6 – Теплонадходження від сонячної радіації

Вид рами	Значення $q_{заск}$ залежно від орієнтації світлових прорізів відносно сторін світу				
	Північ	південь	Північний схід та північний захід	Південний схід та південний захід	Схід та захід
Металопластикова	106	756	360	720	692
Металева	84	594	342	461	666
Дерев'яна	62	461	270	660	522

При розрахунку формули 3.7 значення коефіцієнту  $k$  враховує власне характер рам, які використовуються в світлових прорізах. Для металопластикових віконних рам коефіцієнт  $k = 1,45$ , в той час як для металевих  $k = 1,15$ , а для дерев'яних віконних рам  $k = 1,0$ .

Крім того, як видно з табл. 2.6, на етапі визначення кількості тепла, що проходить через одиницю площі застосування в приміщенні, також відбувається врахування матеріалу віконної рами.

## 2.2 Інсталяція розробленої рекомендаційної системи та опис використаних при розробці підходів

Для спрощення інсталяції та подальшого використання розробленої автоматизованої рекомендаційної системи розрахунку вентиляції та кондиціонування (АРСВК) було використано пакет автоматичного встановлення. Для проведення установки АРСВК користувачу необхідно запустити файл під назвою Calculator\_Vantilator\_Install.exe.

На першому етапі необхідно обрати теку, в яку користувач планує встановити АРСВК на обраний персональний комп'ютер або ноутбук. За замовченням пакет установки запропонує встановлення на диск С у новостворену папку під назвою Calculator Vantilator (рис. 2.2). Рекомендується змінити теку на інший диск.

Як і будь-який стандартний автоматизований пакет установки програм, при установці АРСВК наступним кроком буде підтвердження встановлення в обрану теку, яке зображено на рис. 2.3. Після встановлення АРСВК, файл запуску буде розміщуватись у відповідному каталозі. Для запуску АРСВК необхідно застосувати файл під назвою VentilationCalculator.exe (рис 2.5).

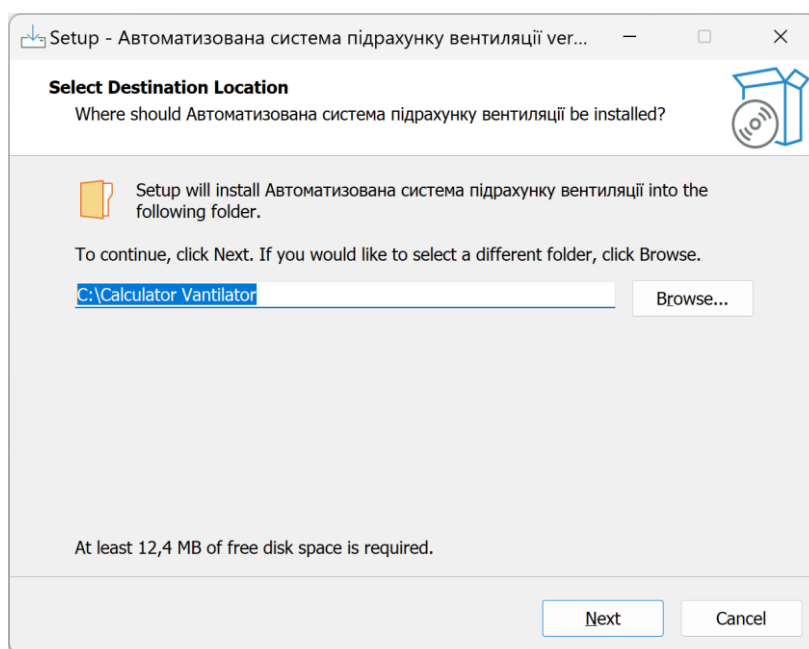


Рисунок 2.2 – Вибір теки встановлення АРСВК

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

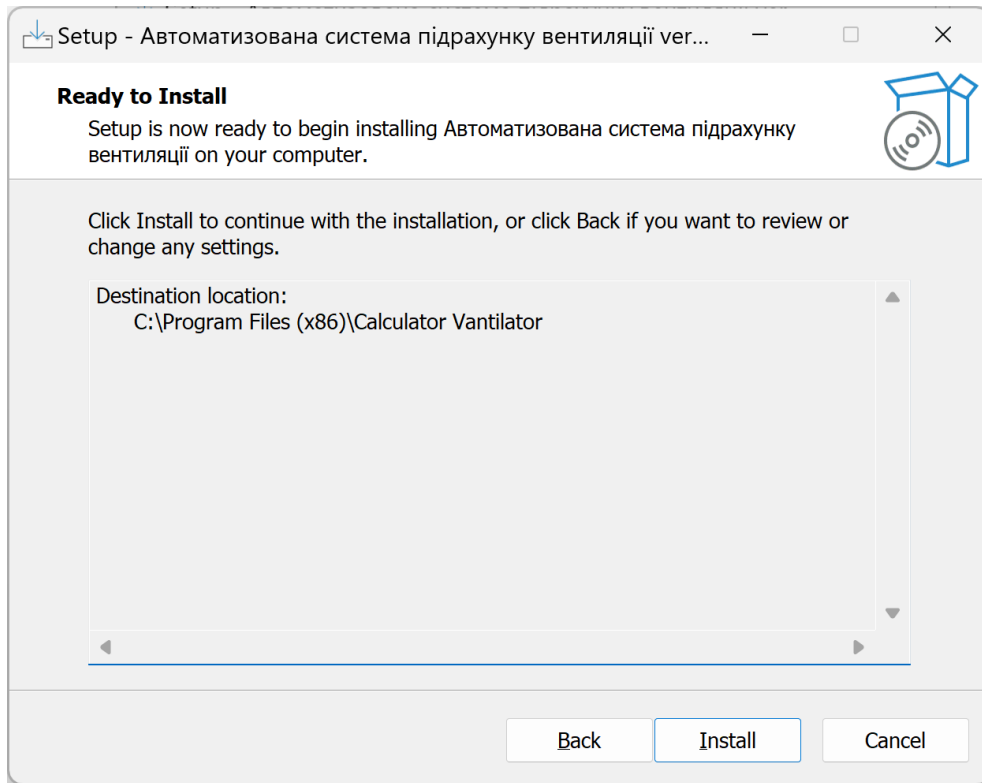


Рисунок 2.3 – Підтвердження встановлення

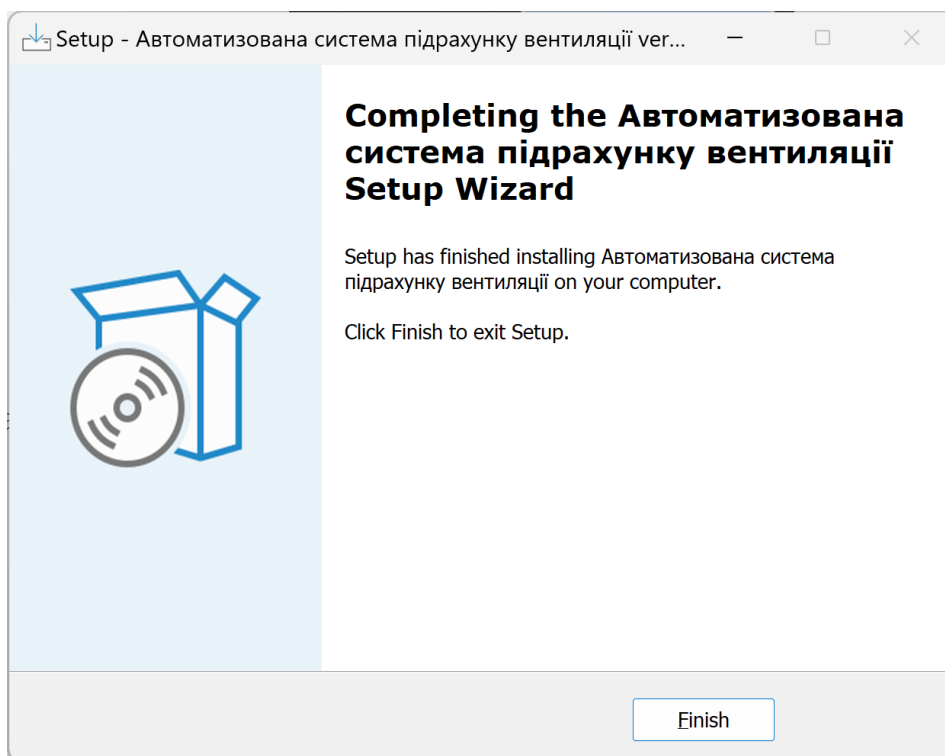


Рисунок 2.4 – Сповіднення про успішне встановлення АРСВК

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Имя	Дата изменения	Тип	Размер
Microsoft.Extensions.Logging.Abstractions.dll	18.10.2022 19:19	Расширение при...	63 КБ
Microsoft.Extensions.Logging.dll	18.10.2022 19:20	Расширение при...	48 КБ
Microsoft.Extensions.Options.dll	18.10.2022 19:19	Расширение при...	61 КБ
Microsoft.Extensions.Primitives.dll	18.10.2022 19:19	Расширение при...	42 КБ
Mono.TextTemplating.dll	23.02.2021 6:04	Расширение при...	112 КБ
SQLitePCLRaw.batteries_v2.dll	10.01.2023 23:21	Расширение при...	5 КБ
SQLitePCLRaw.core.dll	10.01.2023 23:18	Расширение при...	50 КБ
SQLitePCLRaw.provider.e_sqlite3.dll	10.01.2023 23:18	Расширение при...	36 КБ
system.db	02.07.2023 13:49	Data Base File	64 КБ
System.Text.Encoding.Web.dll	18.10.2022 19:19	Расширение при...	70 КБ
System.Text.Json.dll	18.10.2022 19:30	Расширение при...	531 КБ
unins000.dat	02.07.2023 13:43	Файл "DAT"	9 КБ
unins000.exe	02.07.2023 13:43	Приложение	3 149 КБ
VentilationCalculator.deps.json	30.06.2023 0:59	Файл "JSON"	30 КБ
VentilationCalculator.dll	02.07.2023 12:55	Расширение при...	158 КБ
VentilationCalculator.exe	02.07.2023 12:55	Приложение	145 КБ
VentilationCalculator.pdb	02.07.2023 12:55	Файл "PDB"	45 КБ
VentilationCalculator.runtimeconfig.json	30.06.2023 0:59	Файл "JSON"	1 КБ

Рисунок 2.5 – Файл запуску АРСВК

Розроблена автоматизована рекомендаційна система розрахунку вентиляції та кондиціонування була написана на мові програмування С#. Ця мова програмування представляє собою об'єктно-орієнтовану мову програмування загального призначення. Вона відноситься до сімейства мов, які побудовані на С-подібному синтаксису [1].

Використання цієї мови програмування дозволило зробити АРСВК гнучкою до операційної системи, в результаті чого вона безпомилково запускається на ОС Windows x86 та x64.

Крім того для розробки використовувався Net Core 6. В ній доступні частини уніфікації платформи .NET, в результаті чого було досягнуто функціонал спрощеної розробки програмного забезпечення та більш високої продуктивності АРСВК [29].

В якості бази даних застосовувався SQLite. SQLite – це легка і швидка вбудована однофайлова система керування базами даних (СКБД), яка була розроблена конкретно під мови програмування сімейства С. Використання такої СКБД дозволяє локальне збереження всієї бази даних на одному пристрої без необхідності використання сторонніх служб та бібліотек. [3]

Користувачу для використання АРСВК необхідно встановити на свій комп'ютер лише один функціонал від Microsoft, який можна безкоштовно завантажити за посиланням [2]. Функціонал за посиланням (рис. 2.6) містить .Net фреймворк, який буде використовуватись в АРСВК.

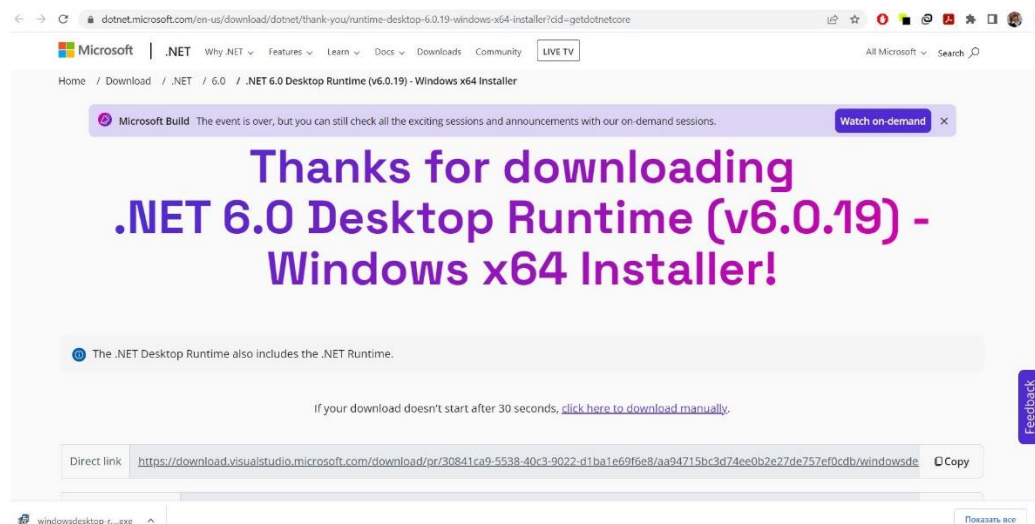


Рисунок 2.6 – Успішне завантаження фреймворку із сайту Microsoft

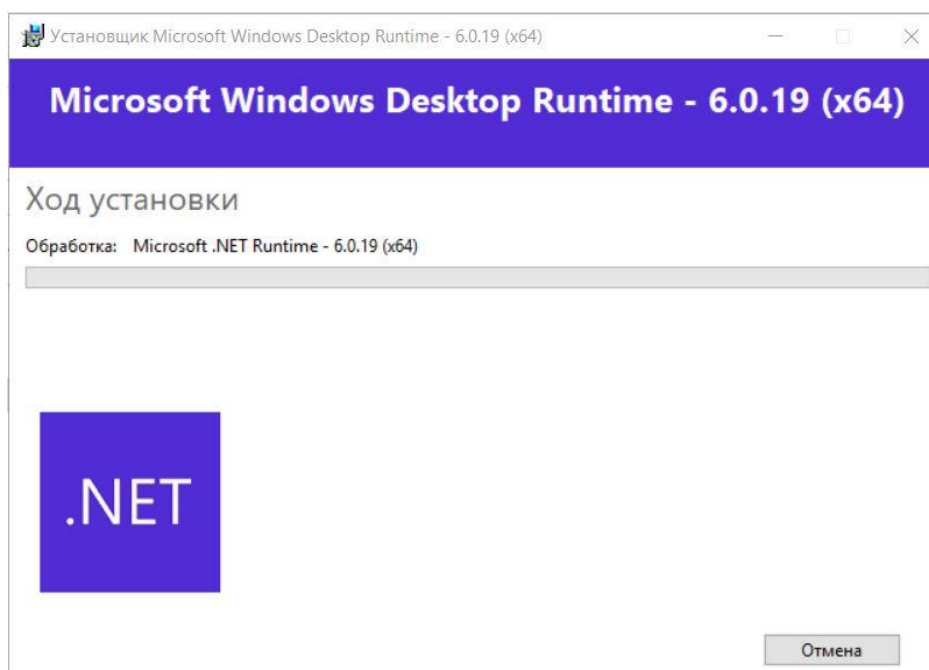


Рисунок 2.7 – Хід установки Microsoft .Net

Після завантаження фреймворку його необхідно встановити типовим для операційної системи Windows методом (рис. 2.7). Про успішну установку

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

фреймворку користувача буде повідомлено таким чином, як це зображено на рис. 2.8.

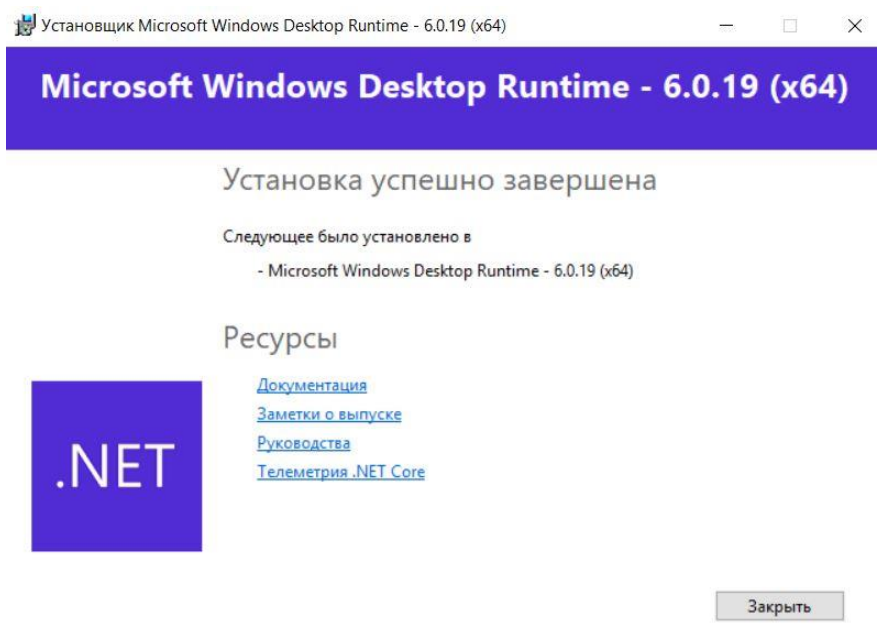


Рисунок 2.8 – Повідомлення про успішну установку

Зверніть увагу, що використання АРСВК передбачається лише на операційній системі Windows. Спроба її запуску на інших операційних системах, наприклад Linux, буде невдалою і програма не буде запускатись.

### 2.3 Структура автоматизованої рекомендаційної системи розрахунку вентиляції та кондиціонування

Після запуску програми, як це показано на рис. 2.5, користувачу відкривається головне вікно роботи із АРСВК (рис. 2.9). Умовно АРСВК містить чотири вкладки для роботи, а за замовченням при відкритті програми відкривається перша вкладка під назвою Вхідні дані.

Ця вкладка містить поля для введення користувачем проміжних даних. Умовно вона поділена на ліву і праву частину. Ліва частина призначена для розрахунку вентиляції та кондиціонування повітря в серверних приміщеннях, права – для офісних приміщень. Під офісними приміщеннями в АРСВК

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46



Крім того, в цій частині задається загальна кількість серверного обладнання, яке в подальшому буде враховуватись в розрахунку вентиляції та кондиціонування на етапі врахування тепловиділення від обладнання. Також враховується тепловиділення від встановлених на робочих місцях принтерів. Враховуючи, що принтери вважаються нестационарним рухомим обладнанням, яке достатньо часто переміщують з одного приміщення в інше, то в АРСВК передбачена можливість врахування кількості принтерів у відсотках від загальної кількості робочих місць.

Тобто на цьому етапі відбувається часткова реалізація формули 2.5 та 2.7. У формулі 2.5 змінна  $Q_{\text{обл}}$ , яка представляє собою тепловиділення від обладнання в кВт, представляє собою врахування тепловиділення від комп'ютерів та принтерів на робочих місцях в офісному приміщенні, а також врахування тепловиділення від серверів для серверного приміщення.

У формулі 2.7 при розрахунку надлишків тепла в приміщенні використовуються такі змінні як  $t_p$  та  $t_v$ , тобто температура припливного повітря та температура повітря, що видаляється з приміщення відповідно. Тому, в лівій частині вікна також розташовуються поля для введення температури припливного повітря та температури повітря, що видаляється із приміщення.

На рис. 2.10 наведено інтерфейс вкладки, яка має назву Додаткові вхідні дані. Ця вкладка також умовно поділена на три частини, кожна з яких відповідає за обчислення вентиляції та кондиціонування одним із підметодів. Пункт 2, який має назву Кратність повітрообміну призначений для введення таких додаткових вхідних даних, як власне кратність повітрообміну  $K_p$ , який окремо вводиться з клавіатури користувачем.

У цьому вікні користувачу також необхідно обрати категорію робіт працівників із запропонованого випадаючого списку (рис. 2.10). Оскільки від категорії робіт при обчисленні вентиляції за формулою 2.2 відбувається зміна норми повітря на одну людину, то в АРСВК передбачена автоматична зміна цього значення при зміні категорії робіт (рис. 2.11).

Вхідні дані | Додаткові вхідні дані | Обраховані дані | Пропонований кондиціонер

2. Кратність повітрообміну

Офісу: 0

Сервеної: 0

Категорія робіт: Легкі

Норма повітря на одну людину: 20

3. Визначення повітрообміну, залежно від гранично допустимої концентрації вуглекислого газу

Приміщення в якому перебувають люди: В місцях постійного перебування людей (житлові кімнат)

Уп – вміст газу у припливному повітрі: 14,25

Угдк - вміст газу у припливному повітрі: 1

Введіть кількість населення в населеному пункті: 0

Схоже, що населений пункт: Населені пункти (селища, смт)

Концентрація фуглекислого газу становить: 0,33

Qср - дані для формули

Заск - Теплонадходження від сонячної рад.: 0

Присутні сонцезахистний матеріал вибрано - 0.8; не вибрано 0.9

Вид рами: Дерев'яна

Сторона світу: Південь

Додаткові дані поля

Густина атмосферного повітря в місті: 760

Обрахувати

Рисунок 2.9 – Інтерфейс вкладки Додаткові вхідні дані

Категорія робіт: Легкі

Норма повітря на одну людину: 20

3. Визначення повітрообміну, залежно від гранично допустимої концентрації вуглекислого газу

Легкі

Легкі

Середні

Важкі

Рисунок 2.10 – Вибір категорії виконуваних робіт

Категорія робіт: Середні

Норма повітря на одну людину: 45

Рисунок 2.11 – Автоматична зміна норми повітря на одну людину при зміні категорії робіт

Крім того, у програмі передбачено можливість введення значення норми повітря на одну людину з клавіатури. Наприклад, для легких фізичних робіт норма повітря на одну людину лежить в межах від 20 до 25 м<sup>3</sup>/год. Тому при виборі легких робіт, у полі автоматично відображається значення 20. Але користувач у будь-який момент може ввести будь-яке із значень, які попадають в межі нормованих 20-25 м<sup>3</sup>/год.

У пункті під номером 3 проводиться розрахунок другим підметодом. При визначенні повітрообміну в приміщенні із врахуванням вуглекислого газу, що міститься в повітрі, тобто при розрахунку формули 2.3, також наявне врахування важкості виконуваних робіт у коефіцієнті  $G_{CO_2}$ . На цьому етапі ця норма обирається в АРСВК самостійно програмою, без залучення користувача, на основі обраної категорії робіт (рис. 2.10).

Для проведення розрахунку за формулою 2.3 значення коефіцієнту  $U_{II}$ , що відповідає вмісту газу у припливному повітрі, напряму залежить від розміру міста. Для визначення цього коефіцієнту в АРСВК передбачено введення користувачем з клавіатури приблизного значення населення міста. При введенні значення, яке відповідає населенню, що проживає у місті (рис. 2.12), значення відповідного коефіцієнту  $U_{II}$  буде змінюватись автоматично. Тобто, на цьому етапі реалізується вибір значення із таблиці 2.2.

**Введіть кількість населення  
в населеному пункті**

Схоже, що населений пункт: Великі міста

Концентрація вуглекислого газу становить: 0,5

Рисунок 2.12 – Визначення кількості вуглекислого газу у вмісті припливного повітря

Крім того, для розрахунку за формулою 2.3, необхідно мати значення гранично-допустимої концентрації (ГДК) вуглекислого газу у повітрі, що видаляється із приміщення  $U_{ГДК}$ . Це значення також є нормованим, тому користувачу немає необхідності вводити його з клавіатури. АРСВК проводить автоматичний вибір значення  $U_{ГДК}$  на основі обраного типу приміщення (рис. 2.13). Тобто, реалізовано автоматичний вибір коефіцієнтів із таблиці 2.3.

При визначенні розрахункового повітрообміну в приміщеннях методом кратності повітрообміну для видалення надлишків тепла застосовується формула 2.4. У цій формулі проміжним значенням для розрахунку, яке

автоматично обирається в АРСВК на основі введених користувачем даних є значення густини повітря  $\rho$ . Це значення обирається залежно від атмосферного тиску повітря та температури повітря всередині приміщення на основі таблиці 2.4. Для цього у програмі передбачено вибір атмосферного тиску (рис. 2.14), в той час як значення густини повітря обирається автоматично і використовується в подальших розрахунках.

**Приміщення в якому перебувають люди**

Рисунок 2.13 – Вибір типу приміщення

**Додаткові дані поля**

**Густина атмосферного повітря в місті**

Рисунок 2.14 – Вибір атмосферного тиску

Розрахунок тепловиділення від працівників відбувається шляхом врахування кількості людей, яке вводилось користувачем на вкладці Вхідні дані, та важкості виконуваних робіт, яке обирається користувачем із випадючого списку (рис. 2.10). В результаті непомітно для користувача в АРСВК відбувається автоматизований вибір значенні із таблиці 2.5.

Для розрахунку кількості теплоти, яка надходить у приміщення через світлові прорізи від сонячної радіації  $Q_{cp}$ , кВт у відповідності за формулою 2.7, необхідно в першу чергу вказати площу віконних прорізів. Це значення користувач вводить з клавіатури у відповідне поле (рис. 2.15) із врахуванням того, що площа вводиться у квадратних метрах.

Q<sub>ср</sub> - дані для формули

**Заск - Теплонадходження від сонячної рад.**

Присутні сонцезахистний матеріал  
вибрано - 0.8; не вибрано 0.9

Вид рами

Сторона світу

Рисунок 2.15 – Вибір проміжних значень для розрахунку теплонадходжень від сонячної радіації

На цьому етапі також проводиться вибір значення коефіцієнту  $\beta$ . Цей коефіцієнт становить за замовченням 0,9. У випадку наявності в приміщенні сонцезахисних пристроїв, користувачу достатньо лише поставити прапорець навпроти відповідного поля (рис. 2.15), в результаті чого значення коефіцієнту  $\beta$  для проведення розрахунків автоматично зміниться на 0,8.

Для визначення значення кількості теплоти  $q_{\text{заск}}$ , що надходить у приміщення через 1 м<sup>2</sup> заскленої поверхні світлових прорізів необхідно у програмі вказати вид віконної рами, а саме її матеріал, та орієнтацію вікон на північ, південь, тощо. Цей вибір запропонований користувачу із відповідних випадаючих списків, які наведені на рис. 2.16 та 2.17. В подальшому без участі користувача відбувається автоматизований вибір значення  $q_{\text{заск}}$  на основі даних, наведених в табл. 2.6.

Характер застосування також враховується у коефіцієнті  $k$  і на пряму залежить від матеріалу рами вікна. Тому значення обирається також на основі обраного із випадаючого списку матеріалу (рис. 2.16). Для металопластикових віконних рам коефіцієнт  $k = 1,45$ , в той час як для металевих  $k = 1,15$ , а для дерев'яних віконних рам  $k = 1,0$ .

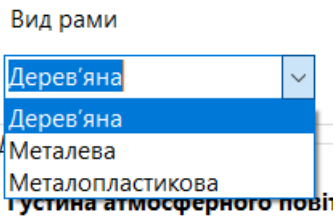


Рисунок 2.16 – Вибір матеріалу віконної рами

Сторона світу

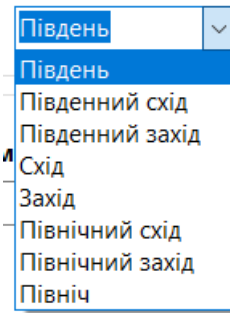


Рисунок 2.17 – Вибір орієнтації світлових прорізів відносно сторін світу

Наостанок в описі структури АРСВК варто відмітити основне правило при введенні не цілих чисел. У програмі передбачено введення десяткових значень лише через кому. Якщо користувач спробує ввести значення через крапку, то натискання крапки програмою буде проігноровано, і, замість 12.7 у програмі буде введено значення 127. Тому формату вводу десяткових значень повинен бути саме 12,7.

### 3 ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ

#### 3.1 Порівняння розрахунку вентиляції ручним та автоматизованим методом

Для розгляду принципу роботи АРСВК було обране офісне приміщення із наступними параметрами:

- ширина офісного приміщення – 15 метрів;
- довжина офісного приміщення – 20 метрів;
- висота приміщення офісу та серверної – 3,1 метр;
- кількість працівників – 15 чоловік;
- кількість принтерів в залежності від кількості робочих місць – 20%;
- кількість серверів у серверній – 5 штук;
- ширина серверної кімнати – 7 метрів;
- довжина серверної кімнати – 3 метри;
- категорія виконуваних робіт – легка;
- наявні сонцезахисні пристрої;
- населення в місті становить 1 мільйон чоловік;
- площа застління вікон – 12,7 м<sup>2</sup>;
- вид віконної рами – металопластик.

Вищезазначені дані були введені у відповідні поля АРСВК на вкладку Вхідні дані та Додаткові вхідні дані, як це показано на рис. 3.1.

Для подальшої роботи із АРСВК користувачу після введення вхідних даних достатньо лише натиснути на кнопку Обрахувати, яка розташована у правому нижньому кутку вкладки Додаткові вхідні дані (рис. 3.1, б). В результаті, користувач отримає значення розрахунку системи припливно-витяжної вентиляції у числовому форматі на відповідній вкладці Обраховані дані. Результат розрахунку для наведеного прикладу показано на рис. 3.2.

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Вхідні дані	Додаткові вхідні дані	Обраховані дані	Пропонований кондиціонер
Серверна		Офіс	
Кількість принтерів у % від кількості ПК	<input type="text" value="20"/>	Ширина кімнати	<input type="text" value="15"/>
Кількість серверів у серверній	<input type="text" value="5"/>	Довжина кімнати	<input type="text" value="20"/>
Ширина кімнати	<input type="text" value="7"/>	Висота кімнати	<input type="text" value="3,1"/>
Довжина кімнати	<input type="text" value="3"/>	Кількість робочих місць	<input type="text" value="15"/>
Температура повітря		Середня температура кімнати	<input type="text" value="22"/>
Припливного повітря	<input type="text" value="20"/>		
Повітря, що видаляється	<input type="text" value="25"/>		

а)

Вхідні дані	Додаткові вхідні дані	Обраховані дані	Пропонований кондиціонер
2. Кратність повітрообміну		Qср - дані для формули	
Офісу	<input type="text" value="5"/>	Зсаск - Теплонадходження від сонячної рад.	<input type="text" value="12,7"/>
Сервеної	<input type="text" value="5"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Присутні сонцезахистний матеріал вибрано - 0.8; не вибрано 0.9	
Категорія робіт	<input type="text" value="Легкі"/>	Вид рами	Сторона світу
Норма повітря на одну людину	<input type="text" value="25"/>	<input type="text" value="Металопластикова"/>	<input type="text" value="Схід"/>
3. Визначення повітрообміну, залежно від гранично допустимої концентрації вуглекислого газу		Додаткові дані поля	
Приміщення в якому перебувають люди		Густина атмосферного повітря в місті	
<input type="text" value="В місцях тимчасового перебування людей"/>		<input type="text" value="745"/>	
Уп - вміст газу у припливному повітрі: 14,25			
Угдк - вміст газу у припливному повітрі: 1,25			
Введіть кількість населення в населеному пункті			
<input type="text" value="1000000"/>			
Схоже, що населений пункт: Великі міста			
Концентрація фуглекислого газу становить: 0,5			
<input type="button" value="Обрахувати"/>			

б)

Рисунок 3.1 – Введення даних в АРСВК, які необхідні для розрахунку

Для перевірки точності розрахунку вручну та за допомогою АРСВК розглянемо проміжні етапи розрахунку.

При визначенні вентиляції методом кратності повітрообміну на першому етапі необхідно визначити об'єм приміщення. Відповідно, об'єми офісу та серверу наступні:

$$V_{\text{офіс}} = 15 \cdot 20 \cdot 3,1 = 930 \text{ м}^3, \quad (3.1)$$

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$V_{\text{серверна}} = 7 \cdot 3 \cdot 3,1 = 65,1 \text{ м}^3, \quad (3.2)$$

Вхідні дані	Додаткові вхідні дані	Обраховані дані	Пропонований кондиціонер
1.	Офіс V = 930 Серверна V = 65,10000000000001	3.	Гранична концентрація 0,5 л/м <sup>3</sup> L = 285
2.	Офіс L = 4650 Серверна L = 325,50000000000006 Офіс L = 375	4.	Qл = 2,2708333333333335 Qобл = 5 Qсер = 2,8318177777777778 Q = Qл + Qобл + Qсер = 10,102651111111111 Qобл = 2,5 Кондиціонер в офісі повинен забезпечувати 4650 м <sup>3</sup> /год Кондиціонер в серверній повинен забезпечувати 421,2637068678623 м <sup>3</sup> /год

Рисунок 3.2 – Результат проведених розрахунків для наведеного прикладу

Як видно з рис. 3.2, в лівій верхній частині якого під пунктом 1 виведено результати розрахунку об'єму відповідних приміщень, значення співпадають.

Розрахунок вентиляції методом кратності повітрообміну вимагає прийняття значення кратності повітрообміну для кожного окремого приміщення. Для спрощення обрахунків для серверної і офісного приміщення було прийнято однакове значення кратності повітрообміну  $K_p = 5$ . Тоді вентиляція в заданих приміщеннях за методом кратності повітрообміну становитиме:

$$L_{\text{офіс}} = V_{\text{пр}} \cdot K_p = 930 \cdot 5 = 4650 \text{ м}^3/\text{год}, \quad (3.3)$$

$$L_{\text{серверу}} = 65,1 \cdot 5 = 325,5 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.4)$$

Розраховані вручну значення відповідають тим, що були розраховані в АРСВК.

Оскільки кількість працівників в приміщенні  $N_L$  становить 15 осіб, а прийнята норма повітрообміну на одну людину при виконанні легких фізичних

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

робіт була 25 м<sup>3</sup>/год, то, відповідно до формули розрахунку повітрообміну за умови виділення вологи 2.2 розрахункове значення буде становити:

$$L_{\text{офіс}} = L_1 \cdot N_L = 15 \cdot 25 = 375 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.5)$$

При визначенні розрахункового повітрообміну приміщення в залежності від гранично допустимої концентрації вуглекислого газу вручну розрахунок також буде проводитись із проміжними коефіцієнтами, які були обрані у відповідності до методики з таблиць 2.2 та 2.3. Оскільки приміщення відноситься до місць тимчасового перебування людей, то коефіцієнт  $U_{\text{ГДК}} = 1,25$  (табл. 2.3). Місто, в якому розташоване приміщення, відноситься до великих міст (табл. 2.2), оскільки населення в ньому становить 1 мільйон осіб. Тоді значення  $U_{\text{П}} = 0,5$ . Оскільки працівники виконують легкі фізичні роботи, то значення коефіцієнту  $G_{\text{CO}_2} = 14,25$  л/год. Тоді розрахунковий повітрообмін:

$$L_{\text{офіс}} = \frac{G_{\text{CO}_2}}{(U_{\text{ГДК}} - U_{\text{П}})} = \frac{14,25}{(1,25 - 0,5)} = 19 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.6)$$

Слід враховувати, що це значення розраховується на кожного окремого працівника. Тобто загальне значення вентиляції для офісного приміщення становитиме:

$$L_{\text{офіс}} = 19 \cdot 15 = 285 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.7)$$

Тобто, розрахунок за допомогою програми вірний. Аналогічно перевірявся розрахунок для видалення надлишків тепла. На початковому етапі необхідно визначити проміжні розрахункові значення. Густина повітря  $\rho$  при атмосферному тиску 745 мм.рт.ст. та температурою повітря +20 °С відповідно до табл. 2.4 становить 1,181 кг/м<sup>3</sup>.

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

У приміщенні офісу встановлено 15 комп'ютерів, тепловиділення кожного становить 0,3 кВт. Кількість принтерів, встановлених в офісному приміщенні – 3 штуки, тепловиділення кожного становить 0,1 кВт. В сервері встановлено 5 серверів із тепловиділенням по 0,5 кВт. Тепловиділення від людей залежить від важкості виконуваних робіт. Відповідно до таблиці 2.5 тепловиділення кожного працівника становить 545.

Кількість теплоти від сонячної радіації потребує наступних значень:

- коефіцієнт зменшення кількості тепла  $\beta = 0,8$ ;
- площа застосування  $S_{заск} = 12,7 \text{ м}^2$ ;
- коефіцієнт характеру застосування  $k = 1,45$ , оскільки віконна рама виготовлена із металопластику;
- кількість теплоти  $q_{заск} = 692$ , оскільки віконна рама металопластикова і вікна виходять на схід (табл. 2.6).

Тоді кількість теплоти, яка надходить у приміщення через світлові прорізи від сонячної радіації становить:

$$Q_{\text{ср офіс}} = \frac{12,7 \cdot 0,8 \cdot 1,45 \cdot 692}{3600} = 2,83 \text{ кВт} \quad (3.8)$$

Тепловиділення від людей становить:

$$Q_{\text{людей}} = \frac{15 \cdot 545}{3600} = 2,27 \text{ кВт} \quad (3.9)$$

Тепловиділення від обладнання:

$$Q_{\text{обл офіс}} = 15 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,1 = 4,8 \text{ кВт} \quad (3.10)$$

$$Q_{\text{обл сервер}} = 5 \cdot 0,5 = 2,5 \text{ кВт} \quad (3.11)$$

Тоді сумарне тепловиділення у приміщеннях становитиме:

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$\Sigma Q_{\text{офіс}} = 2,83 + 2,27 + 4,8 = 9,9 \text{ кВт} \quad (3.12)$$

Як видно з рис. 3.2, це значення, розраховане в АРСВК становить 10,1 кВт. Таке відхилення можна пояснити відсутністю заокруглень в автоматизованому методі.

Тоді похибка в розрахунках становитиме 10%, що означає, що автоматизований метод більш точний по причині відсутності заокруглень при виконанні операцій множення та ділення.

Також було порівняно час, витрачений на виконання розрахунків. На виконання розрахунків вентиляції ручним методом було витрачено приблизно 40 хвилин часу, в той час як автоматизованим – 1 хвилина.

### 3.2 Принцип роботи рекомендацій у системі розрахунку вентиляції та кондиціонування

Як видно з рис. 3.2 на вкладці виведення результатів розрахунку системи вентиляції після наведення значень тепловиділення від людей, обладнання та сонячної радіації, у АРСВК також наявні короткі рекомендації у наступному форматі:

- кондиціонер в офісі повинен забезпечувати наведений повітрообмін;
- кондиціонер в серверній повинен забезпечувати наведений повітрообмін.

Якщо перейти на вкладку під номером 4, яка має назву Пропонований кондиціонер, при проведенні першого розрахунку на вкладці містяться значення, які використовувались для підбору кондиціонеру у приміщеннях, для яких розраховувалась система припливно-витяжної вентиляції. Приклад відображення даних на цій вкладці зображено на рис. 3.3.

Підбір кондиціонеру у приміщенні проводиться за правилом, що кондиціонер повинен забезпечувати теплову потужність, яка рівна тепловиділенням в приміщенні. Допустимі відхилення від розрахункового

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

значення  $\Sigma Q$  за формулою 2.5 становлять -5%...+15%. Такі відхилення зазначені у документі, який регламентує проектування систем вентиляції та кондиціонування ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування [10].

Підбір кондиціонеру в межах -5% до +15%

Потужність кондиціонера для офіса повинно бути в межах 9,597518555555556 кВт ... 11,618048777777778 кВт

Потужність кондиціонера для серверної повинно бути в межах 2,375 кВт ... 2,875 кВт

Не має підходящого кондиціонеру,  
або список кондиціонерів відсутній

Не має підходящого кондиціонеру,  
або список кондиціонерів відсутній

Рисунок 3.3 – Вкладка пропонованого кондиціонеру

Написи Не має підходящого кондиціонеру, або список кондиціонерів відсутній свідчать про те, що база даних АРСВК пуста і не містить кондиціонерів. Для додавання нового кондиціонера у базу даних (БД) програми, необхідно на панелі інструментів АРСВК відкрити вкладку Таблиці та перейти до пункту Таблиця кондиціонерів. В результаті відкриється вікно із інтерфейсом, який зображений на рис. 3.5.



Рисунок 3.4 – Шлях до вкладки роботи із базою кондиціонерів

Слід більш детально розглянути принцип додавання кондиціонеру. Початок введення кондиціонеру у базу АРСВК починається з того, що необхідно натиснути кнопку Виберіть файл. Після цього користувачу відкриється стандартне вікно вибору шляху до файлу (рис. 3.6), яким користувачі Windows користуються неодноразово.

Після вибору файлу, користувачу необхідно ввести інформацію про кондиціонер, а саме його потужність та вартість. Для прикладу, який зображено

на рис. 3.7 було обрано кондиціонер Samsung AR12TXQASINUA, потужність якого становить 3,8 кВт, а вартість – 21 999 гривень [24]. Після введення значень достатньо натиснути кнопку Додати.

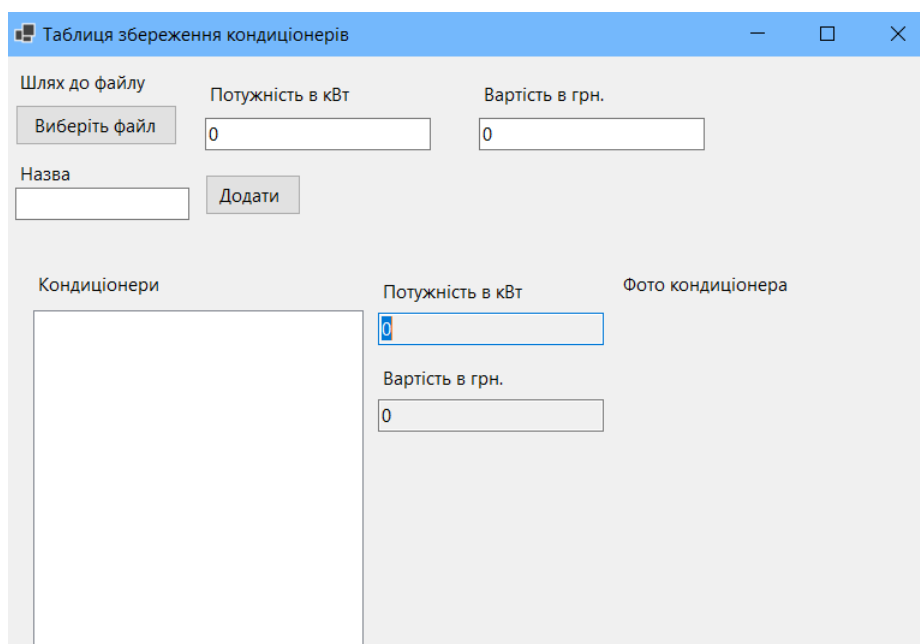


Рисунок 3.5 – Інтерфейс вікно додавання кондиціонерів у базу АРСВК

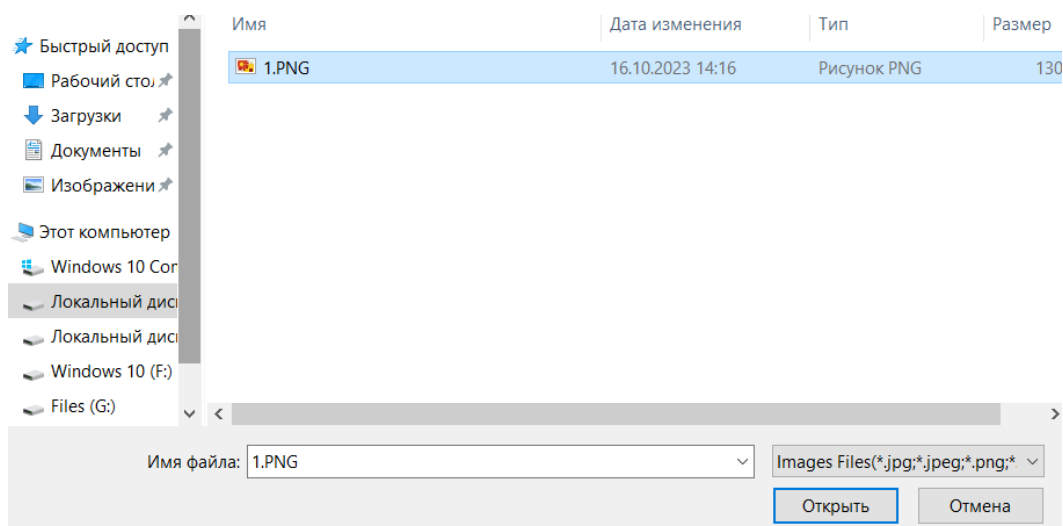


Рисунок 3.6 – Вікно вибору шляху до файлу із зображенням кондиціонеру

Внесений кондиціонер з’явиться у списку в лівій частині вікна. Для перегляду властивостей кондиціонеру в подальшому, користувачу необхідно двічі натиснути на модель кондиціонеру лівою кнопкою миші і характеристики

внесеного кондиціонера будуть відображені у нижній частині вікна АРСВК (рис. 3.8).

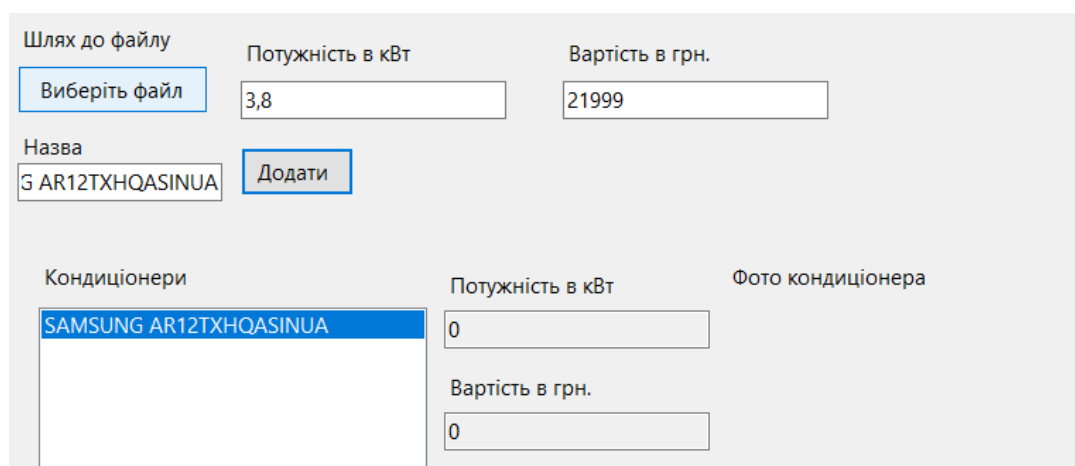


Рисунок 3.7 – Зміна інтерфейсу вікна після внесення даних про кондиціонер

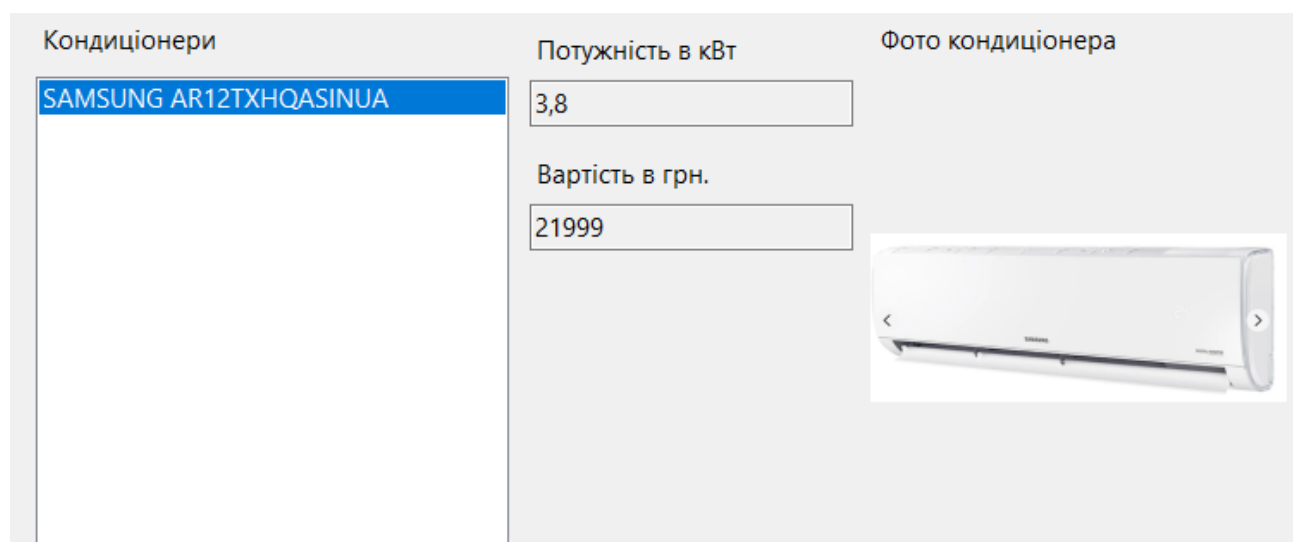


Рисунок 3.8 – Відображення властивостей кондиціонера із бази АРСВК

Таким чином у базу даних програми було внесено кондиціонери, зовнішній вигляд та технічні характеристики яких наведені у табл. 3.1. Вибір таких кондиціонерів [22-25] пояснюється тим, що всі вони відрізняються між собою в першу чергу потужністю, яка і є основним параметром при підборі такого обладнання. Зовнішній вигляд бази даних АРСВК із внесеними кондиціонерами показаний на рис. 3.9.

Таблиця 3.1 – База даних кондиціонерів в АРСВК

Модель	Зовнішній вигляд	Потужність , кВт	Вартість , грн
Samsung AR12TXQASINU A		3,8	21 999
Tadiran TAD PRO CEI-I 60 ZD/A- T/TAD OU		16,5	179 080
Mitsubishi Electric MSZ- LN60VG2R/MUZ- LN60VG		9	132 200
Gorenje REA70IN KC/REA70OUT		5,6	35 999

Варто пам'ятати, що користувач може додавати кондиціонер в будь-який момент часу роботи із програмою.

В результаті роботи АРСВК на вкладці запропонований кондиціонер будуть відображатись рекомендації (рис. 3.10) щодо встановлення кондиціонерів, їх вибору та кількості з метою забезпечення необхідної потужності.

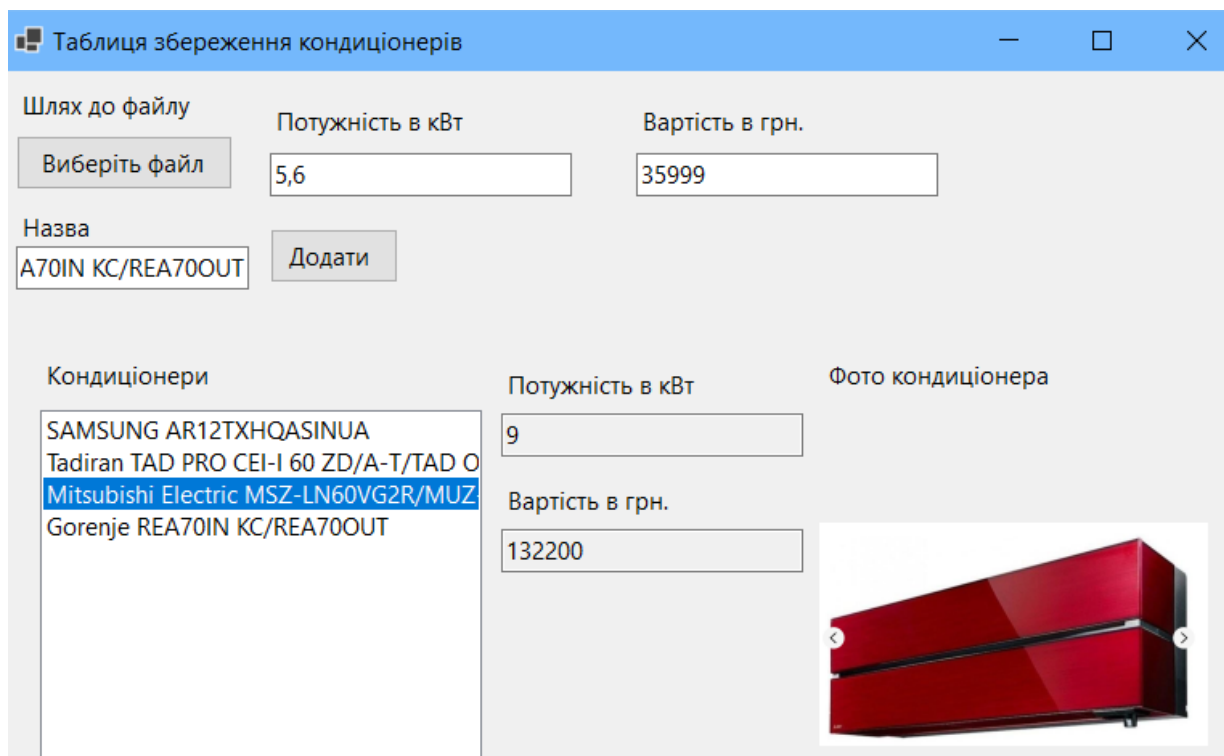


Рисунок 3.9 – Заповнена база кондиціонерів в АРСВК

Для офісу використовується кондиціонер з потужністю 3,8 кВт.  
 Назва кондиціонера SAMSUNG AR12TXHQASINUA.  
 Вартість 21999 грн.  
 Кількість кондиціонерів 2.  
 Загальна ціна 43998



Рисунок 3.10 – Рекомендації щодо кондиціонування приміщень

### 3.3 Додатковий функціонал автоматизованої рекомендаційної системи розрахунку вентиляції та кондиціонування

Окрім вищезазначеного, у АРСВК реалізовано ряд додаткових та допоміжних функцій, які сприяють спрощенні роботи із програмою. Наприклад, в програмі передбачена можливість того, що користувачу знадобиться використовувати внесені дані в подальшому. Для цього після введення даних на вкладки вхідні та додаткові дані, користувачу необхідно в панелі інструментів програми обрати пункт Додаткові дані (рис. 3.11).

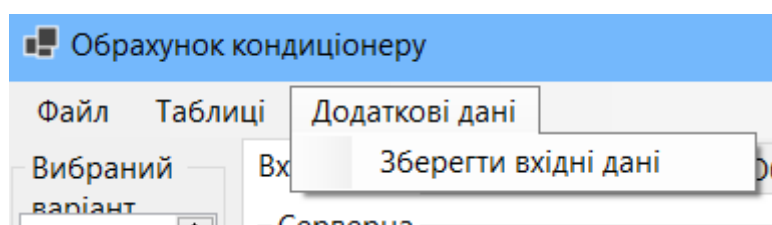


Рисунок 3.11 – Збереження вхідних даних

На цій вкладці розташована кнопка, яка відповідає за можливість збереження внесених в АРСВК даних при проведенні розрахунків. При натисканні цієї кнопки дані будуть внесені в базу даних. Але спочатку необхідно цим даним привласнити який номер варіанту. Рахівник варіанту розташований у лівому кутку під написом Вибраний варіант. Номер варіанту можна вносити як вручну, так і шляхом перемикавання відповідних стрілок догори/донизу. При спробі збереження даних за значенням варіант номер нуль, АРСВК видасть відповідну помилку (рис. 3.12).

Відповідно, якщо дані можна зберегти, то для їх подальшого використання необхідно мати функціонал за використання цих збережених даних для розрахунків. Для цього користувачу необхідно обрати варіант із списку у лівій частині вікна програми і натиснути на вкладці вхідні дані кнопку Заповнити, яка розташована у правому нижньому кутку (рис. 3.13).



На випадок, якщо користувач натиснув кнопку заповнення випадково, у програмі передбачено виведення відповідного повідомлення. Тобто, при внесені даних із бази програми, після натискання кнопки заповнення, буде відображатись повідомлення (рис. 3.13), в якому користувачу необхідно підтвердити, що він справді хоче занести в поля вхідні дані з бази замість тих, що були введені з клавіатури.

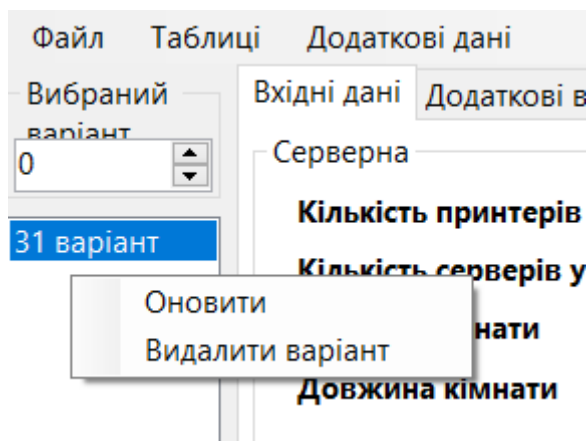


Рисунок 3.14 – Оновлення та видалення варіант

Також у програмі передбачено видалення та оновлення варіантів із даними, які були внесені раніше (рис. 3.14). До прикладу, користувач хоче змінити в існуючому варіанті лише одне із розрахункових значень. Для цього йому необхідно заповнити відповідні поля даними із записаного варіанту, змінити бажані дані та обрати оновити варіант, натиснувши правою кнопкою миші на поле із списком варіантів. За необхідності провести видалення варіанту із списку, його достатньо обрати та власне видалити, обравши пункт контекстного меню видалити варіант.

3.4 Рекомендації щодо покращення стану повітря в приміщеннях ТОВ «Компас Інжиніринг» та ТОВ «МТР Менеджмент Україна» з використанням розробленої системи

Як це регламентовано у ДСанПіН 3.3.2.007-98 [11] у приміщеннях, в яких працівники в ході виконання своїх трудових обов'язків використовують електронно-обчислювальні машини та візуально-дисплейні термінали, рекомендується встановлювати кондиціонери з метою підтримки належного санітарно-гігієнічного складу повітря.

Крім того, в [11] регламентується, що в таких приміщеннях обов'язковим є підтримка параметрів мікроклімату на рівні оптимальних значень. Якщо система вентиляції може підтримувати лише допустимі значення параметрів мікроклімату, то автоматична підтримка оптимальних значень забезпечується власне системами кондиціонування.

Звідси можна зробити висновок, що в усіх приміщеннях, де працівники використовують ЕОМ, повинні бути встановлені кондиціонери. В подальшому в розділі будуть наведені рекомендації щодо встановлення кондиціонерів в таких приміщеннях на прикладі ТОВ «Компас інжиніринг».

Організація ТОВ «Компас інжиніринг» була зареєстрована 14.11.2006 та розташована за адресою м. Київ, вулиця Кудрявський узівіз. Керівником організації є Роздобутько В.В.

Основним видом діяльності ТОВ «Компас інжиніринг» є Діяльність в сфері інжинірингу, геології та геодезії, надання послуг технічного консультування в цих сферах (71.12). Серед додаткових видів діяльності відмічаються наступні:

- монтаж водопровідних мереж, систем опалення та кондиціонування (43.22);
- електромонтажні роботи (43.21);
- інші будівельно-монтажні роботи (43.29);
- консультування з питань інформатизації (62.02);
- неспеціалізована оптова торгівля (46.90);
- обслуговування систем безпеки (80.20);
- технічні випробування та дослідження (71.20);
- ремонт і технічне обслуговування електричного устаткування (33.14);

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

- оптова торгівля електронним і телекомунікаційним устаткуванням, деталями до нього (46.52);
- виробництво оптичних приладів і фотографічного устаткування (26.70);
- інша діяльність у сфері інформаційних технологій і комп'ютерних систем (62.09) та ін. [21].

Компас Інжиніринг поставило для себе ціль, яка полягає у цифровій трансформації оптимальним шляхом. Ця компанія створює підгрунття, ІТ-інфраструктуру та інженерну інфраструктуру, які дозволяють компаніям ефективно використовувати власні ресурси [39]. Напрямки діяльності компанії наведені на рис. 3.15.



Рисунок 3.15 – Напрямки діяльності ТОВ «Компас інжиніринг»

						ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			69

Організація ТОВ «Компас інжиніринг» представляє має в наявності два приміщення, в яких встановлені ЕОМ та працівники використовують їх щоденно у своїй роботі. Для цих приміщень в АРСВК було розраховано повітрообмін та кондиціонер.

Параметри приміщення були введені в АРСВК у відповідні поля (рис. 3.16), а саме:

- ширина приміщення – 8 метрів;
- довжина приміщення – 10 метрів;
- висота приміщення – 3,1 метр;
- загальна кількість робочих місць – 12 штук;
- кількість принтерів в приміщенні – 50% від загальної кількості робочих місць;

- категорія робіт – легка Іа;
- населення в місті близько 3 млн. людей;
- приміщення класифікується як місце тимчасового перебування людей;
- матеріал віконної рами – металопластик;
- орієнтація вікон відносно сторін світу – схід;
- загальна площа застакнення – 24,5 м<sup>2</sup>.

В результаті за допомогою АРСВК було обраховано розрахунковий повітрообмін в приміщенні (рис. 3.17, а) та надано рекомендації, стосовно встановлення кондиціонерів (рис. 3.17, б).

Слід враховувати, що в ТОВ «Компас інжиніринг» відсутнє серверне приміщення. Тому у відповідні поля АРСВК стосовно обрахунків повітрообміну для серверної дані не вводились, а в кінцевому результаті обрахунок в АРСВК звівся до нульових значень у відповідних полях, наприклад:

- кондиціонер в серверній повинен забезпечувати 0 м<sup>3</sup>/год;
- потужність кондиціонеру для серверної становить 0 кВт;
- не має підходящого кондиціонеру для серверної (рис. 3.17, б) .

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70



Вхідні дані	Додаткові вхідні дані	Обраховані дані	Пропонований кондиціонер
1.	Офіс V = 248 Серверна V = 0	3.	Гранична концентрація 0,5 л/м <sup>3</sup> L = 228
2.	Офіс L = 1240 Серверна L = 0 Офіс L = 240	4.	Q <sub>л</sub> = 1,816666666666667 Q <sub>обл</sub> = 4,4 Q <sub>сер</sub> = 6,145825 Q = Q <sub>л</sub> + Q <sub>обл</sub> + Q <sub>сер</sub> = 12,362491666666667 Q <sub>обл</sub> = 0 Кондиціонер в офісі повинен забезпечувати 1240 м <sup>3</sup> /год Кондиціонер в серверній повинен забезпечувати 0 м <sup>3</sup> /год

а)

Вхідні дані	Додаткові вхідні дані	Обраховані дані	Пропонований кондиціонер
<p>Підбір кондиціонеру в межах -5% до +15%</p> <p>Потужність кондиціонера для офіса повинно бути в межах 11,744367083333334 кВт ... 14,216865416666668 кВт</p> <p>Потужність кондиціонера для серверної повинно бути в межах 0 кВт ... 0 кВт</p>			
<p>Не має підходящого кондиціонеру, або список кондиціонерів відсутній</p>		<p>Для офісу використовується кондиціонер з потужністю 5,6 кВт. Назва кондиціонера Gorenje REA70IN KC/REA70OUT Вартість 35999 грн. Кількість кондиціонерів 2 Загальна ціна 71998 грн.</p>	
			

б)

Рисунок 3.17 – Рекомендації стосовно встановлення кондиціонерів в приміщенні ТОВ «Компас інжиніринг»:

а – рекомендації стосовно розрахункового повітрообміну системою вентиляції;

б – рекомендації стосовно встановлення кондиціонерів

									Лист
									72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ



– орієнтація вікон відносно сторін світу – захід;

– загальна площа засклення – 8,46 м<sup>2</sup>.

Результати розрахунків та наданих рекомендацій наведені на рис. 3.19.

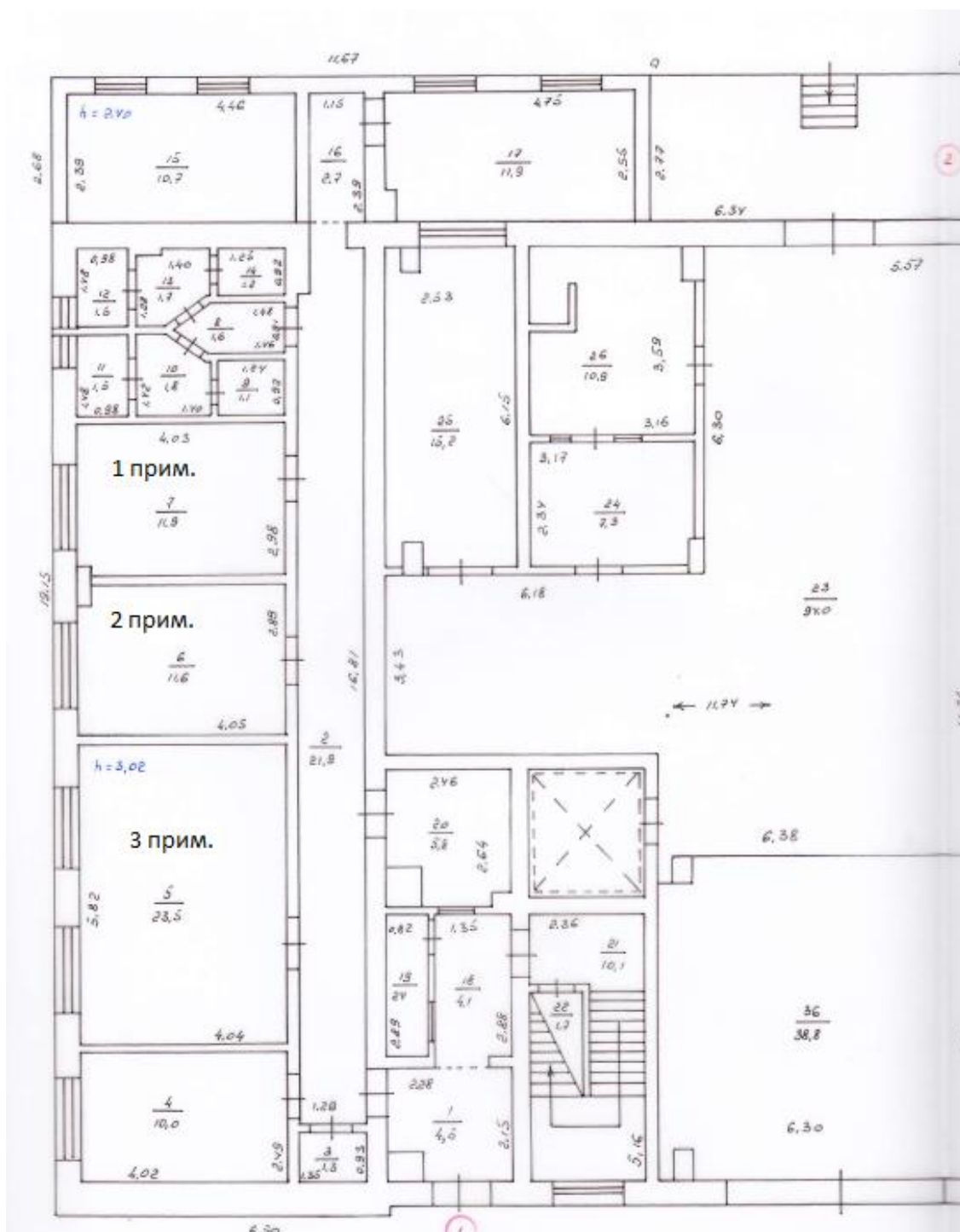


Рисунок 3.18 – Приміщення ТОВ «МТР Менеджмент Україна»

Вхідні дані	Додаткові вхідні дані	Обраховані дані	Пропонований кондиціонер
1.	Офіс V = 36,24 Серверна V = 0		3. Гранична концентрація 0,5 л/м <sup>3</sup>  L = 95
2.	Офіс L = 181,20000000000002 Серверна L = 0 Офіс L = 100		4. Q <sub>л</sub> = 0,7569444444444444 Q <sub>обл</sub> = 1,8 Q <sub>сер</sub> = 2,1221910000000004 Q = Q <sub>л</sub> + Q <sub>обл</sub> + Q <sub>сер</sub> = 4,6791354444444444 Q <sub>обл</sub> = 0 Кондиціонер в офісі повинен забезпечувати 394,22998845269376 м <sup>3</sup> /год Кондиціонер в серверній повинен забезпечувати 0 м <sup>3</sup> /год

а)

Вхідні дані	Додаткові вхідні дані	Обраховані дані	Пропонований кондиціонер
<p>Підбір кондиціонера в межах -5% до +15%</p> <p>Потужність кондиціонера для офіса повинно бути в межах 4,445178672222222 кВт ... 5,381005761111111 кВт</p> <p>Потужність кондиціонера для серверної повинно бути в межах 0 кВт ... 0 кВт</p>			
<p>Не має підходящого кондиціонера, або список кондиціонерів відсутній</p>		<p>Для офісу використовується кондиціонер з потужністю 5,6 кВт. Назва кондиціонера Gorenje REA70IN KC/REA70OUT Вартість 35999 грн. Кількість кондиціонерів 1 Загальна ціна 35999 грн.</p>	
			

б)

Рисунок 3.19 – Рекомендації щодо встановлення кондиціонерів у першому приміщенні ТОВ «МТР Менеджмент Україна»:

а – результати розрахунків вентиляції; б – рекомендації стосовно кондиціонерів

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Аналогічним чином було проведено аналіз другого і третього приміщення (рис. 3.18). В результаті за рекомендацією АРСВК для приміщень потужність кондиціонерів повинна лежати в межах від 6,5 до 7,85 кВт для третього приміщення, тобто достатньо буде одного кондиціонеру Gorenje REA70IN KC/REA70OUT.

Для розрахунку кількості кондиціонерів у зазначених приміщеннях було витрачено всього 15 хвилин часу, тобто по 5 хвилин приблизно на кожне приміщення. Це свідчить про значну швидкість планування системи кондиціонування у порівнянні із ручним розрахунком та класичним підбором кондиціонерів.

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

## ВИСНОВОК

В I розділі дипломної роботи розглядається призначення та складові елементи систем вентиляції та кондиціонування. В розділі проводиться аналіз особливостей забезпечення належного стану повітря у робочих зонах виробничих приміщень. Також проведено аналіз нормативно-правового забезпечення показників якості повітря в Україні і можливості підтримання цих показників на належному рівні шляхом використання ряду фільтрів для очищення повітря.

В II розділі наведено методику розрахунку необхідного повітрообміну в приміщеннях. Ця методика була покладена в основу розробленої автоматизованої рекомендаційної системи розрахунку вентиляції та кондиціонування. В розділі наводяться особливості інсталяції розробленої системи та її структура.

III розділ присвячений пропозиціям щодо вдосконалення систем вентиляції та кондиціонування за допомогою розробленої автоматизованої рекомендаційної системи. Для початку було проведено перевірку точності розрахунків повітрообміну в АРСВК у порівнянні із класичним ручним методом розрахунку. В результаті цього аналізу було встановлено, що система працює коректно та в ній відсутні розрахункові помилки. Також в розділі наведено принцип роботи в розробленій АРСВК та її додатковий функціонал.

Крім того, розроблена автоматизована рекомендаційна система розрахунку систем вентиляції та кондиціонування була використана для надання рекомендацій стосовно проєктування систем кондиціонування у приміщеннях двох підприємств – ТОВ «Компас інжиніринг» та ТОВ «МТР Менеджмент Україна». Оскільки приміщення цих підприємств класифікуються як приміщення, де використовуються візуально-дисплейні термінали електронно-обчислювальних машин, то АРСВК використовувалась з метою проєктування системи кондиціонування приміщень, оскільки тільки така система здатна автоматично підтримувати параметри мікроклімату на рівні оптимальних норм та належну якість повітря.

					ДРЦВБ.22407.22.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77