

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітній ступінь)

на тему: **Дослідження автоматизованої системи управління  
мікрокліматом приміщень**

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи КАмз-6

спеціальності

151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані  
технології

(шифр і назва спеціальності)

**Франовський І. О.**

(прізвище та ініціали)

Керівник

**доц. Медвідь В.Р.**

(прізвище та ініціали)

Рецензент

**доц. Чихіра І.В.**

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

**ст. викл. Козбур І.Р.**

(прізвище та ініціали)

## ABSTRACT

The diploma thesis developed a universal eight-channel microprocessor controller-meter controller based on single-crystal microcomputer MSC51 designed for the construction of automatic systems for control and regulation of the system of microclimate and duct heating, ventilation units of general-exchange type, inflow-exhaust ventilation. The device performs the following basic functions:

- allows you to configure the functional diagram and to set programmable operating parameters using the built-in control keyboard;
- makes measurement of physical parameters controlled by input primary converters taking into account the nonlinearity of their "NSH";
- performs digital filtering of measured parameters from industrial impulse interference;
- allows to make correction of measured parameters for elimination of errors of primary converters;
- displays the measurement results on the built-in LED four-digit digital indicator;
- generates an alarm when a primary converter malfunction is detected by displaying its cause on a digital display and, if necessary, outputs it to an external alarm;
- generates control signals for external actuators and devices in accordance with user-defined laws and control parameters;
- displays the set control parameters on the built-in LED digital indicator;
- generates commands for manual control of actuators and devices from the instrument keyboard;
- transmits to the computer information about the values of encoder-controlled values and set operating parameters, and also accepts data from him to change these parameters.

## АНОТАЦІЯ

У дипломній роботі розроблено універсальний восьмиканальний мікропроцесорний регулятор-вимірювач регулятор на базі однокристальної мікроЕОМ MSC51 призначений для побудови автоматичних систем контролю і регулювання системи мікроклімату та каналного опалення, вентиляційних установок загально-обмінного типу, припливно-витяжної вентиляції каналного типу. Прилад виконує наступні основні функції:

- дозволяє робити конфігурування функціональної схеми й установку програмованих робочих параметрів за допомогою вбудованої клавіатури керування;
- робить вимір фізичних параметрів контрольованих вхідними первинними перетворювачами з урахуванням нелінійності їх «НСХ»;
- здійснює цифрову фільтрацію вимірюваних параметрів від промислових імпульсних перешкод;
- дозволяє робити корекцію вимірюваних параметрів для усунення погрешностей первинних перетворювачів;
- здійснює відображення результатів вимірів на вбудованому світлодіодному чотирьохрозрядному цифровому індикаторі;
- формує аварійний сигнал при виявленні несправності первинних перетворювачів з відображенням його причини на цифровому індикаторі і при необхідності виводить його на зовнішню сигналізацію;
- формує сигнали керування зовнішніми виконавчими механізмами і пристроями відповідно до заданого користувачем законами і параметрами регулювання;
- здійснює відображення на вбудованому світлодіодному цифровому індикаторі заданих параметрів регулювання;
- формує команди ручного керування виконавчими механізмами і пристроями з клавіатури приладу;
- здійснює передачу комп'ютеру інформації про значення контрольованих давачами величин і встановлених робочих параметрів, а також приймає від нього дані на зміну цих параметрів.

# ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ .....	3
ЗМІСТ .....	4
ВСТУП.....	7
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ .....	10
1.1 Вентиляція.....	10
1.2 Вентиляція з механічним збудженням.....	10
1.3 Визначення потреби свіжого повітря.....	12
1.4 Вимоги до сучасних систем вентиляції. ....	15
1.5 Кондиціонування повітря .....	16
1.6 Температура й вологість, швидкість повітря в приміщенні .....	16
1.7 Великі системи вентиляції.....	20
2 НАУКОВО-МЕТОДИЧНА ЧАСТИНА .....	29
2.1 Моделювання параметрів мікроклімату приміщень .....	29
2.2 Реалізація математичних моделей для розрахунку параметрів мікроклімату .....	38
2.3 Визначення ступеню комфортності параметрів мікроклімату.....	45
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	48
3.1 Технології та методи розподілу повітря в системах управління мікрокліматом.....	48
3.2.1 Вентиляція перемішуванням.....	49
3.2.2 Вентиляція витисненням. ....	50
3.2 Автоматичне керування системою кондиціонування повітря.....	51
3.3 Залежність енергозбереження, експлуатаційних витрат від технологій систем вентиляції і кондиціонування. ....	52
4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....	57
4.1 Призначення пристрою.....	58
4.2 Умови експлуатації: .....	59
4.3 Технічні характеристики.....	59
4.3 Пристрій та функціонування приладу.....	62
4.3.1. Схема функційна .....	62

4.3.2	Складові частини схеми.....	65
4.3.3	Вимірювання вхідних параметрів.....	68
4.3.4	Опитування давачів.....	68
4.3.5	Вимір поточних значень вхідних параметрів.....	69
4.3.6	Цифрова фільтрація вимірів.....	71
4.3.7	Корекція вимірів.....	73
4.3.8	Обчислення математичних величин.....	76
4.3.9	Індикація вимірюваних параметрів.....	77
4.3.10	Вихідні пристрої.....	79
4.4	Конструкція приладу.....	83
4.5	Монтаж приладу на об'єкті.....	85
4.6	Монтаж зовнішніх зв'язків.....	86
4.6.1	Загальні вимоги.....	86
4.6.2	Вказівки по монтажу.....	87
4.6.3	Підключення приладу.....	88
4.7	Загальне компонування системи автоматизованого управління параметрами.....	89
5	СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	91
5.1	Розробка алгоритмів роботи системи.....	91
5.2	Реалізація алгоритму ШІМ.....	93
5.3	Розробка основного алгоритму програми управління.....	95
6	ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМЧІНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	99
6.1	Оцінка ефективності розробки і впровадження універсальної системи керування мікрокліматичними процесами на базі мікро-ЕОМ MSC 51.....	99
6.2	Вибір об'єкта для порівняння.....	99
6.3	Розрахунок капітальних витрат.....	100
6.4	Розрахунок і порівняння експлуатаційних витрат.....	100
6.5	Розрахунок амортизаційних відрахувань.....	100
6.6	Витрати на споживану електроенергію.....	102
6.7	Витрати на поточний ремонт.....	103

6.8 Розрахунок інших витрат.....	106
6.9 Розрахунок ефективності проекрованої системи .....	106
6.10 Розрахунок економічного ефекту від виготовлення та експлуатації системи за розрахунковий період.....	107
<b>7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>	<b>110</b>
7.1 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	110
7.1.1 Визначення оптимальних умов праці інженера-оператора системи мікроклімату .....	110
7.1.2 Розрахунок освітленості робочого місця.....	114
7.2 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	118
7.2.1 Основні вражаючі фактори ядерних вибухів, їхні параметри і наслідки впливу на людей .....	118
7.2.2 Методи захисту та безпека підприємств промисловості, відновлення інженерно-технічного комплексу цеху (заводу).....	121
7.2.3 ВИСНОВКИ РОЗДІЛУ .....	122
<b>8 ЕКОЛОГІЯ .....</b>	<b>125</b>
8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища.....	125
8.2 Забруднення довкілля викликані реалізацією дипломного проекту та заходи по їх уникненню.....	125
8.3 Заходи по зменшенню шкідливих впливів і забруднень.....	131
<b>ВИСНОВОК.....</b>	<b>135</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>138</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>147</b>

## ВСТУП

В останнє десятиліття широко розгорнулися нове будівництво й реконструкція старих будинків, промислових цехів з дотриманням нових стандартів стосовно мікроклімату.

Найбільш актуальні проблеми кондиціонування або, точніше, вентиляції офісних й інших непромислових приміщень сьогодні:

по-перше, "перенаселеність" через дорожнечу площ, особливо в центрі, і наявність комп'ютерів майже на кожному робочому місці (вони виділяють тепло в повітря приміщення);

по-друге, повітронепроникні віконні рами, що, повторимо, саме по собі явище позитивне, тому що якість повітря в місті залишає бажати кращого.

Рішення цих проблем досить традиційно - приточно-витяжна вентиляція. Що таке витяжна вентиляція, усім ясно - вона видаляє відпрацьоване повітря із всіх приміщень, а не тільки з туалетів. Природна витяжна вентиляція, коли повітря видаляється за рахунок природної тяги, у цей час практично скрізь замінюється механічною, де збуджувачем тяги є вентилятор. Причина в тім, що природна витяжка майже не працює влітку: немає перепаду тиску. Що стосується вентиляції, то вона може бути або найпростішою, або із центральним кондиціонером. Найпростіша приточна система подає в приміщення зовнішнє повітря в потрібній кількості, очищене й підігріте у холодний період року. Більше дорога система із центральним кондиціонером припускає ще й охолодження зовнішнього повітря влітку в жарку погоду й, при бажанні, його зволоження.

Ступінь очищення повітря буває різною. Для лікарень, наприклад, вона повинна бути дуже тонкою. Велике значення має розрахунок вентиляції приміщень. Яку кількість повітря подати й з якими параметрами, яке устаткування поставити, вирішує фахівець, і чим він кваліфікованіший, тим дешевше може виявитися система.

У випадках, коли приміщення орієнтоване на різні сторони світу або в них може бути зосереджене багато людей (наприклад, кімната переговорів),

на додаток до основної приточної системи, єдиної для групи приміщень, необхідно встановлювати кондиціонери-доводчики. Це можуть бути спліт-чи мульти-системи, фен-койли.

Спліт-система являє собою два блоки, об'єднаних фреоновими трубками: внутрішній (випарник), що встановлюється в приміщенні, і зовнішній, конденсаторний, установлюваний на вулиці, горищі або в провітрюваному приміщенні. Мульти-спліт-система має один зовнішній блок на декілька внутрішніх. По такому ж принципі влаштовані VRV-системи. Установлюючи спліт-систему, треба мати на увазі, що у внутрішніх блоках багатьох з них струмінь охолодженого повітря спрямований вниз або з невеликим відхиленням від вертикального положення, а це може бути незручно, якщо поблизу перебуває робоче місце.

Фен-койли ставлять, коли є можливість одержати холодну воду. Для цього на покрівлі або в іншому місці встановлюють чіллер -охолоджувач води. Це досить дороге устаткування, але якщо ви хочете мати комфортні умови в кожному приміщенні й регулювати їх індивідуально, витрати виправдають себе. Двохтрубні фен-койли працюють на холодній воді. У теплий період року вони прохолоджують повітря, а в холодний можуть функціонувати як нагрівальні прилади, тобто для опалення. Однак використання чотирьохтрубних фен-койлів має свої негативні сторони, і тому в кожному конкретному випадку вибір схеми повинен вирішувати фахівець. Фен-койли можуть монтуватися на підлозі, на стіні, під стелею або в порожнині підшивної стелі.

Ще небагато про приточну вентиляцію й систему із центральним кондиціонуванням. Є досить багато фірм, що поставляють устаткування для таких систем. У серйозних компаніях його підбор здійснюється на комп'ютері по спеціальних програмах. Набір устаткування варіюється за бажанням клієнта. Так, наприклад, холодопостачання - фреонове або водяне, підігрів повітря може здійснюватися як гарячою водою з тепломережі, так й електрикою. До складу установки можна включити глушитель шуму. Часто в комплект включається ще одна дуже цікава секція - секція теплоутилізації.



Тут повітря, що видаляє тепло із приміщення, допоможе нагріти до певної температури приточне повітря (узимку), скоротивши тим самим витрати теплової або електричної енергії. Капітальні витрати на придбання цієї секції з лишком окупляться за рахунок економії експлуатаційних витрат. Ну й, звичайно, автоматика! Щоб все це працювало при різних температурах повітря за вікном, при сонячному освітленні й без нього, потрібна гарна система автоматики. Вона недешева, але без неї не обійтись.

Автоматичні системи обираються з контролем основних параметрів мікроклімату при здійсненні вентиляції, а саме, – температурні режими, вологість повітря, степінь забрудненості CO<sub>2</sub> і іншими забруднювачами, розхідні характеристики і ін.

# 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1 Вентиляція

**Вентиляція** - ( від лат. ventilatio провітрювання ) організований повітрообмін у приміщеннях сприятливий для людини й відповідно, сукупність технічних засобів котрі забезпечують такий повітрообмін.

Вентиляція може бути неорганізованою, коли повітря заміщається в приміщенні завдяки інфільтрації тобто шляхом проникнення повітря через нещільності у віконних або дверних прорізів. Ми будемо розглядати варіант організованої вентиляції.

Організована вентиляція може бути із природним і механічним збудженням. Природна вентиляція знайома нам по самих типових квартирах у нашій країні, коли повітря віддаляється за рахунок природної тяги через витяжні канали які виходять на кухні й у санвузлі, його ж заміщення відбувається за рахунок усе тієї ж інфільтрації, недоліку ж у щілинах благо в нас не було, скоріше їхній надлишок.

Сучасний рівень вимог до житлових або адміністративних приміщень, а тим більше до промислових, вимагає вже регульованого повітрообміну, що не залежить від якості виготовлення вікон та інших природних та технічних умов.

## 1.2 Вентиляція з механічним збудженням

- витяжна
- приточна
- приточно-витяжна. Загальобмінна.

Основні якісні параметри характеризуючі вентиляцію з механічним збудженням ( тобто коли повітря міняється за рахунок механічних засобів - вентиляторів) є об'єм повітря поступаючого або вихідного із приміщення кількісно обумовлений у  $m^3$  й обзиває витратою повітря ( $m^3$ /годину), ще один

кількісний параметр - кратність повітрообміну в приміщення тобто скільки разів за одну година міняється повітря в приміщенні тобто це відношення повітря поступаючого в приміщення до його об'єму. Є ще параметри визначальну комфортність перебування людини в приміщенні так що само мають безпосереднє відношення до вентиляції і її якості, температура, відносна вологість, швидкість руху повітря в приміщенні, вміст пилу в повітрі, газовий склад, рівень шуму.

Механічна вентиляція може бути витяжною, коли механічно видаляється певний об'єм повітря, що потім відшкодовується надходженням повітря із сусідніх приміщень або ж шляхом інфільтрації. Такий тип застосовується для вентиляції санвузлів або кухонних приміщень, причому треба ще додати що витяжна вентиляція може бути як загальною так і місцевою. Так витяжний ковпак над кухонною плитою можна віднести до місцевої витяжної вентиляції тому що відбувається видалення шкідливих газів і речовин, надлишкового тепла безпосередньо у вогнища їхнього утворення, не даючи поширитися забрудненому повітрю по всьому приміщенню, а стало бути бажаний результат, тобто чистого повітря можна забезпечити мінімальною витратою повітря. Не складно припустити, що тільки витяжна вентиляція має досить обмежене застосування, допустимо якщо необхідно створити в кімнаті 2-3 кратний повітрообмін, тобто поміняти повітря 2-3 рази у годину, можна підібрати витяжну систему здатну видалити цей об'єм, однак, необхідно пам'ятати, що природа не любить порожнечі, замість повітря, що видаляється, обов'язково повинен надійти такий же об'єм повітря, що заміщає, і як ми вже відзначали, він прийде із сусідніх приміщень або зовні, якщо така можливість буде, через щілини або інші можливі проходи для повітря зможуть пропустити в годину 2-3 об'єми кімнати. Коли повітря прийде із сусідніх приміщень - не гарантовано, що воно свіже і чисте. Коли, видалене повітря, заміщається проникаючим зовнішнім повітрям, то разом з ним у приміщення неминуче спрямовується холод, для зимових умов, або вуличний пил, а ефект посилений працюючою витяжною вентиляцією.

Але є й приточна вентиляція. Приточна вентиляція поставляє свіже зовнішнє повітря в приміщення, – догріває поступаюче повітря до необхідної температури або очищає від пилу, питань техніки. Однак якщо повітря надходить ззовні, то в приміщення неминуче буде рости тиск, цей тиск у підсумку стане перешкодою для приточного повітря, але це в ідеалі. На практиці ж повітря йде із приміщення завдяки інфільтрації, тільки тепер із приміщення. Але, пропускна здатність всіх щілин у приміщенні обмежена, тому що й призначення будь-якого приміщення саме в ізоляції внутрішнього об'єму від зовнішнього середовища, тому навряд чи приточна вентиляція здатна забезпечити інтенсивний повітрообмін навіть при дуже сильному механічному збудженні.

Законний висновок - необхідно подавати певний об'єм повітря й одночасно такий же видаляти, і такі вентиляційні системи називають приточно-витяжними найпоширеніший клас, на сьогоднішній день, загальнообмінної вентиляції. Отже далі ми будемо розглядати саме приточно-витяжні вентиляційні системи.

### **1.3 Визначення потреби свіжого повітря.**

Основна вимога до вентиляційної системи - забезпечити необхідний рівень обміну повітря в приміщенні при дотриманні певних кліматичних параметрів усередині приміщення, саме від об'єму обробленого вентиляційною системою повітря залежить й її вартість і наступні експлуатаційні витрати. Будемо поки розглядати вимоги до житлових й адміністративних приміщень, а різноманітні вимоги до промислових приміщень розглянемо окремо.

Отже, по-перше, зрозуміло навіщо взагалі необхідний свіже повітря усередині приміщення, звичайно, для комфортного дихання, і от керуючись саме цим основним завданням і можна визначити необхідний об'єм приточного повітря в приміщення. Очевидно, що він буде залежати від кількості людей у приміщенні. Отже прийнято вважати, що на одну дорослу людину необхідно  $30 \text{ м}^3/\text{година}$ , на дитину можна й  $20 \text{ м}^3/\text{год}$ . Це цифра була

підібрана майже дослідним шляхом і закріплена у відповідних документах регламентуючих проектування вентиляційних систем. (Припустимо, що в середньої дорослої людини об'єм легенів 4,5 літри або 0,0045 м<sup>3</sup> і дихає вона не частіше 1 разу в секунду, та й то неповними грудьми, - це всього 16,2 м<sup>3</sup>, але є ще час, що відпрацьоване повітря буде перебувати в приміщенні, важко ж представити, що кожен наступний вдих буде свіжим повітрям.

Для житлових приміщень у нашій країні визначена так само норма в 3 м<sup>3</sup> на кв.метр житлової площі, і вона не позбавлена змісту, тому що точно визначити кількість людей у кімнаті неможливо й це величина відштовхується від прийнятих норм житлової площі на одну людину, варто врахувати також, що вентиляція крім подачі свіжого повітря робить видалення відпрацьованого, котрий містить у собі все шкідливі речовини виділювані усередині приміщення, від радіоактивного радону до отрутих випарів сучасних миючих засобів. Торкнувшись проблеми забруднення внутрішнього повітря, ми підійшли до наступного параметра вентиляційних систем - КРАТНОСТІ. Нормативні вимоги зводяться до 0,5-1 кратного обміну в житлових приміщення й 3 кратному на кухнях. Але помітьте, що розрахунок на кратність не враховує кількість людей й інтенсивність забруднення внутрішнього повітря, а розрахунок на кількість людей не враховує об'єми приміщень і також виділення шкідливих речовин у них.

Очевидно необхідний більш точний розрахунок, що враховує й тобто й інше, а стало бути й більш точний опис приміщень, однак досвід закладений у регламентуючих документах у жодному разі не варто відкидати. Замічено, що при кратності повітрообміну в приміщенні менш 0,5 чоловік відчуває духоту в житловому приміщенні, а в робочому офісі рекомендується кратність уже від 3 до 8. Нижче наведені рекомендовані значення розглянутих параметрів стандартом ASHRAE, DIN 1946 для визначення об'єму вентиляції  $V$ .

Кратність повітрообміну.

Об'єм  $V = n * V_p$ , де  $n$  - кратність,  $V_p$  - об'єм приміщення.

Таблиця – 1.1 Кратність повітрообміну

Види приміщень	Кратність повітрообміну, $n$ (1/година)
Офісні приміщення	3 - 8
Шкільний клас	3 - 8
Театр, кінотеатр	4 - 6
Торговельне приміщення	4 - 8
Господарське приміщення (склад)	1 - 2
Ресторан	8 - 12
Бар	10 - 15
Кухня	10 - 30
Універсальний магазин	3 - 6
Готельний номер	4 - 6

Розрахунок на кількість людей у приміщенні.

Об'єм вентиляції

$V = n * V_i$ , де  $n$  - кількість людей,  $V_i$  - норма зовнішнього повітря на одну людину

Таблиця – 1.2 Норми на кількість людей у приміщенні

Тип приміщення	$V_i$	
	рекомендовані	мінімальний
Театри, кінозали, конференц-зали (паління заборонене)	40 куб.м. на чол.	20 куб.м. на чол.
Кафе, ресторани (Паління дозволене)	60 куб.м. на чол.	40 куб.м. на чол.

Зверніть увагу на значення  $n$  в Табл. 1.1 і Табл. 1.2., якщо приймати значення в таблиці 1.1 за основу, то виходять вони приводять до набагато більшого об'єму вентиляції, ніж той, який би вийшов при розрахунку від

значень  $V_i$  по таблиці 2. Ну наприклад офіс, середнє рекомендоване значення повітрообміну 5,5 крат, припустимо що в приміщенні площею 100 кв.м і висоті стель 3 м працюють близько 10 чоловік (10 кв.м. на людину - досить щільно, при врахуванні всієї площі офісу). Тоді відштовхуючись від розрахунку по табл. 1.2 необхідний об'єм вентиляції  $10 \cdot 40 = 400$  м<sup>3</sup>/годину., а якщо відштовхуватися від рекомендацій з таб.1 то виходить  $100 \cdot 3 \cdot 5,5 = 1750$  м<sup>3</sup>/годину. Рекомендації з таблиці 1.1 засновані на основі усередненого обліку всіх параметрів внутрішнього середовища приміщення визначальні комфортні умови для людей, що перебувають там. Про це ми чи говорили вище - температура, вологість, рух повітря, температура огорожень (стін, стелі й т.п.), більше того можливість впливати на них.

Визначимо, що ж повинна вміти сучасна система вентиляції, які до неї пред'являються вимоги на сьогоднішній день.

#### **1.4 Вимоги до сучасних систем вентиляції.**

Отже ми визначили, що вентиляційна система крім подачі свіжого зовнішнього повітря необхідного для дихання повинна по можливості підтримувати й інші параметри відповідальні за комфортні кліматичні умови в приміщенні. Далі ми розглянемо це докладніше.

Для того щоб зовнішнє повітря потрапило в приміщення необхідна приточна установка обробного поступаючого повітря й система повітропроводів для його роздачі по приміщенню.

Для рішення питання забезпечення санітарних норм необхідних для дихання повітря необхідний об'єм визначається з розрахунку на одну людину. Для того щоб подати це повітря необхідно його очистити від пилу й, при необхідності, довести його температуру до нормальної температури в приміщенні.

Введемо вимоги, а саме, якщо вентиляційна система не тільки провітрює, що треба з визначення, але й обробляє якимсь чином зовнішнє повітря й прагне підтримати якісь необхідні кліматичні параметри в приміщенні, тобто таку систему правомірніше назвати системою кондиціонування повітря або ВКВ.

### 1.5 Кондиціонування повітря

(лат. condicio умова, вимога) - створення й підтримка в закритих приміщеннях і транспортних засобах стану повітряного середовища, найбільш сприятливого для самопочуття людей, протікання технологічних процесів, роботи устаткування й

Далі говорячи про сучасну вентиляцію ми будемо вживати визначення ВКВ, як найбільш повне й правильне.

Отже до функцій агрегату поставляючого свіже зовнішнє повітря в приміщення неодмінно ставиться вимога його попереднього очищення від пилу, тому будь-яка приточна установка містить у своєму складі секцію фільтрації. Ступінь очищення приточного може варіюватися по необхідності від найпростішого фільтра, що затримує комах і міський пил (клас EU3 або EU4 по класифікації EVROVENT, Німеччина), до фільтрів затримуючих мікроскопічні частки (клас від EU9 і вище) застосовуваних, як правило в мед закладах й "чистих цехах" у промисловості.

Далі подаване повітря варто довести до необхідної температури.

### 1.6 Температура й вологість, швидкість повітря в приміщенні

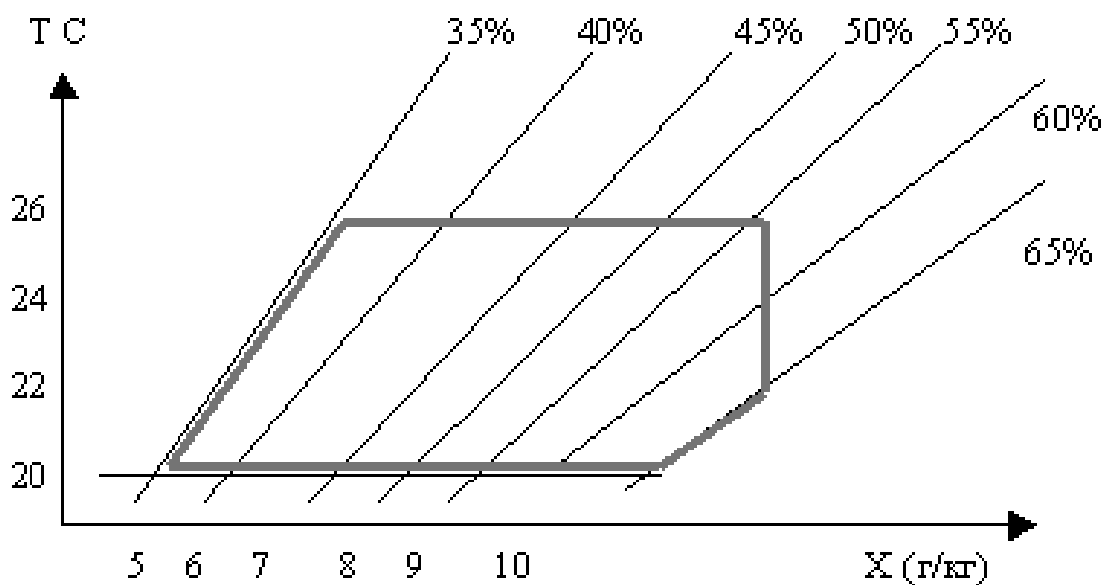


Рисунок 1.1 – Залежність температури від витрат вентиляційної установки



Температура й вологість повітря в приміщенні є найважливішими параметрами, що визначають стану комфорту усередині приміщення. Організм людини постійно виділяє теплоту залежно від фізичної активності, що так спокійно спить доросла людина виділяє в середньому близько 80 Вт., а при більших фізичних зусиллях уже 300 Вт.

Ця теплота повинна видалятися від людини щоб не допустити перегріву, видаляється це тепло головним чином шляхом теплообміну з навколишнім повітрям, тому крім одягу важливим показником теплового комфорту для людини є температура навколишнього повітря. Значення температури, що рекомендують, повітря в приміщенні за різними стандартами перебувають у межах 20-22 С у зимовий період й 22-26 С - у літній. Ще один фізичний параметр внутрішньої атмосфери безпосередньо, що впливає на теплообмін, організму людини це вологість повітря, що характеризує його насиченість водяними парами. Так недолік вологості, менш 20 % відносної вологості, приводить до пересихання слизових оболонок, викликає кашель, а перевищення рівня вологості, більше 65%, приводить до погіршення тепловіддачі при випарі поту, виникає почуття ядухи. Тому температура повинна співвідноситися з рівнем вологості. На графіку представлено на мал.1.1 позначені температурно-вологісні параметри обмежені зеленими кольорами, при яких людина відчуває себе комфортно.

Ще один фактор, що впливає на тепловий обмін людського організму з навколишнім повітрям є швидкість руху повітря. Одна справа - витримати 26 С, коли відсутній всякий рух повітря, інша справа - приємний бриз на бігу моря, однак і вологість і температура при цьому будуть ті ж.

**Швидкість повітря** визначається в робочій зоні приміщення тобто там де перебувають люди, а саме в просторі від 0,15 м. від підлоги до 1,8 м по висоті й на відстані не менш 0,15 м стін. Швидкість повітря в робочій зоні рекомендується в межах 0,13-0,25 м/с. при меншій швидкості - душновато або навіть жарко при більшій - просто протяг, допускати який має сенс тільки при підвищенні температури нормативних значень.

Останній фактор безпосередньо впливає на температурний комфорт - **температура поверхонь, що обгороджують**. Температура стін, стелі й інших поверхонь усередині приміщення також вносять свою лепту в теплообмін людського організму завдяки інфрачервоному випромінюванню переносячому теплоту із цих поверхонь, що теж у багатьох випадках необхідно враховувати. Сучасні інфрачервоні нагрівачі дозволяють підтримувати відносно низьку температуру повітря в приміщеннях, при цьому почуття холоду ні, у такий же спосіб приємно відчувати тепло каміна в досить прохолодній кімнаті.

Отже, ми розглянули всі параметри визначальний кліматичний комфорт у приміщенні й повертаємося до пристрою ВКВ, які й повинні по можливості підтримувати ці параметри.

Дослідним шляхом встановлено, що для підтримки температурних параметрів необхідна кратність не менш 5 - 5, 5 обмінів, це забезпечить рівномірність температури в приміщенні й не допустить великої різниці температур обробленого приточного повітря й необхідною температурою в робочій зоні. Ця різниця не повинна перевищувати 2-4 С. Міркування дуже прості, якщо необхідно підняти температуру повітря в приміщенні - подавати підігріте повітря, якщо понизити температуру в приміщенні - охолоджене повітря, якщо температура в нормі - подавати повітря з температурою приміщення, щоб не порушити сталий тепловий баланс. Залишається тільки визначити температуру приточного повітря, що змішавшись із внутрішнім повітрям дасть необхідну температуру в робочій зоні, цілком логічно, що чим менше кількість подаваного повітря, тим більше повинна відрізнятися його температура від необхідної в приміщенні, і навпаки, якщо об'єм достатній, то температура може незначно відрізнятися, в ідеалі повітря необхідної температури просто замінить повітря ненормативної температури. У цьому місці можна зробити досить значимий висновок - витрата повітря вентиляційної системи або системи кондиціонування повітря перебувати в межах від мінімально необхідної кількості зовнішнього повітря для дихання й витратою підтримуючої температурно-вологісні параметри в повному

обсязі приміщення, якщо в приміщенні немає інтенсивного виділення шкідливих речовин, які необхідно видаляти.

Із цього моменту необхідно визначитися в підходах до рішення такого завдання, а саме в знаходженні оптимального співвідношення зовнішнього повітря в загальній витраті повітря ВКВ.

Зовсім необов'язково всю витрата ВКВ забезпечувати за рахунок зовнішнього повітря, для підтримки температури або вологості цілком можна використати рециркуляцію тобто подавати повітря в приміщення що обслуговується, забираючи його в тім же приміщенні. Справді очевидно, що енергетичні витрати на обробку повітря в приміщенні при рециркуляції будуть незрівнянно менше, коли оброблюване повітря по своїх параметрах буде незначно відрізнятися від нормативних, а це найбільше імовірно, коли це повітря надходить у повітребробляючий агрегат із приміщення, що обслуговує, у якому й підтримуються задані параметри. По такому принципі працюють більшість побутових кондиціонерів, вони забирають повітря із приміщення, прохолоджують або нагрівають (іноді й сушать) і викидають у тобто ж приміщення, кратність обміну при цьому не менш 5. ( При меншій витраті знижується ефективність підтримки температурних параметрів).

Але такі кондиціонери, як правило, не здатні забезпечувати приміщення свіжим зовнішнім повітрям, тому на додаток до них необхідно додати приточно-витяжну вентиляцію поставляючи зовнішнє приточне повітря й видалюючи відпрацьовану, розраховану по санітарних нормах розраховуючи на кількість людей. ( При цьому загальна кратність ВКВ буде в межах рекомендованих у Таб.2 т.е. 5-8 крат). При такому підході енергетичні витрати на обробку повітря прагнуть до мінімального тому що обробляється мінімально можлива кількість зовнішнього повітря, що може максимально відрізнятися від необхідних параметрів. ВКВ на базі приточно-витяжної вентиляції подаючій повітря для дихання й кондиціонерів у кожному приміщенні, що підтримують температурний режим, широко поширені, завдяки щодо невисокої вартості й можливістю підтримки температурного режиму в кожному приміщенні, звичайно, якщо кондиціонери встановлені в

кожнім приміщенні, а так само можливістю поетапного введення. Поетапність введення полягає в тім, що на першому етапі, наприклад при реконструкції офісу або квартири можна ввести систему приточно-витяжної вентиляції тому що дана система вимагає установки мережі повітропроводів, монтувати яку краще до чистової обробки, а надалі обладнати приміщення кондиціонерами, причому теж у порядку черговості й необхідності. Справедливості заради треба таки помітити, що такі ВКВ одержали поширення насамперед тому, що про підтримку температурних параметрів замислювалися пізніше, а спочатку обмежувалися тільки безпосередньо вентиляцією. (Інший раз помилково припускаючи, що й температурний режим буде забезпечений тривіальною подачею свіжого повітря).

### **1.7 Великі системи вентиляції**

Аналогічно запропонованій схемі функціонує схема ВКВ на базі приточно-витяжної вентиляції й системи чіллер-фенкойл. Чіллер або холодильна машина служить для підготовки охолодженої води, а вже охолоджена вода по трубопроводам роздається по всьому будинку для охолодження повітря в приточних камерах (центральному кондиціонеру) або безпосередньо в приміщеннях.

Остання ВКВ ставитися вже до центрального кондиціонування, але так само забезпечує й підтримання кліматичних параметрів у кожнім приміщенні, але при цьому на весь будинок або комплекс приміщень встановлюється один чіллер для підготовки холодної або теплої води, що потім використовується вентиляторними доводчиками або фенкойлами, встановленими в кожнім приміщенні й відповідальними за температурний режим. Зовнішнє повітря може подаватися як централізовано, так і незалежно в кожне окреме приміщення, якщо застосовані фенкойли каналного типу, які допускають обробку зовнішнього повітря. Ця схема найпоширеніша на Заході, особливо у великих будинках. (Рівень західної економіки і її акцентів вимагав і дозволяв будувати подібні інженерні системи, не тільки в промислових, але й у житлових і суспільних будинках).

Переваги подібної системи в її довговічності (20-30 років - розрахункові строки експлуатації) і можливості всіляких комбінацій по топології й потужностей, далекість фенкойла ( приміщення, що обслуговує,) може бути практично кожна, на відміну від фреонових систем, де довжина траси рідко перевищує 150 метрів і на дуже великих об'єктах це рішуче обмеження. Важливим перевагам є й тобто можна розраховувати системи, які можуть зняти пікові навантаження, без збільшення продуктивності самого чіллера, для цього досить підібрати відповідний бак акумулятор у якому накопичується розрахунковий запас холодної води, класичний приклад - нічний режим роботи, коли чіллер працює на акумуляторний бак уночі, коли доступна вся електрична потужність, а тарифи на електричну енергію знижені. При тім, що коефіцієнт спожитої електричної енергії - COP у фреонових систем вище, підсумкові експлуатаційні витрати у ВКВ на базі чіллера можуть виявитися нижче, а також первісні капітальні витрати на всю систему.

Важливо й те, що при використанні ВКВ на базі чіллер-фенкойл можна не будувати систему опалення, тому що обігрів приміщень зроблять всі ті ж кімнатні фенкойли, причому в особливо точному температурному режимі, для цього достатньо передбачити джерело тепла, у водяному контурі системи кондиціонування, це може бути автономний казан або теплообмінник від центральної теплопостачаючої магістралі.



Рисунок 1.2 –Чіллер з повітряним охолодженням



Рисунок 1.3 – Кімнатний фенкойл

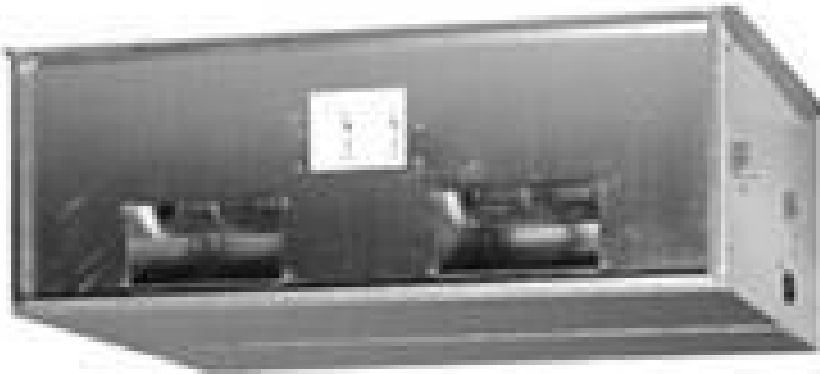


Рисунок 1.4 – Канальний фенкойл - із припливом зовнішнього повітря

Ми ж повернемося до більш загального принципу організації ВКВ, коли повітря в приміщення подається від одного повітреоброблюючого агрегату або центрального кондиціонера (кондиціонера із приточним повітрям), як найбільш загального випадку з максимальним набором можливостей. Отже, якщо немає в приміщеннях виділення шкідливих речовин (в адміністративних і житлових будинках) з метою економії застосовують рециркуляцію. Нижче наведена принципова схема подібної системи.

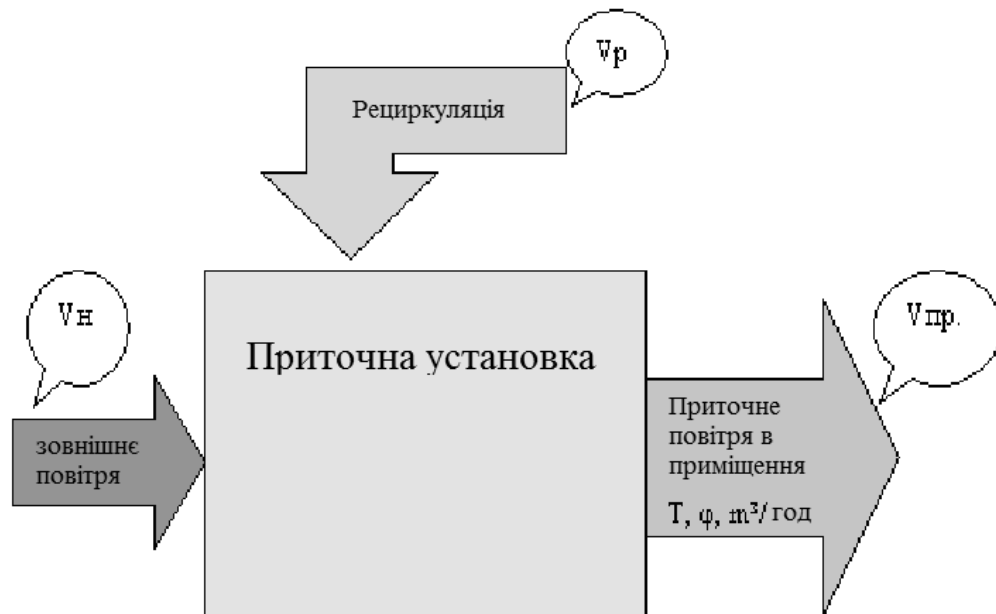


Рисунок 1.5 – Рециркуляція

При такій організації приточна установка забирає певний об'єм повітря  $V_n$ . Із зовнішнього середовища, частина повітря забирає із приміщення, що обслуговує -  $V_p$ , змішує ці потоки й обробляє й подає у внутрішні приміщення -  $V_n = V_n + V_p$ . Далі подаване приточне повітря необхідно розподілити по обслуговуваним приміщенням, домагаючись нормованої швидкості в робочій зоні й з урахуванням максимального ефекту перемішування або витиснення внутрішнього повітря. Це класична організація система кондиціонування повітря. Подібна система дозволяє підтримувати будь-які кліматичні параметри, про які говорилося вище, або тільки частина з них по необхідності, у випадку виділення шкідливих речовин, рециркуляція може бути зменшена або повністю бути відсутньою, у такому випадку все вхідне повітря в приміщення буде зовнішнім, також можна буде виключити рециркуляцію й у літній період, коли немає необхідності витратити енергію на догрів поступаючого повітря.

Повернемося до функціональних можливостей або обов'язків, як буде завгодно, ВКВ. Крім подачі й фільтрації зовнішнього повітря для підтримки всіх кліматичних параметрів ВКВ повинна вміти нагрівати, прохолоджувати, воложити або осушувати повітря, а так само його розподілити необхідним образом. Як це здійснюється технічно розглянемо на прикладі центрального кондиціонера або центральної приточної установки.

**Нагрівання** - здійснюється електричним калорифером або водяником (паровим) нагрівачами. Для нашої кліматичної зони потужність калорифера, виходячи із заданої витрати зовнішнього повітря, визначається приблизно з розрахунку 15 кВт. на кожен тисячу м<sup>3</sup>. Підтримка температури здійснюється в першому випадку східчастим регулюванням потужності електричного нагрівання або зміною витрати гарячої води або пари.

**Охолодження** - процес охолодження повітря відбувається в секції охолодження, що забезпечує водяний радіатор, у якому протікає холодна вода або інший холодоагент (допустимо незамерзаюча суміш води й гліколя), контролюючи витрату холодоагенту, можна контролювати ступінь охолодження повітря. Також секція охолодження може являти собою радіатор, у якому відбувається кипіння фреону, тобто по суті це випарник кондиціонера (див. Принцип дії кондиціонера) поступаючого з компресорно-конденсаторного блоку. Ступінь охолодження повітря регулюється дискретним включенням компресора повітряно-конденсаторного блоку, у такий спосіб точно підтримувати температуру приточного повітря неможливо, що накладає іноді обмеження на використання такого методу. Охолодження повітря можливо також у процесі адіабатичного зволоження повітря в камері зрошення. Камера зрошення являє собою камеру в якій установлені форсунки розпиляючі воду, випаровуючись вода забирає тепло в повітря, при цьому його зволожує. контролювати температуру повітря при такому методі складно (тільки температурою води) при цьому не контролюється вологість, тому цей метод рідко використовується в якості основного. Пізніше ми докладніше розглянемо підготовку холодоагенту для секції охолодження.

**Осушення** - осушення повітря або видалення з нього парів води можливо двома методами.

Перший заснований на адсорбційному методі. Цей метод заснований на сорбційних (вологозабираючих) властивостях деяких речовин - сорбентів. Маючи пористо-капілярну структуру, сорбенти витягають водяну пару з повітря. У міру насичення сорбенту вологою ефективність осушення



знижується. Тому сорбент потрібно періодично регенерувати, тобто випарювати з нього вологу шляхом продування потоком гарячого повітря. Секція осушення побудована по такому методу, як правило, являє собою ротор половина якого проходить через приточний повітря, а друга половина через камеру відновлення, у якій сорбент віддає вологу. Другий метод конденсаторний, заснований на він охолодження повітря нижче точки роси, коли відбувається конденсація водяних парів у рідку фракцію. Охолоджене повітря при цьому нагрівають потім до необхідної температури. Тому що процес нагрівання й охолодження так чи інакше вже затребувані у ВКВ, тобто другий метод більше розповсюджений.

**Зволоження** - можливо двома способами. Безпосереднім додаванням водяної пари в приточне повітря - паро зволоження. Підтримка вологості здійснюється шляхом контролю витрати водяної пари. Недоліком даного методу є висока енерговитратність пов'язана з підготовкою пара шляхом нагрівання води до випару.

Другий спосіб заснований на адіабатичному зволоження в зрошувальній камері, принцип якої ми вже розглянули вище. При певній температурі повітря може забрати строго певну кількість вологи, контроль зволоження здійснюється шляхом регулювання температури повітря поступаючого в камеру зрошення., після проходження камери повітря може бути нагрітий при необхідності. Даний метод одержав найбільше поширення через технологічну простоту й енергоефективність.

Нижче наведена принципова схема й типовий зовнішній вигляд центрального кондиціонера або приточної установки з повним набором функцій. Порядок роботи установки наступне зовнішнє повітря змішуючись із рециркуляційним із приміщення (якщо це можливо й необхідно) надходить на фільтр необхідного ступеня очищення, далі надходить у секцію першого підігріву, у якій він нагрівається в зимовий період до температури необхідної для камери зрошення, щоб увібрати строго певна кількість вологи, (секція охолодження взимку не задіяне й не робить ніякого впливу на приточне повітря), далі в камері зрошення повітря вбирає вологу, при цьому

проохолоджуючись (тепло йде на випар води), і надходить на другий підігрів на якому він нагрівається до необхідної температури, якщо буде потрібно.

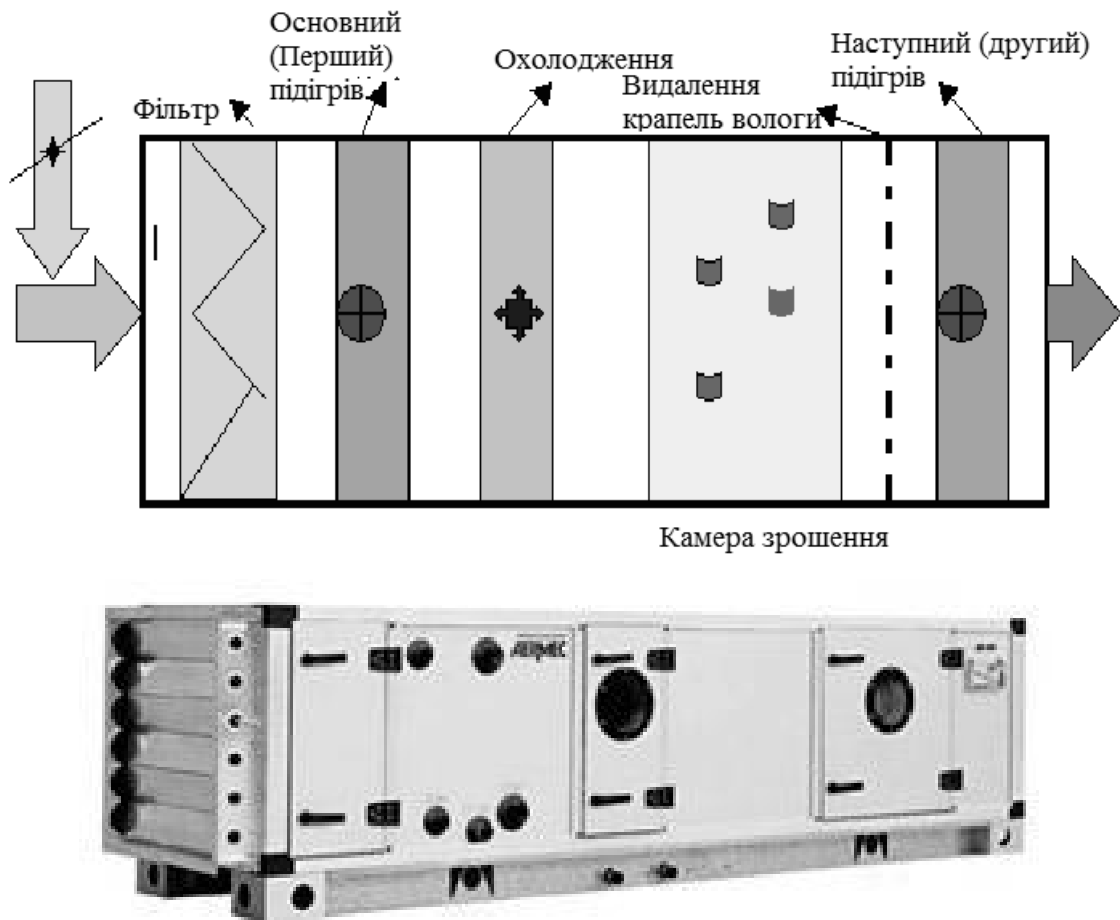


Рисунок 1.6 – Принципова схема й типовий зовнішній вигляд центрального кондиціонера або приточної установки

У літній період зовнішнє повітря потрібно охолодити і як правило осушити. Вхідне повітря проходить крізь непрацюючу секцію попереднього підігріву й надходить на секцію охолодження, де проохолоджується до температури нижче точки роси для встановленого вологовмісту, далі на крплевідділювачі краплі конденсованої вологи й повітря надійдуть на другий підігрів, де й нагріються до заданої температури, якщо таке необхідно. Якщо в приміщеннях немає необхідності контролю вологості, то секції зволоження й другого підігріву просто відсутні, такі установки цілком підійдуть для адміністративних або житлових будинків, де вологість не настільки важлива або може бути підтримана іншими способами ( як правило тільки в зимовий період необхідне зволоження, а влітку в процесі охолодження повітря він частково осушується ). Для промислових же приміщень, необхідний повний

комплект. Так у поліграфічній або електронній промисловості контроль кліматичних параметрів особливо важливий, і там застосовуються саме такі центральні кондиціонери (тому що в більшості випадків рециркуляція небажана). ВКВ на базі центрального кондиціонера має й свої недоліки, основні звичайно пов'язані зі складністю розподілу приточного (обробленого) повітря по приміщеннях. Складність полягає в тому, що в кожному окремому приміщенні необхідно підтримувати задані параметри, а центральний кондиціонер доводить параметри обробленого повітря до певних значень орієнтуючись як правило на приміщення з усередненими параметрами або найбільше, а підтримка параметрів клімату в інших приміщеннях здійснюється з меншою точністю, шляхом виставлення певної витрати повітря. Коли приміщення сильно відрізняються друг від друга по волого - або тепловиділенням застосування центрального кондиціонера може виявитися не кращим рішенням. Класичний приклад - будинок з фасадами на північ і південь, тоді виникає ситуація, при якій у сонячний день нагрівається південна сторона будинку й у приміщенні по цій стороні необхідно подавати охолоджене повітря, але при цьому в північній частині охолодження не потрібно, а надходження свіжого повітря проте повинне бути завжди. У такому випадку одним повітребробним агрегатом не обійтися, якщо не застосовувати зонального регулювання, суть якого зводиться до контролю кліматичних параметрів у кожному приміщенні або групі приміщень, шляхом керування центральним кондиціонером у сполученні з регулюванням витрати повітря в кожному приміщенні. Тобто подібна система в нашому класичному прикладі, система перемкне центральний кондиціонер у режим охолодження й більшу частину повітря відправить у південні приміщення, а в північні скоротить витрату повітря до мінімуму, через якийсь час, коли в південному крилі параметри повітряного середовища досягнуть заданих параметрів, система переведе центральний кондиціонер у режим нагрівання й максимальний потік буде спрямований уже в північні приміщення, при цьому витрата в південних приміщеннях скорочується до мінімуму. Застосування центрального кондиціонера із зональним регулюванням у ряді

випадків виправдане й дозволяє заощадити на капітальних вкладеннях, але описаний вище алгоритм роботи, як бачите, має свої недоліки й у ряді випадків така ВКВ не може бути застосована, до того ж вартість зонального регулювання іноді цілком порівнянна з вартістю ряду незалежних систем.

## **2 НАУКОВО-МЕТОДИЧНА ЧАСТИНА**

Забезпечення необхідних та заданих параметрів мікроклімату в приміщеннях різного призначення є важливим і актуальним завданням. Від якості розв'язку даного завдання залежать самопочуття й працездатність людей, працівників та якість продукції, яка виготовляється, у випадку коли приміщення є виробничими.

На розподіл параметрів мікроклімату в обсязі приміщень, котрі опалюються, впливає безліч факторів: параметри температури навколишнього середовища, геометричні форми та розміри приміщень і теплотехнічні характеристики їх конструктивів та огорожень, наявність перешкод для руху повітря у вигляді перегородок, меблів, устаткування й т.п.; тип, загальна потужність і розташування приладів опалення; параметри системи вентиляції; наявність внутрішніх стоків теплоти і джерел теплоти і т.д. Велика кількість параметрів, котрі впливають на формування параметрів мікроклімату, визначатиме складність і системність завдання його моделювання, а також, попередньо, шляхів розв'язку.

### **2.1 Моделювання параметрів мікроклімату приміщень**

Однією з основних умов розв'язку проблеми моделювання є вивчення й системний аналіз процесів теплового та масового переносу в опалювальному приміщенні, яке розглядається як комплекс, у якому присутні активні і пасивні елементи системи опалення та каналної вентиляції і кондиціонування: опалювальні прилади, джерела тепла, огороження, параметри повітряного середовища приміщення, люди та їх режими роботи (пасивна або активна фізична праця), навколишні предмети, засоби виробництва й т.п.

Застосовувані на теперішній час нормативні методики теплотехнічних розрахунків і проектування систем опалення базуються на використанні усереднених значеннях розрахункових величин, розглянутих для встановлених режимів. Реальні процеси переносу є нестационарними й

змінними в часі та просторі. Тобто, чисельні значення локальних і миттєвих динамічних параметрів мікроклімату залишаються за рамками аналізу.

Найбільше ефективно й глибоко вивчити дану проблему можна на основі чисельних експериментів, заснованих на розв'язку диференціальних рівнянь, що описують поведінку досліджуваної системи [10]. Достовірність одержуваних у такий спосіб результатів доведена досвідом досліджень у різних галузях науки й техніки.

Загальний теплообмін в опалювальному приміщенні містить у собі три види переносу енергії й речовини: конвекцію, теплопровідність і випромінювання. У сучасних опалювальних приміщеннях, призначених для перебування людей, допускається не враховувати вплив повітропроникності огорожень на процеси тепломасопереносу. Також прийнятно в даному дослідженні виключити з моделі процеси дифузії вологи в огороженнях і конвективний перенос водяних парів у зв'язку із малим впливом на теплообмін.

Стосовно до опалювальних приміщень, природня конвекція відіграє значну, а в ряді випадків і визначальну роль у формуванні параметрів мікроклімату. Формовані в процесі конвекції температурні й швидкісні поля повітряного середовища можна знайти при розв'язанні систем диференціальних рівнянь, котрі утворені з рівняння Нав'є–Стокса, – рівняння нерозривності й рівнянь переносу теплоти в повітряному середовищі й огороженнях:

$$\rho \left[ \frac{\partial \bar{w}}{\partial t} + (\bar{w} \nabla) \bar{w} \right] = -\nabla p + \mu \nabla^2 \bar{w} + \frac{1}{3} \mu \nabla (\nabla \bar{w}) + \rho \bar{g}; \quad (2.1)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho \bar{w}) = 0; \quad (2.2)$$

$$c_p \rho \left( \frac{\partial T}{\partial t} + \bar{w} \nabla T \right) = \lambda \nabla^2 T + q_v. \quad (2.3)$$

Шуканими функціями в (2.1)–(2.3) є вектор швидкості  $w$ , тиск  $p$  і температура  $T$  середовища, у якому формується конвекція. Інші ідентифікатори представляють:  $\rho$  – щільність;  $\mu$  – динамічну в'язкість;  $\lambda$  –

теплопровідність;  $c$  – питома теплоємність;  $t$  – час;  $g$  – прискорення вільного падіння;  $qv$  – об'ємне джерело теплоти.

Відносно малі перепади температур, які звичайно мають місце в обсягах опалювальних приміщень, дозволяють при розв'язку приведеної вище системи диференціальних рівнянь прийняти допущення Буссінеска – Обербека [1] і допустити, що коефіцієнти  $\mu$ ,  $\lambda$ ,  $c$  є постійними в часі й у просторі для кожного характерного елемента системи. Головна ідея даного наближення полягає в тому, що залежність щільності від температури враховується лише в члені з об'ємною силою ваги  $\rho g$ , а в інших випадках припускаємо  $\rho = \rho_0 = \rho(T_0)$ , де  $T_0$  – деяке значення з інтервалу зміни температури в повітряному середовищі приміщення.

Для врахування турбулентного характеру руху повітря застосована стандартна двохпараметрична [2, 3]  $(k-\varepsilon)$ -модель. Ключовими характеристиками в даній моделі є кінетична енергія  $k$  і швидкість дисипації  $\varepsilon$  енергії турбулентності.

Суть  $(k-\varepsilon)$ -моделі, як і інших подібних моделей, полягає в тому, що диференціальні рівняння переносу, складені для умов ламінарного плину, застосовуються також і для випадку турбулентного руху середовища. При цьому в них вводяться усереднені за часом фізичні величини й використовуються ефективні коефіцієнти переносу.

Ефективні коефіцієнти в'язкості й теплопровідності характеризують сумарну інтенсивність молекулярного й турбулентного переносів кількості руху й теплової енергії відповідно:

$$\mu_{ef} = \mu + \mu_m; \quad \lambda_{ef} = \lambda + \lambda_m, \quad (2.4)$$

де  $\mu_m$  і  $\lambda_m$  – турбулентні коефіцієнти переносу, що є турбулентними аналогами відповідних молекулярних коефіцієнтів.

Для визначення  $\mu_m$  і  $\lambda_m$  використовують наступні вирази:

$$\mu_m = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}; \quad \lambda_m = c \frac{\mu_m}{Pr_T}. \quad (2.5)$$

Поля турбулентності кінетичної енергії  $k$  і її швидкостей дисипації  $\varepsilon$  визначаються з наступних рівнянь переносу, записаних у тензорному виді для декартових координат:

$$\rho \frac{\partial k}{\partial t} + \rho u_j \frac{\partial k}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_T}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + P_k + G_b - \rho \varepsilon; \quad (2.6)$$

$$\rho \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \rho u_j \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_T}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + \frac{\varepsilon}{k} (C_{\varepsilon 1} (P_k + G_b) - \rho C_{\varepsilon 2} \varepsilon). \quad (2.7)$$

$$P_k = \mu_T \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_j}; \quad G_b = \beta g_j \frac{\mu_T}{Pr_T} \frac{\partial T}{\partial x_j}. \quad (2.8)$$

У рівняннях (5)-(8) прийняті наступні значення модельних констант [2, 3]:  
 $C_\mu = 0,09$ ;  $Pr_T = 0,85$ ;  $\sigma_k = 1$ ;  $\sigma_\varepsilon = 1,3$ ;  $C_{\varepsilon 1} = 1,44$ ;  $C_{\varepsilon 2} = 1,92$ . (2.9)

Аналітичне розв'язування системи диференціальних рівнянь конвективного теплообміну у випадку завдань, що мають прикладний характер, не представляється можливим. Більше того, система досить складна навіть для чисельного розв'язку й аналізу. У цей час ( за винятком досить спрощених випадків) розробка алгоритмів і програмних комплексів для розв'язку тривимірних завдань під силу тільки колективам розроблювачів. Крім того, розв'язок тривимірних завдань висуває особливі вимоги до обчислювальної техніки. Однак окремі види завдань тепломасообміну можуть бути вирішені для двовимірної області без викривлення суті явища й з похибкою, прийнятною в інженерних додатках. Тому в дослідницькій роботі часто обмежуються розв'язком двовимірних завдань.

Таким чином, система рівнянь конвекції в наближенні Буссинеска – Обербека, що враховує наявність турбулентності, для двовимірного випадку має вигляд:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \nu_{\text{ef}} \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \nu_{\text{ef}} \frac{\partial u}{\partial y} \right); \quad (2.10)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \nu_{\text{ef}} \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \nu_{\text{ef}} \frac{\partial v}{\partial y} \right) - [1 - \beta(T - T_0)] g; \quad (2.11)$$



$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0; \quad (2.12)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left( a_{\text{эф}} \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( a_{\text{эф}} \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{q_v}{c\rho}. \quad (2.13)$$

Тут  $u, v$  – проекції вектора усередненої швидкості  $w$  відповідно на вісь  $x$  і  $y$ ;  $a_{\text{эф}}$  – ефективний коефіцієнт теплопровідності;  $\beta$  – температурний коефіцієнт об'ємного розширення;  $\nu_{\text{эф}}$  – ефективний коефіцієнт кінематичної в'язкості середовища.

Для того щоб розв'язати представлену систему диференціальних рівнянь, їх треба доповнити початковими й граничними умовами.

При розв'язку плоских завдань можна значно спростити обчислювальний процес шляхом переходу до системи рівнянь із застосуванням у вигляді аргументів функції струму  $\psi$  і завихреності  $\omega$  [1]:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial \psi}{\partial y} \frac{\partial \omega}{\partial x} - \frac{\partial \psi}{\partial x} \frac{\partial \omega}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \nu_{\text{эф}} \frac{\partial \omega}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \nu_{\text{эф}} \frac{\partial \omega}{\partial y} \right) + \beta g \frac{\partial T}{\partial x}; \quad (2.14)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial \psi}{\partial y} \frac{\partial T}{\partial x} - \frac{\partial \psi}{\partial x} \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left( a_{\text{эф}} \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( a_{\text{эф}} \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{q_v}{c\rho}; \quad (2.15)$$

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \omega = 0. \quad (2.16)$$

$$\frac{\partial \psi}{\partial y} = u; \quad \frac{\partial \psi}{\partial x} = -v. \quad (2.17)$$

Рівняння (2.14)–(2.17) утворюють систему рівнянь плоскої конвекції з невідомими скалярними функціями  $T = T(x, y, t)$ ,  $\omega = \omega(x, y, t)$ ,  $\psi = \psi(x, y, t)$ . При розгляді турбулентного руху середовища для знаходження турбулентних складових ефективних коефіцієнтів переносу необхідно додатково скористатися співвідношеннями відповідної моделі турбулентності.

З погляду чисельного аналізу, зручно, що рівняння  $(T, \omega, \psi)$  системи близькі по типу: кожне з них є еліптичним по простору; рівняння переносу завихреності (2.14) і теплоти (2.15) – параболічні за часом, а рівняння для функції струму (2.16) є рівняння Пуассона [1].

Диференціальне рівняння переносу теплоти в огороженнях і інших твердих елементах системи одержуємо з рівняння (2.3), уважаючи швидкість рівною нулю. Для двовимірного завдання, враховуючи наявність різних матеріалів у складі огорожень, маємо

$$c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + q_v. \quad (2.18)$$

Крім конвекції й теплопровідності, у розглянутій системі має місце й радіаційний перенос теплоти, особливо у випадку застосування опалювальних приладів зі значимою часткою тепловіддачі випромінюванням. Радіаційний теплообмін може суттєво впливати на характер розподілу параметрів мікроклімату. У зв'язку з тим, що повітря є сумішшю, що полягає головним чином із двохатомних газів, він не представляє перешкоди для теплового випромінювання, тобто є діатермічним. Можна прийняти також, що тіла в приміщенні утворюють замкнену систему сірих поверхонь, які дифузно випромінюють і відбивають. Сіримі поверхні можна вважати, якщо в системі не втримується суттєво неоднорідне по спектральному складу випромінювання, тобто коли одночасно не розглядається випромінювання від високотемпературних джерел (сонця) і тіл зі звичайною кімнатною температурою. Об'єктами, що дифузно відбивають тепло, у розрахунках припустимо вважати навіть поверхні з яскраво вираженими дзеркальними властивостями, якщо на дані поверхні падає хаотично орієнтоване випромінювання [4].

Для розрахунків променистого теплообміну в приміщенні нами застосований метод сальдо, представлений в [4]. Для кожної поверхні замкненої системи можна записати умова теплового балансу. Наприклад, для  $k$ -ї поверхні у вигляді:

$$Q_k = q_k A_k = (q_{o,k} - q_{i,k}) A_k, \quad (2.19)$$

де  $Q_k$  – потік результуючого випромінювання;  $q_k$  – щільність потоку результуючого випромінювання;  $A_k$  – площа поверхні;  $q_{o,k}$  і  $q_{i,k}$  – щільності потоків ефективного й падаючого випромінювань відповідно.

Наступне рівняння можна одержати, виходячи з того, що щільність потоку ефективного випромінювання поверхні визначається сумою щільності потоку власного випромінювання й щільності потоку відбитого випромінювання

$$q_{o,k} = \varepsilon_k \sigma T_k^4 + r_k q_{i,k} = \varepsilon_k \sigma T_k^4 + (1 - \varepsilon_k) q_{i,k}. \quad (2.20)$$

Тут  $\varepsilon_k$  – ступінь чорності поверхні;  $\sigma$  – постійна Стефана –Больцмана;  $T_k$  – абсолютна температура;  $r_k$  – коефіцієнт відбиття.

Опускаючи проміжні викладення, приводимо рівняння, використовувани для розрахунків, до виду:

$$Q_k = A_k \frac{\varepsilon_k}{1 - \varepsilon_k} (\sigma T_k^4 - q_{o,k}); \quad (2.21)$$

$$Q_k = A_k \left( q_{o,k} - \sum_{j=1}^N F_{k-j} q_{o,j} \right), \quad (2.22)$$

де  $F_{k-j}$  – кутовий коефіцієнт (частка енергії випромінювання, що випускається  $k$ -ю поверхнею, що падає на  $j$ -у поверхню;  $N$  – кількість поверхонь у замкненій системі.

Рівняння (2.21) і (2.22) можна записати для кожної з  $N$  поверхонь у замкненій системі. Це приводить до складання  $2N$  рівнянь із таким же числом невідомих.  $N$  невідомих представляють і значення  $q_o$ . Інші невідомі, залежно від умови для конкретної поверхні, будуть складатися із чисельних значень  $Q$  і  $T$ .

У розробленій програмі реалізована двовимірна чисельна модель опалювального приміщення, у якій ураховуються процеси теплопередачі в конструкціях, що обгороджують, з різним конструктивним розв'язком, перенос теплоти в прикордонному шарі, формованому на внутрішній поверхні огорожень, особливості зміни параметрів зовнішнього повітря, конвективний теплоперенос у вільному обсязі приміщення. Також програма містить у собі блок розрахунків радіаційного теплообміну між поверхнями усередині приміщення, шибками й навколишнім середовищем.

У дослідженні для розв'язку завдань теплообміну в повітрі приміщення, конструкціях, що й обгороджують, прийнятий «метод кінцевих різниць» (*МКР*) [1, 5]. Відповідно до термінології, прийнятої в [6], нами застосований метод контрольних обсягів (*МКО*), який у цьому випадку можна вважати частковим видом *МКР*. Загальний зміст *МКО* полягає в тому, що область розрахунку розбивають на певне число контрольних об'ємів, які не перетинаються, з виконанням умови, що кожна точка вузла перебуває в одному контрольному обсязі. Диференціальне рівняння розв'язують через інтегрування по кожному контрольному обсягу. У результаті знаходимо дискретизовану подібність диференціального рівняння, яка дає вираз закону збереження для фізичної величини, котра аналізується (маса, кількість руху й енергія). Ця властивість є характерною для будь-якого числа точок вузлів, а не тільки у випадку їх граничної дуже великої кількості. Тому, розв'язок, навіть на грубій розбиваючій сітці обсягів, задовольняє точним інтегральним балансам [6].

Блок програми, що відбиває теплопередачу в конструкціях, що обгороджують, реалізує чисельний розв'язок рівняння теплопровідності (2.18), на підставі якого побудована неявна кінцево-різницева схема, що володіє властивостями абсолютної стійкості й збіжності обчислювального процесу. Для розв'язку застосоване розщеплення завдання по просторовим змінним, що дозволило використовувати метод прогону [5].

У місцях сполучення матеріалів з різними теплотехнічними характеристиками реалізована умова сполучення, яка у випадку розгорнутої границі, перпендикулярної до осі  $x$ , має вигляд:

$$T_1|_{x=0} = T_2|_{x=0}; \quad (2.23)$$

$$-\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial x} \Big|_{x=0} = -\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial x} \Big|_{x=0}, \quad (2.24)$$

де індексами 1 і 2 позначені параметри та вимоги, що ставляться до матеріалів типів 1 і 2 відповідно.

При розрахунках процесів конвективного переносу застосований алгоритм, побудований на основі консервативної монотонної апроксимації

першого порядку диференціальних операторів. Диференціальні рівняння, представлені за допомогою  $(\psi-\omega)$ -аргументів, вирішуються ітераційним методом Зейделя із застосуванням параметрів релаксації.

Для розв'язку рівняння теплопровідності на зовнішніх і внутрішніх поверхнях огорожень задані граничні умови третього роду, коли тепловий потік пропорційний різниці температур:

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial n} = \alpha (T_{\text{пов}} - T_{\text{н-ря}}), \quad (2.25)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт теплообміну;  $T_{\text{нов}}$  – температура поверхні;  $T_{\text{н-ря}}$  – температура омиваючого повітря.

На границі «огороження – повітря приміщення» коефіцієнт теплообміну в кожному вузлі визначається на основі локальних характеристик повітряного потоку. При розрахунках температурного поля в повітрі приміщення також використовуються граничні умови третього роду.

Для визначення поля швидкостей на твердій поверхні застосовується умова прилипания, яке для нерухливої поверхні має вигляд [1]:

$$v_n = 0; \quad v_s = 0. \quad (2.26)$$

Тут  $v_s$  і  $v_n$  – дотична й нормальна складові вектора швидкості на границі  $\Gamma$ . З (17) і (26) випливає:

$$\psi|_{\Gamma} = \text{const}; \quad \left. \frac{\partial \psi}{\partial n} \right|_{\Gamma} = 0. \quad (2.27)$$

Перший вираз з умов (2.27) застосовують у якості граничної умови для функції струму повітря, другий служить для обчислення на границі  $\Gamma$  значень завихреності.

У випадку турбулентного руху повітря додатково використовуються граничні умови для кінетичної енергії турбулентності  $k$  і швидкості її дисипації  $\varepsilon$ , які за умови прилипания мають вигляд [3]:

$$k|_{\Gamma} = 0; \quad \varepsilon|_{\Gamma} = \nu \frac{\partial^2 k}{\partial n^2} \quad \text{или} \quad \varepsilon|_{\Gamma} = 2\nu \left( \frac{\partial k^{1/2}}{\partial n} \right)^2. \quad (2.28)$$

## 2.2 Реалізація математичних моделей для розрахунку параметрів мікроклімату

У нашій роботі для зручності організації блоку розрахунків променистого теплообміну прийнято ділити поверхні всіх твердих тіл, включаючи огороження, опалювальні прилади й т.п., на майданчики кінцевих розмірів, відповідних до розмірів поверхонь граничних гнізд. Кутові коефіцієнти  $F_{k-j}$ , необхідні для розрахунків теплообміну  $k$ -й і  $j$ -й поверхонь, обчислюються по методу натягнутих ниток [4]. При цьому алгоритм передбачає випадок, коли майданчика не бачать один одного через які або перешкод, внаслідок чого їх взаємний променистий теплообмін не можливий. Для всіх випадків, коли майданчика не можуть обмінюватися променистою теплотою:  $F_{k-j} = 0$ .

Система лінійних рівнянь променистого теплообміну, записана на основі співвідношень (2.21) і (2.22) для всіх майданчиків відповідної системи поверхонь, вирішується ітераційним методом Зейделя.

Опалювальні прилади реалізовані в моделі як розподілені в просторі джерела теплоти, по геометрії, місцю розташування й іншим характеристикам, подібні відповідним реальним опалювальним приладам. Наприклад, головною відмітною рисою конвектора й радіатора є різне співвідношення променистої й конвективної часток тепловіддачі.

При розв'язку нестационарного завдання на кожному часовому шару послідовно розраховуються всі три види переносу теплоти. При цьому результат розрахунків одного виду теплообміну впливає на розрахунки граничних умов для інших типів переносу.

Початковими умовами для розрахункових величин служать значення, що задаються виходячи з характеру завдання. Для масивів температур початкові значення зручно взяти з діапазону зміни температури на границях розрахункової області. Що стосується масивів, що ставляться до розрахунків конвективного руху повітря, оцінити заздалегідь характер плинину, а також екстремальні значення параметрів досить важко. Початкове заповнення таких масивів прийняте нульовим, що відповідає нерухомому повітрю. Тому

розрахунковий період часу повинен бути заданий досить тривалим, щоб виключити вплив початкових умов на кінцевий результат.

Розроблена програма дозволяє розраховувати розподіл параметрів мікроклімату в опалювальних приміщеннях і здійснювати аналіз отриманих результатів.

Сіткова область ухвалюється нерівномірною, що забезпечує підвищення точності розрахунків, особливо в області високої нерівномірності температури й швидкості повітряного середовища. Розміри приміщення, окремих елементів, що обгороджують, конструкцій, характеристики опалювальних приладів, умови теплообміну на границях твердих поверхонь і повітряного середовища, теплофізичні параметри, а також параметри алгоритму задаються користувачем.

Для візуалізації результатів розрахунків і оцінки параметрів полів розрахункових величин у програмі є наступні можливості:

- побудова ізоліній полів розрахункових величин. При цьому користувач може за бажанням виводити на екран дисплея ізолінії для будь-яких значень із діапазону зміни величини, а також довільно вибирати форму й колір позначень, що ідентифікують ізолінії;
- представлення полів розрахункових величин у кольорі;
- візуальне представлення поля швидкості в розрахунковій області у вигляді векторів, довжина яких залежить від абсолютного значення  $w$ ;
- побудова графіків зміни значень розрахункових величин і деяких інших допоміжних параметрів.

Роботу користувача полегшують і наступні опції:

- можливість масштабування отриманих зображень;
- збереження отриманих таблиць, при бажанні їх можна відкривати для перегляду й редагування в програмі Excel;
- збереження отриманих зображень у розповсюдженому графічному форматі (.emf або .wmf). Це дозволяє використовувати широкі можливості Windows-Сумісних програм для роботи із графікою;

- вивід даних, параметрів розрахунків і деяких елементів аналізу у вікно спеціального компонента, уміст якого можна зберігати в текстовому форматі (.txt);
- наявність у нижній частині вікна програми рядка стану, у якому відбиваються контекстно-залежні підказки;
- вивід контрольної інформації через задану кількість ітерацій для аналізу процесу розрахунків.

Ціль проведення розрахунків – визначення впливу виду системи опалення на рівень теплового комфорту. На мал. 1-4 представлені результати чотирьох варіантів розрахунків, здійснених з використанням розробленої програми. Суцільні лінії з підписами в прямокутних рамках є ізотермами. Стрілки відбивають поле швидкості, їх довжина пропорційна абсолютному значенню швидкості.

Розміри приміщення становлять  $5,8 \times 2,5(h)$  м. Геометричні й теплофізичні характеристики конструкцій, що обгороджують, граничні й початкові умови задані однаково для всіх варіантів розрахунків.

Розрахункова область розміром і формою представляє вертикальний розріз по вікну конструкцій, що обгороджують, і повітряного середовища приміщення. Варіант розрахунків № 1 представляє систему опалення з підвіконною опалювальною панеллю. У варіанті розрахунків № 2 розглядаються наслідки застосування підлогового опалення. У цих варіантах місце розташування опалювальних елементів в огороженнях схематично показане крапками. Варіант розрахунків № 3 відбиває застосування як опалювальний прилад конвектора, а варіант № 4 – радіатора. У всіх випадках потужність опалювальних приладів задана  $Q_{tot} = 0.5 \text{ кВт}$  на 1 м ширини приміщення (тобто на  $d_z = 1$  м). Тепловіддача конвектора й радіатора складається із променистої та конвективної частин. При цьому конвективна частка в конвектора становить 93 %, а в радіатора – 70 %.

Зображена на мал. 2.1-4 розрахункова область обмежена прямокутною границею. У місцях перетинання огорожень даною границею прийняте



припущення про одномірний характер температурного поля на відсічених гранях.

Теплообмін між зовнішніми поверхнями конструкцій, що обгороджують, зовнішнім повітрям і повітрям суміжних приміщень заданий за допомогою граничних умов третього роду по (2.25). Ліворуч перебуває зовнішнє повітря. Зверху – приміщення верхнього поверху, знизу – підвал, праворуч – повітряний обсяг суміжного приміщення. Значення заданих температур повітря наведені на малюнках. Коефіцієнти теплообміну прийняті:  $23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{Ж})$  на границі із зовнішніми повітрям і  $8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{Ж})$  на інших поверхнях, зовнішніх стосовно повітря розглянутого приміщення.

Зовнішня стіна являє собою тришарову панель. Матеріал зовнішнього й внутрішнього шарів (залізобетон, теплоізоляційний шар) – пінополістирол, віконної рами й підвіконня – деревина. Камери склопакета представлені матеріалом з еквівалентними теплофізичними характеристиками. Матеріал верхнього перекриття – залізобетон. Матеріал нижнього перекриття ( над підвалом) має більш низький середній коефіцієнт теплопровідності, що відбиває наявність додаткової теплоізоляції, щоб підтримувати температуру поверхні підлоги в межах не нижче нормованого значення в  $16 \text{ }^\circ\text{C}$ . Матеріал стіни, розташованої праворуч, – залізобетон.

У даній серії розрахунків урахується променистий теплообмін поверхонь усередині приміщення, шибок і навколишнього середовища. Ступінь чорноти дерев'яних поверхонь задано 0,9; конвектора й радіатора – 0,95; скла й інших поверхонь усередині приміщення – 0,94; зовнішнього середовища – 0,85.

Розрахунковий період часу заданий рівним 120 год, крок дискретизації за часом чисельного алгоритму – 12 хв. Середні значення деяких параметрів мікроклімату, отримані в ході розрахунків, представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Середні значення параметрів мікроклімату

Параметр	Значення для варіанта			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Середня температура повітря, °С	22,00	20,46	17,68	18,79
Середня температура поверхонь, повернених у приміщення, °С	20,68	20,69	13,80	16,02
Середня рухливість повітря, м/с	0,042	0,031	0,044	0,045

Проведемо якісне зіставлення результатів, використовуючи мал. 1-4. У першому варіанті (мал. 2.1) повітря, нагріваючись у поверхні підвіконної опалювальної панелі, піднімається нагору й зустрічається з охолодженим у поверхні вікна потоком повітря, яке опускається вниз. Потік суміші далі рухається вглиб кімнати. В опалювальному приміщенні формуються два основні вихри. Більш дрібний вихор закручений проти годинникової стрілки й формується повітрям, охолодженим на поверхні вікна. Великий вихор (із циркуляцією за годинниковою стрілкою) поширює теплоту від підвіконної опалювальної панелі по всій кімнаті. Положення ізотерм у місці примикання підлоги до зовнішньої стіни свідчить про те, що поверхня підлоги нагрівається випромінюванням поверхні опалювального приладу.

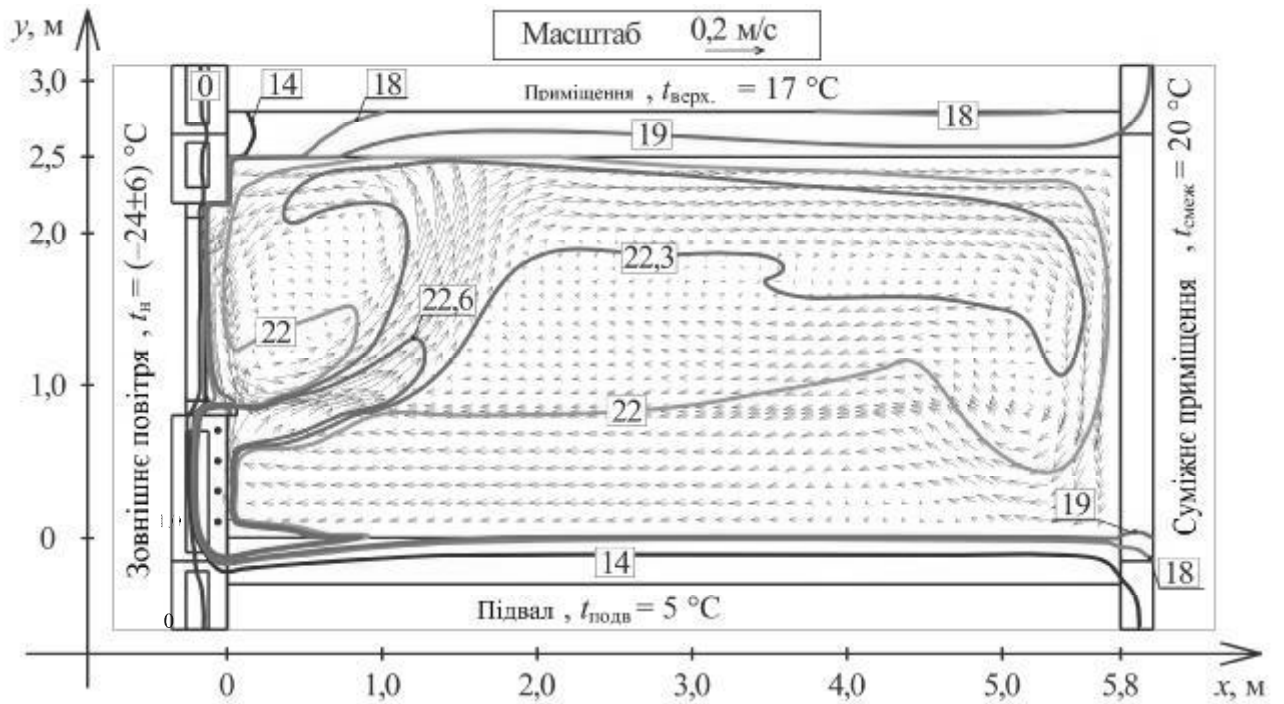


Рисунок 2.1 – Варіант розрахунків № 1 (опалювальний прилад – підвіконна опалювальна панель)

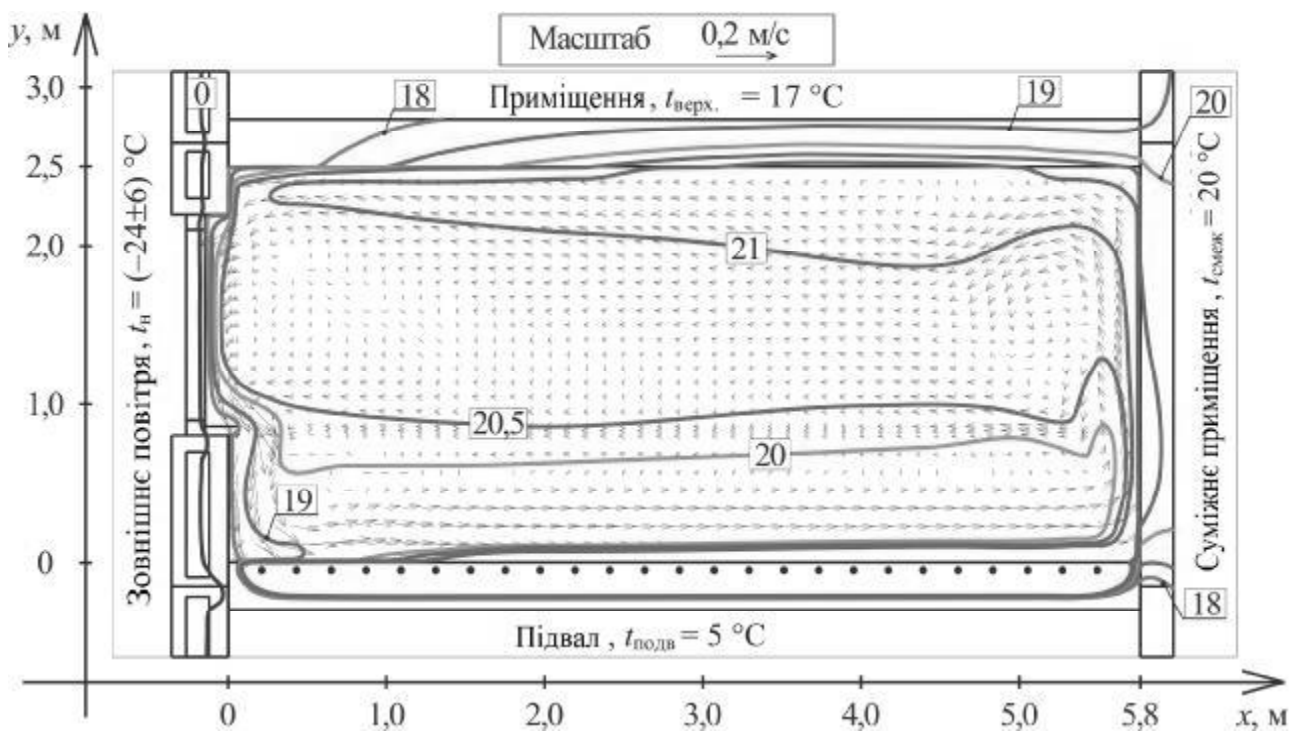


Рисунок 2.2 – Варіант розрахунків № 2 (опалення у підлозі)

Аналогічно цьому варіанту формуються поля швидкостей руху повітря у випадку застосування як опалювальних приладів конвектора й радіатора (мал. 2.3 і 2.4).

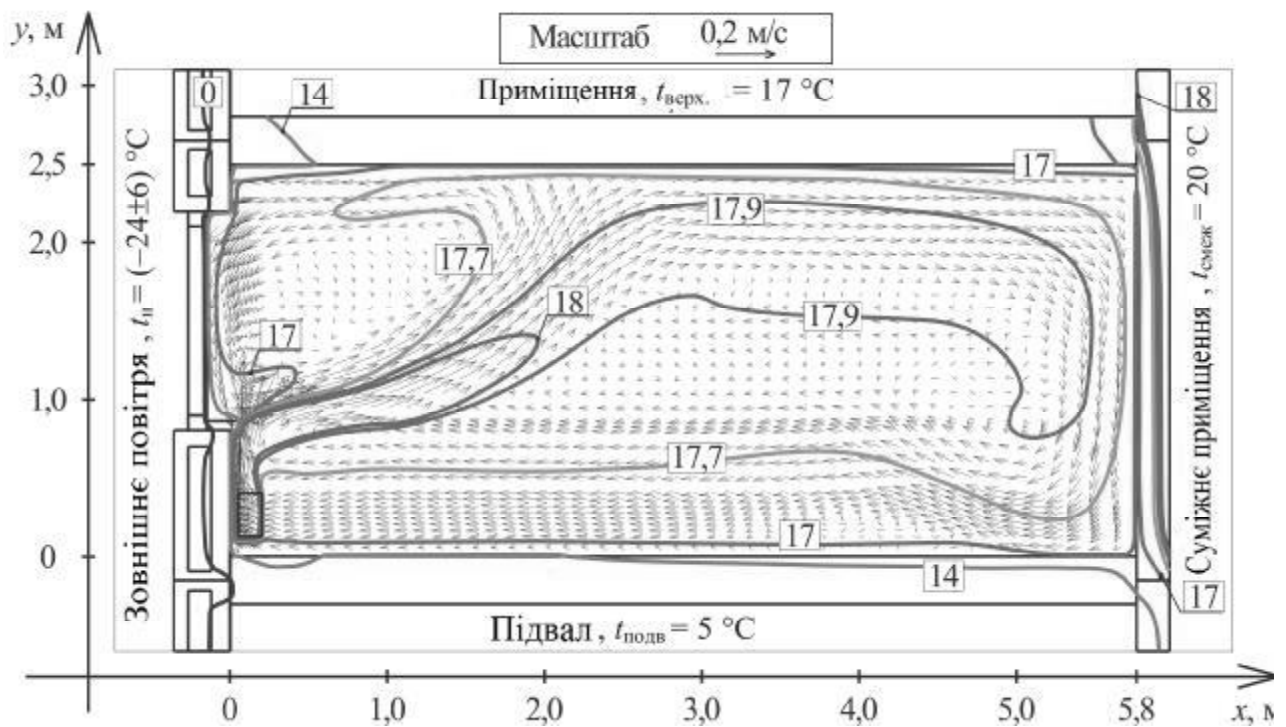


Рисунок 2.3 – Варіант розрахунків № 3 (опалювальний прилад – конвектор)

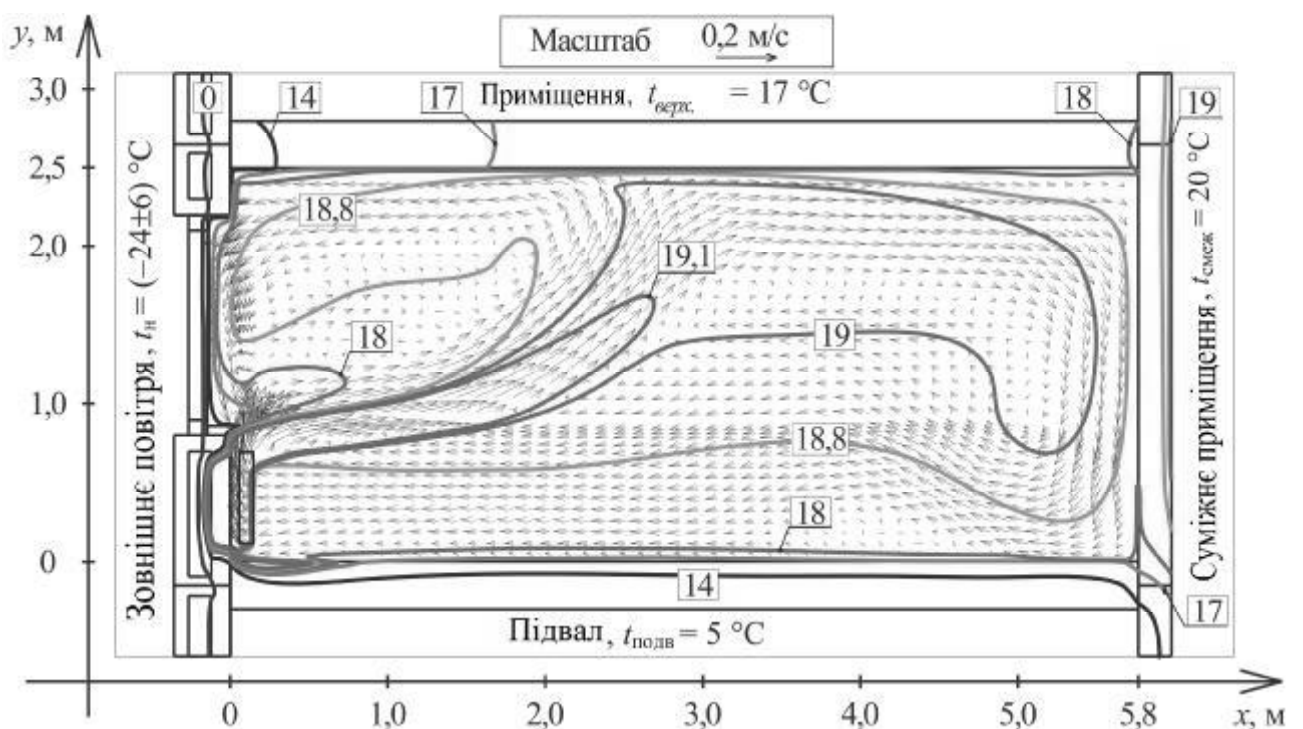


Рисунок 2.4 – Варіант розрахунків № 4 (опалювальний прилад – радіатор)

У другому варіанті розрахунків (мал. 2.2) рух повітря має відмінні риси. У цьому випадку повітря, охолоджуваний вікном і зовнішньою стіною, не зустрічає перешкоди у вигляді нагрітого опалювальним приладом потоку повітряного середовища. Нагрівання його здійснюється далі поверхнею

теплої підлоги, температура поверхні якого до того ж має обмеження. Таким чином, у приміщенні формується тільки один вихор із циркуляцією проти годинникової стрілки. Слід зазначити, що гранично припустиме значення температури поверхні підлоги, обумовлене санітарно-гігієнічними вимогами, становить 26 °С. У даному варіанті на 70 % площі підлоги температура поверхні перевищує припустиме значення, максимум же досягає 29 °С. Довгочасна експлуатація системи опалення з підвищеною температурою поверхні підлоги може привести до патологічних змін у системі кровопостачання ніг у користувачів приміщення.

У всіх варіантах рухливість повітря має низьке значення, характерне для природньої конвекції в приміщеннях такого типу.

### **2.3 Визначення ступеню комфортності параметрів мікроклімату.**

Ступінь комфортності середовища проживання людину в загальному випадку визначається наступними параметрами мікроклімату: температурою й вологістю повітря; температурою внутрішніх поверхонь, звернених у приміщення; швидкістю руху повітря. Для невеликих приміщень житлових і суспільних будинків, що характеризуються відсутністю істотним виділенням вологи, у більшості випадків не передбачається пристрій систем кондиціонування повітря й механічних систем вентиляції. У цьому випадку засобами керування тепловідчуттями людей залишаються тільки два фактори: температура повітря й середня радіаційна температура.

Нагадаємо, що комфортна комбінація показників мікроклімату відповідає таким оптимальним метеорологічним умовам, при яких зберігається теплова рівновага, відсутня напруга в процесі терморегуляції [7]. Залежно від фізіологічного й емоційного стану людини, його одягу, віку, виду виконуваної роботи й індивідуальних особливостей організму кількість теплоти, що губиться в навколишнє середовище, може бути різною. У літературі є різні по виду, але подібні по характеру варіанти теплового балансу.



перегрів. При незначному зниженні фізичної активності буде досягнутий повний тепловий комфорт.

Третій і четвертий варіанти не забезпечують тепловий комфорт ні в стані спокою, ні при середній фізичній активності. Зрозуміло, відчуття холоду буде більш сильним у стані спокою.

Добитися відчуття повного теплового комфорту в розглянутих варіантах можна, застосувавши засоби індивідуального автоматичного регулювання, які могли б по заданому алгоритму змінити теплову потужність опалювального приладу. Однак, як відзначалося раніше, не рекомендується підвищувати температуру поверхні підлоги вище 26 °С. Опалення у підлозі мало придатне для забезпечення теплового комфорту в опалювальних приміщеннях, якщо люди перебувають у стані спокою.

### 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Технології та методи розподілу повітря в системах управління мікрокліматом

Ми вже визначили, для нормального функціонування вентиляції або в більш загальному випадку системи кондиціонування повітря необхідно підтримувати певний повітрообмін у приміщенні тобто подавати певну кількість повітря й одночасно видаляти. Для транспортування повітря від місця забору приточного повітря до приміщення й навпаки із приміщення до місця викиду використовують мережу повітропроводів, така схема вентиляції найпоширеніша й називається каналною (по приточним і витяжним каналах). Діаметри повітропроводів розраховуються таким чином, щоб вони могли пропустити необхідний об'єм повітря й при цьому швидкість потоку в них була не вище гранично припустимої, вище якої шум потоку перевищує встановлений рівень. Повітропроводи найчастіше роблять із оцинкованої сталі, при малих витратах і коротких мережах використовують гнучкі або напівтверді повітропроводи, рідше пластикові або повітропроводи з нержавіючої сталі.

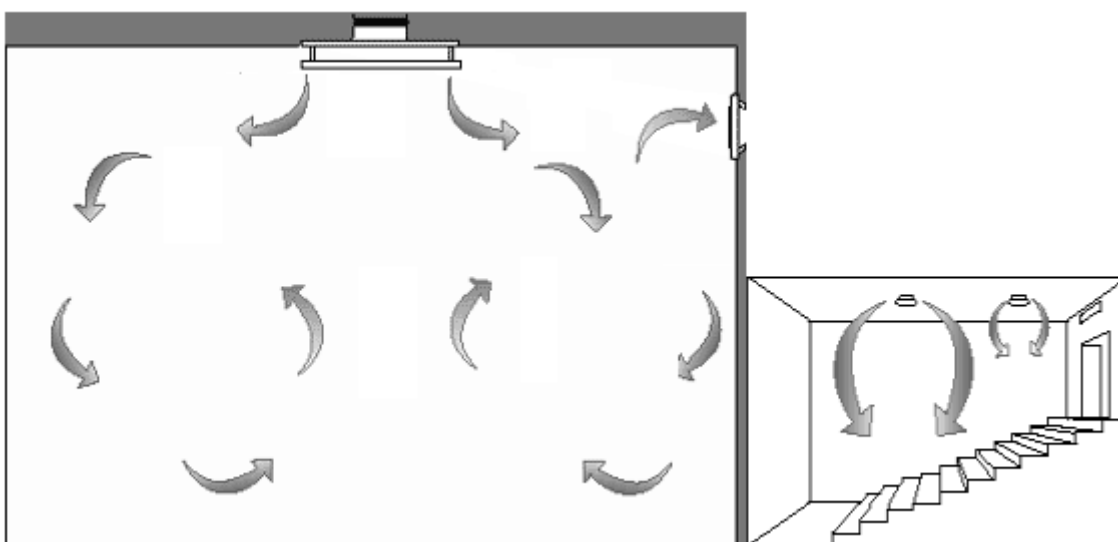


Рисунок 3.1 – Розподіл повітря

У самому приміщенні повітря розподіляється через пристрої розподіляючі повітря, тип повітророзподільних пристроїв визначається



залежно від прийнятого повітрерозподілу. Існує два основних методи - вентиляція витисненням заміщенням і вентиляція перемішуванням.

Вентиляція перемішуванням - спосіб вентиляції, при якому свіжий приточний повітря в приміщення таким чином, що відбувається його перемішування з повітрям у приміщенні.

### 3.2.1 Вентиляція перемішуванням

Повітрерозподільні пристрої (ґрати на стінах або стельові дифузори ) для вентиляції перемішуванням підбираються з високим ступенем ежекції.

Ежекція - здатність підмішувати в приточний струмінь прилягаюче внутрішнє повітря ( робити перемішування)

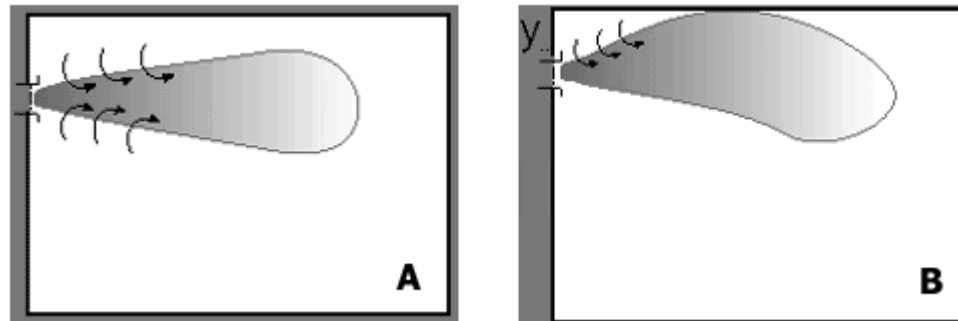


Рисунок 3.2 – Настінні ґрати з високим ступенем ежекції

Ежекція можлива тільки при досить високій швидкості потоку на виході повітрерозподільного пристрою (більше 0,2 м/с), а збільшення швидкості потоку при заданій витраті повітря можна домогтися при зменшенні площі отвору виходу повітря, тому при вентиляції перемішуванням повітрерозподільні пристрої невеликі й відповідно недорогі, саме тому найпоширеніший тип - вентиляція перемішуванням. Обмеження на застосування ежекційних повітрерозподільників, вірніше на бажання всю витрата випустити з одного невеликого пристрою, накладає нормована швидкість повітря в робочій зоні, що повинна бути, як ми вже говорили вище, не більше 0,2 м/с. Для забезпечення заданої витрати підбирається певна кількість повітрерозподілювачів, так щоб швидкість повітря в робочій зоні була не вище номінальною.

Тому що швидкість потоку падає в міру видалення від дифузора. Можна розрахувати швидкість у робочій зоні.

Важливо також відзначити, що при роздачі повітря через стельові дифузори або ґрати встановлені у верхній частині (Рис.3.2 а - ефект, що настає), необхідно підтримувати температуру приточного повітря на градус менше температури приміщення, інакше тепле повітря просто не опуститься в робочу зону, а піде відразу у витяжний дифузор.

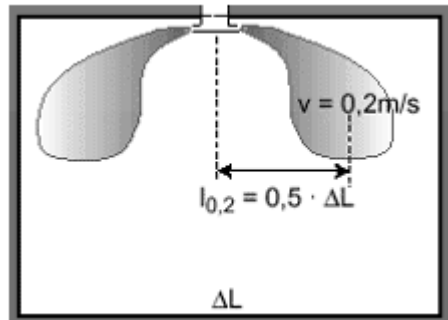


Рисунок 3.3 – Ежекційні стельові дифузори або ґрати

### 3.2.2 Вентиляція витисненням.

Вентиляція витисненням базується на ефекті витиснення забрудненого або відпрацьованого повітря свіжим приточним.

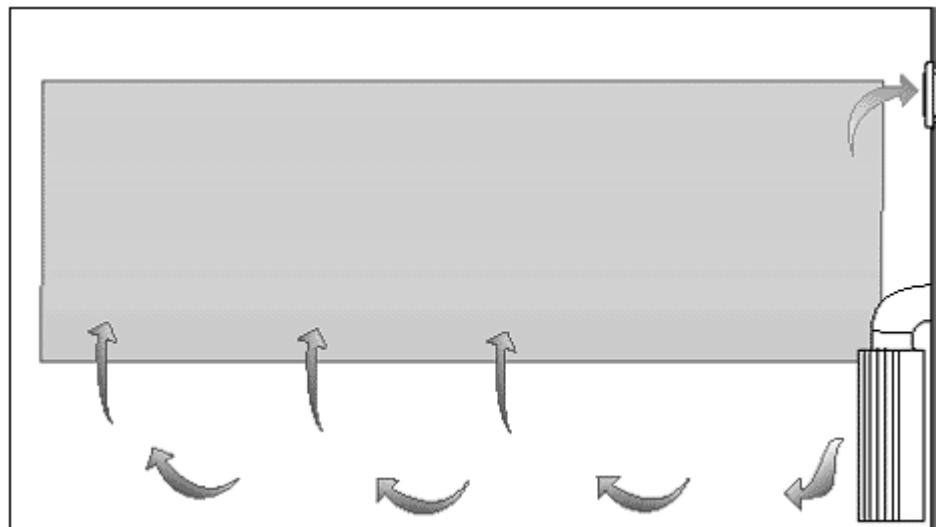


Рисунок 3.4 – Вентиляція витисненням

При цьому способі вентиляції чисте повітря подають у нижню частину приміщення через спеціальні низько швидкісні повітророзподільники й нагріваючись піднімається нагору витісняючи відпрацьоване повітря.

Цей спосіб вентиляції часто застосовується в приміщеннях з виділеннями шкідливих речовин тому що при цьому способі середній час життя повітря в приміщенні мінімально тобто повна заміна відбувається

швидше, ніж при вентиляції перемішуванням, при тій же витраті приточного повітря. Має сенс застосовувати цей метод і при кондиціонуванні високого приміщення (вище 3 метрів). у такому випадку досить буде підтримувати задану температуру тільки в робочій зоні (до 1,8 м), а не в повному обсязі, а цей приведе до відчутної економії енергії. Незручність даного методу пов'язані з тим, що низько швидкісні повітророзподільники (ежекції немає) досить більш і дорогі, займають місце в корисному обсязі, а також треба враховувати, що в реальному приміщенні переміщаються люди, техніка, можуть виникати протяги, а це вже приводить до перемішування повітря, тобто чистого заміщення однаково не досягти.

Залишається додати, що пристрої повітрерозподілу можуть бути приточними й витяжними тому що на різні завдання конструкція специфічна, хоча є й універсальні розподільники (допустимо ґрати вони всі універсальні.)

Існує також схема вентиляції без застосування повітропроводів - безканальна вентиляція.

Як правило це більше стосується до витяжних систем, так витяжну вентиляцію більших промислових приміщень, ангарів організують на базі дахових вентиляторів, які встановлюються на покрівлю й витягають повітря безпосередньо із приміщення під покрівлею.

Вентилятори, як приточні так і витяжні можуть бути встановлені й у стінах або віконних прорізах, єдине, що такі системи явно не ставляться до систем здатних підтримувати кліматичні параметри, вони покликані не дати задихнутися.

### **3.2 Автоматичне керування системою кондиціонування повітря**

Найважливішим елементом системи кондиціонування повітря (вентиляції) є система автоматичного регулювання, від можливостей й якості автоматики прямо залежить якість клімату в приміщеннях і загальній надійності системи в цілому. Автоматична система керування ВКВ

забезпечує підтримку заданих кліматичних параметрів, здійснює захист найважливіших елементів системи, забезпечує режим економії енергії.

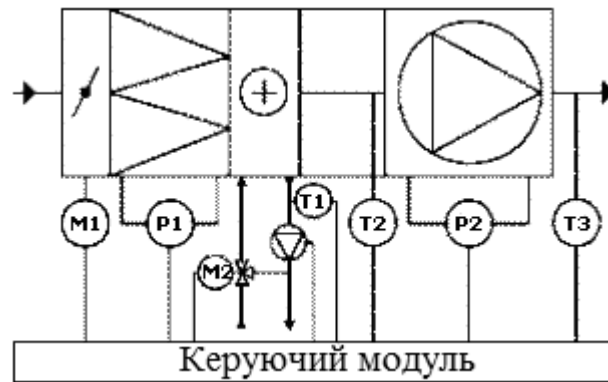


Рисунок 3.5 – Схема автоматики кондиціонування.

T3 - Канальний датчик температури;

T2 - Термостат захисту від замерзання;

T1 - Датчик температури зворотної води;

M2 - Привод регулюючого вентиля;

M1 - Привод повітряної заслінки;

P1, P2 - Диференціальне реле тиску.

### **3.3 Залежність енергозбереження, експлуатаційних витрат від технологій систем вентиляції і кондиціонування.**

Експлуатаційні витрати систем вентиляції й кондиціонування складаються з енергетичних витрат на обробку повітря й витрат на сервісне обслуговування або ремонт устаткування.

Перша складова - неминуча, однак величина її визначається вже на етапі проектування або вибору системи й вона може бути оптимізована.

Друга складова - вибором устаткування ( з погляду відмово стійкості й ремонтпридатності), визначається якістю устаткування і його розміщенням ( з погляду доступу для обслуговування).

Основу експлуатаційних витрат в основному становлять енерговитрати.

Коли визначені вже всі параметри клімату й підібрані витрати зовнішнього повітря, вплив на величину енерговитрат робить схема побудови ВКВ й алгоритм керування.

Для зменшення енерговитрат у сучасних системах вентиляції й кондиціонування повітря застосовують рекуперацію. Зміст рекуперації в тім, що повітря, що видаляє безповоротно, із приміщення, що володіє температурою заданої в приміщенні, обмінюється енергією із вступником зовнішнім повітрям, параметри, який, як правило значно відрізняються від заданих. Тобто витяжне повітря, що видаляється взимку тепле, частково нагріває зовнішнє приточне повітря, а влітку більше холодне витяжне повітря частково прохолоджує приточне повітря. У найкращому разі на рекуперація можна зменшити на енерговитрати на обробку приточного повітря на 80 %! Технічно рекуперація в приточно-витяжної вентиляції здійснюється застосуванням перекрестноточних, тепло утилізаторів ,що обертаються і систем із проміжним теплоносієм.

А) Перекрестноточні або пластинчасті рекуператори складаються із пластин (алюмінієвих), що представляють систему каналів для протікання двох потоків повітря. Стінки каналів є загальними для приточного й витяжного повітря й легко передають тепло. Завдяки великій площі поверхні обміну й турбулентному плину повітря в каналах домагаються високого ступеня теплоутилізації (теплопередачі) при відносно низькому гідравлічному опорі. Ефективність пластинчастих рекуператорів доходить до 70%.

Утилізується тільки явне тепло витяжного повітря тому що приточне і витяжне повітря не змішуються, а конденсат утворюючий при охолодженні витяжного повітря затримується сепаратором і приділятися дренажною системою зі зливального піддона. Для запобігання замерзання конденсату при низьких температурах ( мінус 10-15), автоматика забезпечує періодичну зупинку приточного вентилятора або відвід частини зовнішнього повітря в обвідний канал в обхід каналів рекуператора. Єдине обмеження в застосуванні даного методу складається в обов'язковому перетинанні приточної і витяжної гілки в одному місці.

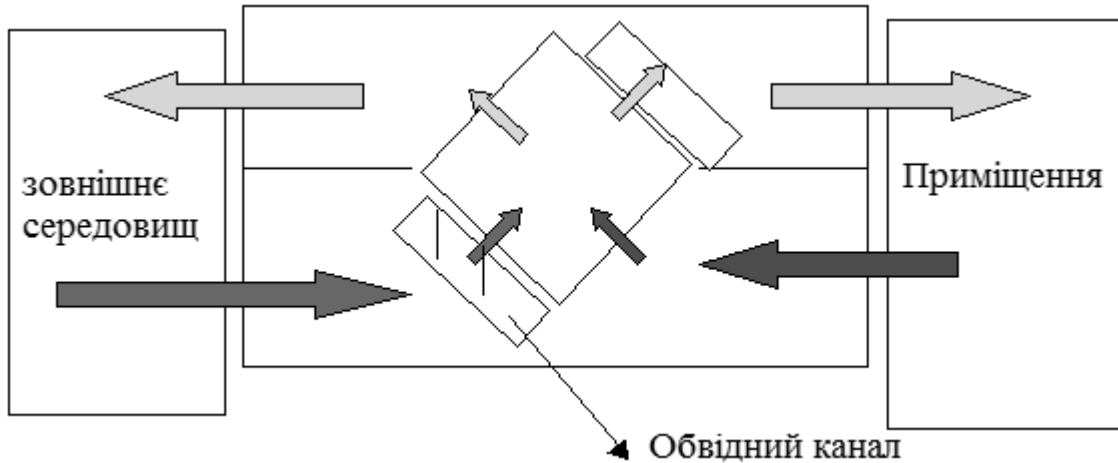


Рисунок 3.6 – Роторний тепло утилізатор

*Роторний тепло утилізатор (обертювий теплообмінник)* - являє собою ротор з каналами для горизонтального проходу повітря. Частина ротора перебуває у витяжному каналі. А частина в приточному, обертаючись ротор одержує тепло витяжного повітря й передає його приточному, причому передається як явне, так і сховане тепло, а також вологість. Ефективність теплоутилізації максимальна й досягає 80 %. Обмеження на застосування даного методу накладає насамперед те, що до 10 % витяжного повітря змішується із приточним, а в ряді випадків це неприпустимо або небажано. Вимоги до конструкції аналогічні попередньому варіанту - витяжна й приточна машина перебуває в одному місці. Цей спосіб дорожче першого й рідше знаходить застосування.

*Системи рекуперації із проміжним теплоносієм* - являють собою пари теплообмінників з'єднаних замкнутим трубопроводом. Один теплообмінник перебуває у витяжному каналі, а інший в приточному. По замкнутому контурі циркулює незамерзаюча гліколева суміш, переносячи тепло від одного теплообмінника до іншого, причому в цьому випадку відстань від приточної установки до витяжної може досить значною.

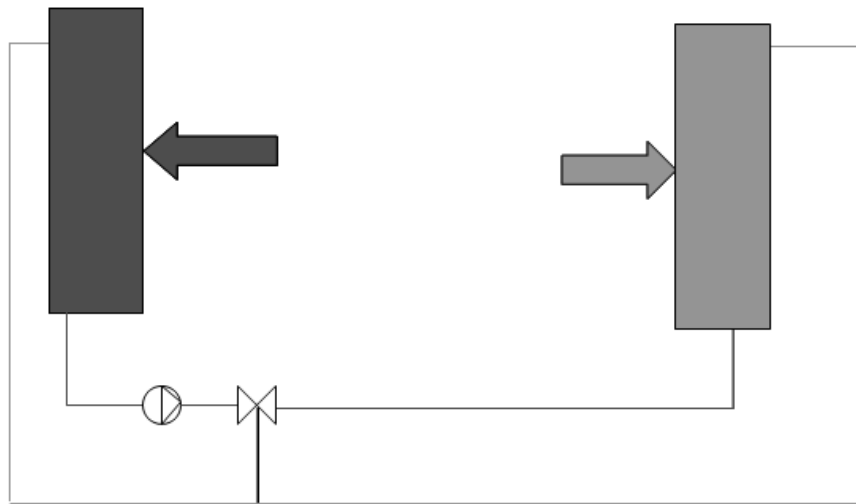


Рисунок 3.7 – Системи рекуперації із проміжним теплоносієм

Ефективність теплоутилізації при такому методі не перевищує 60 %. Вартість порівняно велика, однак у деяких випадках це може бути єдиним варіантом теплоутилізації .

У цілому системи з рекуперацією коштують на 40-60 % дорожче аналогічних систем без рекуперації, однак витрати на експлуатацію при цьому будуть відрізнятися в рази! Навіть при сьогоднішніх, явно занижених, цінах на енергоносії час окупності системи рекуперації не перевищує двох опалювальних сезонів.

На початку відзначалося, що на енергозбереження впливають алгоритми керування. Справа в тому, що всі системи кондиціонування й вентиляції розраховуються на деякі усереднені умови. Наприклад, витрату зовнішнього повітря визначали на одну кількість людей, а реально в приміщенні може перебувати менш 20 % від прийнятого значення, звичайно в такому випадку розрахункова витрата зовнішнього повітря буде явно надлишковою, робота вентиляції в надлишковому режимі приведе до необґрунтованої втрати енергоресурсів. Логічно в такому випадку розглянути кілька режимів експлуатації - Зимовий і літній, перехідний, денний і нічний. Якщо автоматика здатна встановити подібні режими - у наявності економія. Ще одні підхід пов'язаний з регулюванням витрати зовнішнього повітря залежно від якості газового середовища усередині приміщення, тобто система автоматики містить у собі газоаналізатори на

шкідливі гази й підбирає значення витрати зовнішнього повітря таким чином, щоб вміст шкідливих газів не перевищував гранично допустимих значень.

Кінцеве ускладнення системи автоматики приводить до подорожчання системи в цілому, але це подорожчання окупиться чим потужніша система, або чим дорожчий енергоносіє - тим швидше.



## 4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

Для побудови системи автоматичного управління параметрами мікроклімату доцільно використати універсальний регулятор-вимірювач восьмиканальний (в подальшому «ВРМУ-Х8»)

Дана частина призначена для ознайомлення з пристроєм, принципом дії, конструкцією, роботою і технічним обслуговуванням універсального восьмиканального вимірювача-регулятора «ВРМУ-Х8» (надалі по тексту іменованого "прилад").

Прилад «ВРМУ-Х8»-Х, виконаний по ТУ 4211-003-46526536-03.

Прилад «ВРМУ-Х8» проєктований для виготовлення в декількох варіантах модифікацій, що відрізняються друг від друга типом убудованих вихідних пристроїв, що служать для керування виконавчими механізмами. Інформація про варіант модифікації зазначена в кодї останніх символів повної назви приладу ВРМУ-Х -Х і розшифровується в такий спосіб:

«ВРМУ-Х8» -Х

Тип убудованих вихідних пристроїв: \_\_\_\_\_ Т

«Р» - реле електромагнітні;

«К» - оптопари транзисторні п-р-п-типа;

«С» - оптопари симисторні;

«І» - цифроаналоговий перетворювач "параметр-струм 3...20 мА".

Примітка. При необхідності прилад може комплектуватися вихідними пристроями різного типу. У цьому випадку необхідні пристрої повинні бути перераховані замовником ВРМУ-Х 8 із вказанням кількості кожного типу.

Прийняті нижчеподані позначення і скорочення.

«ВП» – «вихідний пристрій»;

ЛП – «логічний пристрій»;

«НСХ» – «номінальна статична характеристика»;

«ТП» – «термопара (перетворювач термоелектричний)»;

«ТО» – «термоперетворювач опору»;

«ТОМ» – «термоперетворювач опору мідний»;

«ТОП» – «термоперетворювач опору платиновий»;

«ЦАП» – «цифроаналоговий перетворювач»;

«ЦІ» – «цифровий індикатор».

#### 4.1 Призначення пристрою

Восьмиканальний мікропроцесорний регулятор-вимірювач «ВРМУ-Х8» призначений для створення ієрархічних систем автоматичного контролю і регулювання для автоматизації виробничих технологічних процесів у різних галузях та областях промисловості, комунального і сільського господарства.

Під час роботи прилад виконує наступні основні функції:

- дозволяє робити конфігурування робочої схеми та установку програмованих параметрів та характеристик при допомозі вбудованої клавіатури управління;
- здійснює заміри фізичних технологічних параметрів контрольованих величин за допомогою вхідних первинних перетворювачів та датчиків та датчиків при врахуванням їх нелінійності «НСХ»;
- робить цифрове фільтрування параметрів вимірювання від промислових та інших виробничих імпульсних перешкод;
- здійснює коригування параметрів вимірювання з метою усунення похибок первинних перетворювачів та датчиків;
- відображає результати вимірів на вбудованому цифровому індикаторі, – світлодіодному чотирьохрозрядному;
- формує сигнал аварії при наявності несправностей первинних перетворювачів та датчиків, відображає коди несправностей, коди причин несправностей на цифровий індикатор, виводить сигнал аварії його на зовнішню сигналізацію;
- керує зовнішніми виконавчими механізмами і пристроями за допомогою сигналів керування у відповідності до заданого закону керування і заданих параметрів регулювання;
- відображає на вбудованому цифровому індикаторі задані параметри регулювання;

- здійснює формування команд ручного управління виконавчими механізмами і пристроями за допомогою клавіатури приладу;
- передає на вищий рівень системи автоматичного управління, в промислову комп'ютерну мережу інформацію зі значеннями контрольованих давачами фізичних величин та встановлених параметрів роботи, приймає від системи вищого рівня дані команд на зміну цих параметрів;
- зберігає задані програмовані параметри в енергонезалежній пам'яті, для їх збереження при відключенні напруги живлення.

#### 4.2 Умови експлуатації:

Умови експлуатації визначаються по кліматичному виконанню «УХЛ2», для вибухобезпечних приміщень:

- закриті, вибухобезпечні приміщення без агресивних чинників середовища, – парів та газів;
- робоча температура навколишнього повітря від + 0 °С до + 60 °С;
- верхнє граничне значення відносної вологості повітря 85 % при 25°С, для більш низьких температур без виникнення конденсації вологи;
- робочий атмосферний тиск від 85 до 116,7кПа.

#### 4.3 Технічні характеристики

Технічні характеристики «ВРМУ-Х8» приведені в таблицях 4.1, 4.2, 4.3.

Таблиця 4.1 – Загальні характеристики

Найменування	Значення
Кількість каналів вимірювання	1...8
Час опитування одного каналу	не більш 0,6 с
Кількість вихідних виконуючих пристроїв	8
Сумарна кількість каналів контролю	1...8
Діапазон напруг живлення	95...250 В постійного або змінного (46. ...65 Гц) струму

Напруга джерела живлення активних давачів	24±3 В постійного струму (150 мА макс.)
Споживана потужність	не більш 12 ВА
Інтерфейс зв'язку з комп'ютером	RS-485
Габаритні розміри приладу	96x96x140 мм
Маса приладу	не більш 1,5 кг
Ступінь захисту корпусу (з боку лицьової панелі)	IP54

Таблиця 4.2 – Вхідні первинні перетворювачі

Найменування і НСХ	Діапазон контролю	Роздільна здатність	Межа основної приведеної похибки
Термоперетворювачі опору за ДСТ Р 6651-94			
ТОМ 50MW <sub>100</sub> = 1,426	-50°C ... +200 °C	0,1 °C	0,25 %
ТОМ 50MW <sub>100</sub> = 1,428	- 190 °C ... +200 °C	0,1 °C	
ТОМ 100MW <sub>100</sub> = 1,426	- -50°C ... +200 °C	0,1 °C	
ТОМ 100MW <sub>100</sub> = 1,428	- - 190 °C ... +200 °C	0,1 °C	
ТОП 50PW <sub>100</sub> = 1,385	- -200°C ... +750 °C	0,1 °C	
ТОП 50W <sub>100</sub> = 1,391	- -200°C ... +750 °C	0,1 °C	
ТОП 100П W <sub>100</sub> = 1,385	- -200°C ... +750 °C	0,1 °C	
ТОП 100П W <sub>100</sub> = 1,391	- -200°C ... +750 °C	0,1 °C	
За ДСТ 665 1-78			
ТОМ гр. 23	-50 °C ... +200 °C		0,1 °C
Термопари за ДСТ Р 8.585-2001			
ТХК (L)	-50°C ... +750 °C	0,1 °C	0,5 %
ТЖК (J)	-50°C ... +900 °C	0,1 °C	
ТНН (N)	-50°C ... +1300 °C	1 °C	

ТХА(К)	-50°C ... +1300 °C	1 °C	0,5 %
ТПП (S)	0°C ... +1750 °C	1 °C	
ТПП (R)	0°C ... +1750 °C	1 °C	
ТВР (А-1)	0°C ... +2500 °C	1 °C	
Сигнали постійної напруги і струму за ДСТ 26.011-80			
0...5 мА	0... 100%	0,1 %	0,25%
0...20мА	0... 100%	0,1 %	
3...20мА	0... 100%	0,1 %	
0...50 мВ	0... 100%	0,1 %	
0...1 В	0... 100%	0,1 %	

## Примітки

1.  $W_{100}$  - відношення опору давача виміряне за температури 100°C до значення опору, виміряного при 0°C.
2. Для роботи використовуються виключно ізольовані термопари з незаземленими робочими спаюваннями.

Таблиця 4.3 – Вихідні пристрої

Найменування (тип)	Припустиме навантаження
Реле електромагнітні	4 А при напрузі не більш 220 В 50 Гц і $\cos\phi > 0,4$
Оптопари транзисторного типу, n-p-n напівпровідник	220 мА з напругою не більш 40 В постійного струму
Оптопари симисторні	60 мА з робочою напругою до 300 В (постійно відкритий симистор) або 0,5 А (симистор ввімкнений з частотою не більш 50 Гц і $I_{\text{имп}} = 5$ мс)
Перетворювачі	"параметр - струм" 3...20 мА 0 ... 800 Ом

## Примітки:

- 1) Тип вихідних пристроїв визначається варіантом модифікації приладу.
- 2) Припустиме навантаження перетворювачів «параметр-струм» визначається з врахуванням п. 4.3.3. 4.6.7.

## 4.3 Пристрій та функціонування приладу

### 4.3.1. Схема функційна

Схема функціональна приладу зображена на мал.3.1.

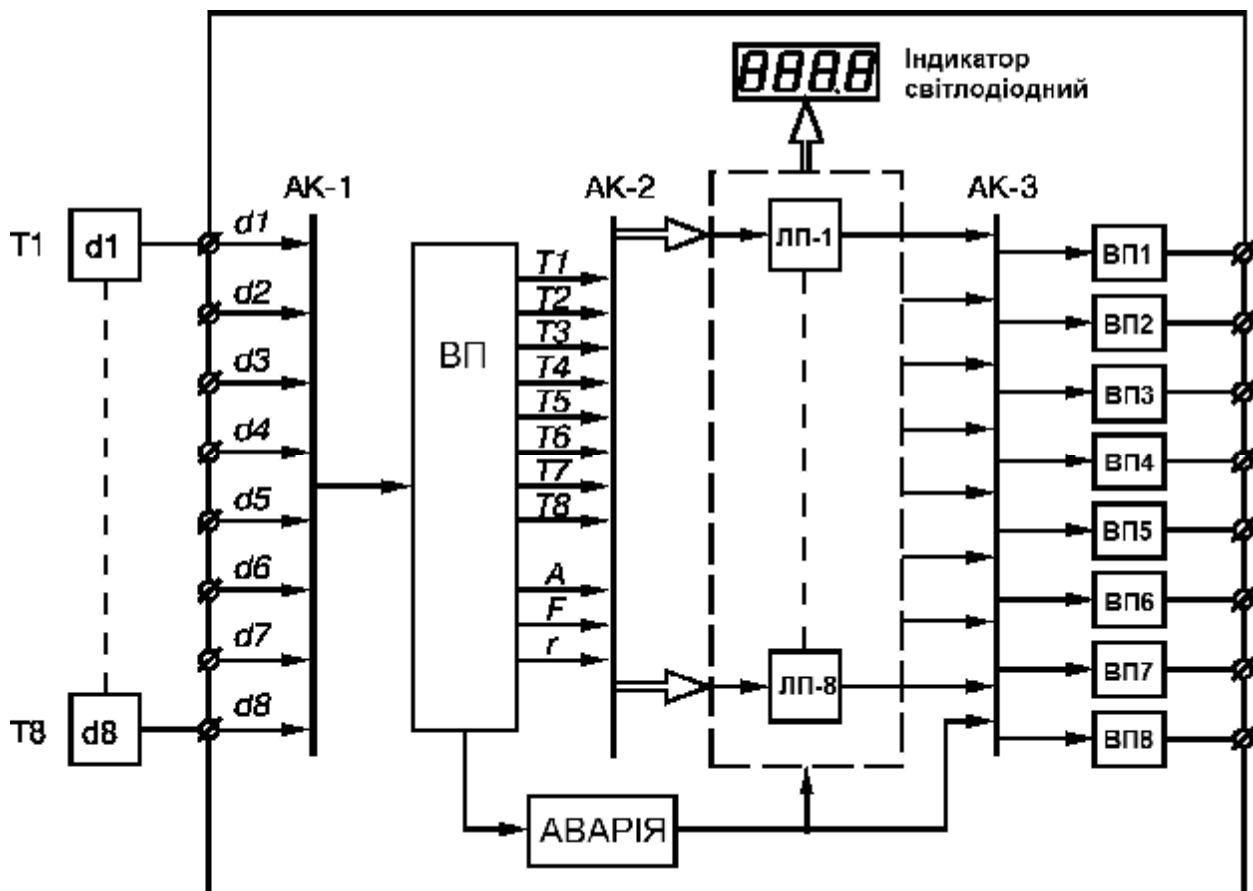


Рисунок 4.1– Схема функційна приладу

У склад функційної схеми входять:

«d1»...»d8» - вхідні, первинні перетворювачі, пристрої вимірювання (давачі), котрі використовують з метою контролювання параметрів об'єктів («d1»...»d8» у склад системи «ВРМУ-Х8» не входять і зображені на схемі для зручного аналізу принципів її функціонування);

«АК-1» - автоматичний пристрій-комутатор, застосовується для комутування сигналів давачів по каналах опитування пристроєм вимірювання;

«ВП» - пристрій вимірювання, використовується для перетворення вимірних значень сигналів первинних перетворювачів та давачів, у еквівалентні цифрові значення параметрів контролю, а також слугує для

розрахунку математичних величин, які використовуються при роботі приладу;

«АК-2» - пристрій-комутатор автоматичний, застосовують для комутування виміряних та контрольованих вхідних параметрів з метою комутації їх з логічними пристроями схеми;

«ЛП 1» ...»ЛП 3» - логічні пристрої (із призначуваними користувачем функціональними характеристиками), призначені для формування сигналів керування вихідними пристроями схеми, а також для виводу підключених до них вимірюваних значень вхідних параметрів на цифровий індикатор;

«АК-3» - автоматичний комутаційний пристрій, призначений для підключення сигналів «ЛП» до вихідних пристроїв схеми;

«ВП 1»...«ВП 8» - вихідні пристрої, призначені для узгодження сигналів керування (сформованих «ЛП 1» ...»ЛП 8») із зовнішнім устаткуванням, котре реалізує функцію регулювання параметрів чи стану об'єкта контролю.

Схемні рішення для реалізації зв'язків «ЛП» з вхідними давачами і «ВП» - є змінною величиною (аргументом), який визначається при установці робочих параметрів приладу підчас експлуатації та налагодження. При цьому до кожного з обраних для роботи «ЛП» може бути підключений кожний з використовуваних давачів (чи обчислена «ВП» математична величина), а також кожне з наявних у приладі вихідних пристроїв.

Зазначена властивість здійснює конфігурування приладу згідно зручної для експлуатації схеми та дозволяє використовувати «ВРМУ-Х8» при виконанні функцій автоматизації різних по призначенню технологічних процесів.

Більш докладно робота основних вузлів схеми розглянута в п.4.3.2.

У приведеній схемі розбивка на частини є умовною, тому що функції вузлів і їх груп виконуються центральним мікропроцесором приладу.

При розгляді роботи складових частин схеми вхідним параметром приладу використовується температура об'єкта, однак усе викладене нижче стосується і до інших технологічних величин (тиск, вологість, витрати і т.п.).



## 4.3.2 Складові частини схеми

### Вхідні первинні перетворювачі

Первинні перетворювачі (давачі) перетворюють фізичні параметри об'єкта в електричні сигнали, що надходять у прилад для їхньої подальшої обробки. Давачі, з якими можуть працювати прилади різних модифікацій, перераховані в табл. 4.3.

Термоперетворювач опор («ТО») використовують, як правило, для контролю температури навколишнього середовища в місці установки давача. Функціонування цих давачів базується на тому, що в деяких металах існує відтворена і стабільна залежність активного опору від температури. Як матеріал, для виготовлення «ТО», у промисловості найчастіше використовується спеціально оброблений мідний (для давачів «ТОМ») чи платиновий (для давачів «ТОП») дріт.

Щоб уникнути впливу опорів сполучних проводів на результати вимірювання температури, підключення давача до приладу варто робити по трьохпровідній схемі: до одного з виводів «ТО» підключаються одночасно два дроти, що з'єднують його з приладом, а до іншого виводу - третій сполучний провід. Для повної компенсації впливу сполучних проводів на результати вимірів необхідно, щоб їхні опори були рівні один одному.

У деяких випадках може виникнути необхідність підключення «ТО» не по трьохпровідній, а по двохпровідній схемі, наприклад, з метою використання уже наявних на об'єкті ліній зв'язку. Така схема з'єднання також може бути реалізована, але за умови обов'язкового виконання робіт, описаних у дод. 3.

Поточний опір «ТО» визначається їх номінальними статичними характеристиками («НСХ»), приведеними в «ДСТ у 6651». Основними параметрами «НСХ» є: номінальний опір давача  $R_0$ , вимірюваний при температурі  $0^\circ\text{C}$ , і температурний коефіцієнт опору  $W_{100}$ , обумовлений як відношення опору давача, обмірюваного при температурі  $100^\circ\text{C}$ , до його опору, котрий вимірюється при  $0^\circ\text{C}$ . У зв'язку з тим, що «НСХ» термоперетворювачів опору є нелінійними функціями (для «ТОМ» в області

негативних температур, а для «ТОП» у всьому діапазоні), у приладі передбачена можливість корекції цієї нелінійності.

Термоелектричні перетворювачі (термопари) також застосовуються для контролю температури. Принцип дії термопар заснований на явищі Зеебека, що складається у виникненні електрорушійної сили (термо ЕРС) на кінцях двох різнорідних по хімічному складу провідників при нагріванні в точці їх з'єднання. Значення термоЕРС залежить від різниці температур точки з'єднання провідників і їх вільних кінців, а також від хімічного складу.

Точка з'єднання різнорідних провідників називається «робочим» спаєм термопари, а їхні кінці - вільними кінцями, чи «холодним» спаєм. «Робочий» спай термопари розташовується в місці контролю температури, а вільні кінці підключуються до входів приладу.

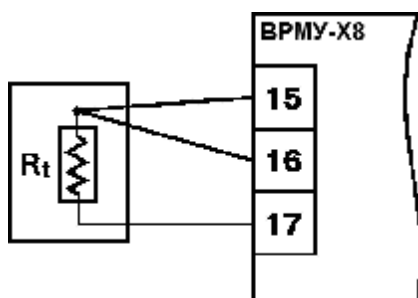


Рисунок 4.2 –Схема підключення «ТО»



Рисунок 4.3 –Схема підключення «ТП»

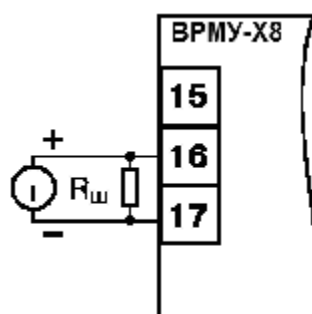


Рисунок 4.4 – Схема підключення давача з токовим виходом

#### Вимірювання вхідних параметрів

Якщо підключення вільних кінців безпосередньо до контактів «ВРМУ-Х8» не представляється можливим (наприклад, через їхню далекість один від одного), то з'єднання термопари з приладом необхідно виконувати за допомогою компенсаційних термоелектродних проводів чи кабелів з робочим спаєм та обов'язковим дотриманням полярності при підключенні.

Необхідність застосування таких проводів обумовлена тим, що ЕРС термопари залежить не тільки від температури робочого спаю, але також і від температури її вільних кінців, що контролює спеціальний датчик, розташований у приладі. Використання термоелектродних кабелів дозволяє збільшити довжину провідників термопари і «перенести» її вільні кінці до клемника «ВРМУ-Х8».

Марка компенсаційних термоелектродних проводів вибирається відповідно до типу використовуваної термопари.

Для роботи з приладом можуть бути використані тільки термопари з ізольованими і незаземленими робочими спаюваннями, оскільки негативні виводи їхніх вільних кінців з'єднуються між собою на вході в «ВРМУ-Х8».

«НСХ» термопар різних типів приведені в «ДСТУ 8.585-2001». Характеристики всіх термопар також є нелінійними функціями, і прилад здійснює корекцію цієї нелінійності.

Активні перетворювачі з вихідним аналоговим сигналом застосовуються відповідно до їхнього призначення для контролю таких фізичних параметрів, як тиск, температура, витрата, рівень, відносна вологість і т.п. Вихідними сигналами таких давачів можуть бути напруги, чи струм що змінюється по лінійному закону.

«Мінусові» виводи сигналів активних давачів у приладі з'єднуються між собою.

Прилад будь-якої модифікації може бути використаний для роботи з різними типами давачів з числа приведених у табл. 2 для цієї модифікації. Після підключення давачам привласнюються порядкові номери тих входів приладу, з якими вони з'єднані (входу 1 відповідає датчик b1, входу 2-датчик b2 і т.д.). Тип кожного давача встановлюється користувачем у виді цифрового коду в параметрі «in-t» («PL-1») при підготовці приладу до роботи.

Тут і далі по тексту при посиланнях на позначення програмованого параметра приладу в дужках приводиться номер рівня, на якому

розташований цей параметр. Повний перелік програмованих параметрів приведений у дод. 3.

### **4.3.3 Вимірювання вхідних параметрів**

Прилад робить вимір вхідних параметрів об'єкта (температура, тиск і т.п.) шляхом послідовного опитування включених у роботу давачів і перетворення отриманих від них сигналів (поданим «НСХ») у поточні цифрові значення. Крім того, у процесі обробки сигналів здійснюється їхня фільтрація від перешкод і корекція показань відповідно до заданого користувачем параметрами.

### **4.3.4 Опитування давачів**

Опитування давачів, тобто почергове підключення їхніх вихідних сигналів до вимірювача здійснюється по замкнутому циклі за допомогою автоматичного комутатора «АК-1» керованого мікропроцесором по заданій користувачем програмі. Ця програма містить у собі список порядкових номерів усіх включених у роботу давачів, а також установлену для кожного з них ступінь пріоритету при опитуванні.

Включення будь-якого давача в список опитування здійснюється автоматично після завдання типу його «НСХ» у параметрі «in-t» («PL-1»). При установці в параметрі «in-t» («PL-1») значення oFF ("виключений") датчик зі списку опитування виключається.

Ступінь пріоритету визначає черговість і частоту опитування кожного давача в сформованому користувачем списку і задається у виді безрозмірних числових значень (від 1 до 8) індивідуально для кожного давача в параметрі Prt («PL-1»). Максимальному числовому значенню відповідає найвищий ступінь пріоритету.

При однакових числових значеннях ступеня пріоритету опитування давачів здійснюється в порядку загальної черги. При різних значеннях - загальна черга автоматично розбивається на кілька груп, у кожній з яких

зосереджені давачі з однаковим ступенем пріоритету. Спочатку опитуються всі давачі першої групи (обладоающие найвищим ступенем пріоритету), а потім один з давачів другої групи (з більш низьким ступенем пріоритету). Далі знову опитуються всі давачі першої групи, а потім -інший наступний один по одному датчик другої групи. Такий порядок опитування зберігається доти, поки не буде опитаний останній датчик із другої групи. По закінченні опитування другої групи знову опитуються давачі першої групи, а потім перший датчик із третьої групи (із ще більш низьким ступенем пріоритету), і весь вищевикладений процес повторюється.

**Приклад.** У списку опитування знаходяться давачі: «d 1»( 1), «d 3»( 2), «d 4»( 2), «d 5» ( 3), «d 6» ( 3) і «d 8» ( 4) із заданими для них відповідними ступенями пріоритету (приведені в дужках). Під час роботи опитування давачів буде вироблятися в наступному порядку:

d1 - d3 - d1 - d4 - d1 - d5 - d1 - d3 - d1 -d4 - d1 - d6 - d1 - d8 і т.д. по циклу.

Алгоритм опитування з заданими ступенями пріоритету дозволяє користувачу по характеристиках контрольованого об'єкта заздалегідь виділити точки з швидкозмінними фізичними параметрами й опитувати їх частіше від інших, забезпечуючи максимальну швидкодію зв'язаних з цими давачами вихідних пристроїв приладу при регулюванні.

Однак, установлюючи високі ступені пріоритету для яких-небудь давачів, варто пам'ятати, що збільшення частоти їхнього опитування приводить до зниження частоти опитування інших давачів.

### **4.3.5 Вимір поточних значень вхідних параметрів**

Сигнали давачів з виходу автоматичного комутатора «АК-1» надходять на вхід вимірювального пристрою «ВП», де відбувається обчислення поточних значень контрольованих фізичних параметрів і перетворення їх у цифрову форму, оптимальну для подальшої обробки.

При роботі з термоперетворювачами опору і термопарами обчислення температури відбувається по стандартним «НСХ», приведеним відповідно в «ДСТУ 6651 – 94» і «ДСТУ 8585 – 2001».

Для коректного обчислення параметрів, контрольованих термопарами, у «ВРМУ-Х8» передбачена автоматична корекція показів приладу по температурі вільних кінців термопар. Ця температура контролюється давачем, розташованим на платі, що знаходиться в задньої стінки приладу.

Автоматичне коригування по температурі вільних кінців термопар (наприклад, для проведення повірки приладу) може бути відключене установкою в параметрі «Сj-С («PL-0») значення oFF.

При роботі з активними перетворювачами, вихідним сигналом яких є чи напруга струм (тип давача "06", "10", "11", "12" чи "13" по табл.4.3), розрахунок діючих значень параметрів контролю виконується згідно маштабуючих коефіцієнтів, які задаються індивідуально для кожного такого давача. Використання маштабуючих коефіцієнтів дозволяє користувачу відображати контрольовані фізичні параметри безпосередньо в одиницях їхнього виміру (атмосферах, кілопаскалях, метрах і т.д.).

Задання маштабуючих коефіцієнтів здійснюється при встановленні параметрів «Ain.L» («PL-1») - нижнє відображуване значення і «Ain» («PL-1») - верхнє відображуване значення. При цьому мінімальному рівню вихідного сигналу давача буде відповідати рівень, заданий у параметрі «Ain.L» («PL-1»), а рівню максимального сигналу відповідне значення, задане параметром «Ain» («PL-1»).

Подальша обробка сигналів давача здійснюється в заданих одиницях виміру по лінійному законі (прямо пропорційному при «Ain» > «Ain.L» чи назад пропорційному при «Ain» < «Ain.L»). Розрахунок поточного значення контрольованого давачем параметра здійснюється формулам:

$$\text{при } A_{inH} > A_{in.L} \quad P_{взм.} = \frac{A_{in.L} + (A_{inH} - A_{in.L}) (I_{вз.} - I_{мин.})}{I_{макс.} - I_{мин.}}$$

$$\text{при } A_{inH} < A_{in.L} \quad P_{взм.} = \frac{A_{in.H} + (A_{in.L} - A_{in.H}) (I_{вз.} - I_{мин.})}{I_{макс.} - I_{мин.}}$$

де «Ain», «Ain.H» - значення параметрів «Ain.L» («PL-1») і «Ain.H» («PL-1»), відповідно;

$I_{вх}$  - поточне значення вхідного сигналу;

$I_{мін} > I_{макс}$  – задані, відповідно, мінімальна і максимальна величина вхідного сигналу давачів за даними табл.4.3.

При використанні давача з вихідним струмом 3...20 мА (тип давача «tu10» у параметрі «in-t» на рівні ««PL-1»»), що контролює тиск у діапазоні 0...2,5 атм., у параметрі «Ain.L» («PL-1») задається значення 00,00, а в параметрі Ain (««PL-1»») - значення 2,50. Після цього обробка і відображення показань буде здійснюватись в атмосферах.

### **4.3.6 Цифрова фільтрація вимірів**

Для ослаблення впливу зовнішніх імпульсних перешкод на експлуатаційні характеристики приладу в програму його роботи введена цифрова фільтрація вимірів. Фільтрація здійснюється незалежно для кожного каналу виміру вхідних параметрів і проводиться послідовно у двох стадіях процесу.

На першій стадії, з поточних вимірів вхідних параметрів відфільтровуються значення, що мають явно виражені по величині "провали" чи "викиди". Для цього в приладі здійснюється неперервний розрахунок різниці між двома результатами останніх вимірів цього ж вхідного параметра, виконаних у сусідніх циклах опитування і порівняння цієї різниці з заданим граничним відхиленням. При цьому якщо обчислена різниця перевищує задану межу, то результат, отриманий в останньому циклі опитування, вважається недостовірним, подальша обробка його припиняється і здійснюється повторний вимір. Якщо недостовірний результат був викликаний впливом перешкоди, то повторний вимір підтвердить цей факт і помилкове значення анулюється. Такий алгоритм обробки результатів вимірів дозволяє захистити прилад від впливу одиничних імпульсних і комутаційних перешкод, що виникають на виробництві при роботі силового устаткування.

Величина граничного відхилення в результатах двох сусідніх вимірів задається користувачем у параметрі "смуга фільтра" in.FG («PL-1») індивідуально для кожного давача в одиницях вимірюваних ними фізичних величин.

Зауважимо, що чим менше значення "смуги фільтра", тим краща перешкодозахищеність вимірювального каналу, але при цьому через можливі повторні виміри гірша реакція приладу на швидку зміну вхідного параметра. Щоб уникнути повторних вимірів при завданні "смуги фільтра" для конкретного давача варто керуватися максимальною швидкістю зміни контрольованого їм параметра при експлуатації, а також установлені для нього періодичністю опитування.

Для деяких умов даний фільтр може бути відключений установкою в параметрі «in.FG» («PL-1») значення 0.

На другому етапі фільтрації здійснюється згладжування (демпфірування) отриманих по п.4.3.3 результатів вимірів у випадку їх можливої залишкової флуктуації.

Ступінь демпфірування задається користувачем параметром "постійна часу фільтра" - in.Fd («PL-1»). Збільшення значення параметра «in.Fd» («PL-1») поліпшує перешкодозахищеність каналу виміру, але одночасно збільшує його інерційність, тобто реакція приладу на швидкі зміни вхідної величини сповільнюється. Швидкість реакції каналу виміру на стрибкоподібну зміну вхідного сигналу з 0,0 до 10,0% від вимірюваного діапазону при різних значеннях «in.Fd» («PL-1») приведена в табл.3.3.(фільтр «in.FG» при цьому відключений).

Таблиця 4.4 – Вимірювальні діапазони



Вимірюване значення (рівень)	Значення постійної часу фільтра														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Кількість вимірів, необхідне для досягнення рівня														
7,0	2	3	5	6	7	8	9	11	12	13	14	16	17	18	19
9,0	4	6	8	11	13	15	18	20	23	25	27	29	31	34	36
9,5	5	8	11	14	18	20	23	26	29	32	35	38	41	44	46

Даний фільтр може бути відключений установкою параметра «in.Fd» («PL-1») у значення 0.

Часові діаграми роботи « $T_{\text{факт}}$ ». цифрових фільтрів представлені на мал. 4.5.

### 4.3.7 Корекція вимірів

Відфільтровані поточні значення контрольованих величин можуть бути відкоректовані приладом відповідно до заданого користувачем коригувальними параметрами. Для кожного каналу контролю передбачені два коригувальних параметри, за допомогою яких можна здійснювати зсув і зміну нахилу номінальної характеристики перетворення.

Зсув характеристики здійснюється підсумовуванням обчисленої в п. 4.3.3 величини з коригувальним значенням 8, що задається для  $T_{\text{вим}}$ . кожного каналу контролю в параметрах «in.SH». Значення 8 задається в одиницях виміру контрольованого параметра. Зсув номінальної характеристики може застосовуватися для усунення впливу початкової погрішності первинного перетворювача (наприклад,  $R_0$  у термоперетворювачів опору).

Приклад зсуву номінальної характеристики перетворення  $T_{\text{вим}}$ . для вхідного перетворювача типу «ТОМ50», « $W_{100} = 1,426$ » представлено на мал. 4.6. Для кожного вимірюваного значення параметра « $\Gamma_{\text{вим}}$ » додається значення 8.

Зміна нахилу характеристики здійснюється множенням відкоректованої по п. 4.3.3 величини на коефіцієнт  $\alpha$ , значення якого задається для кожного каналу контролю в параметрах «in.SL». Даний вид

корекції також може бути використаний для компенсації похибок давачів (наприклад, при відхиленні параметра від стандартного значення).

Значення коефіцієнта  $\alpha$  задається в безрозмірних одиницях (заводська установка 1.000) і перед установкою може бути визначене по формулі:

$$\alpha = \Pi / \Pi_{\text{вим}},$$

де  $\Pi$  - фактичне значення контрольованого вхідного параметра;

$\Pi_{\text{вим}}$  - вимірюване приладом значення параметра.

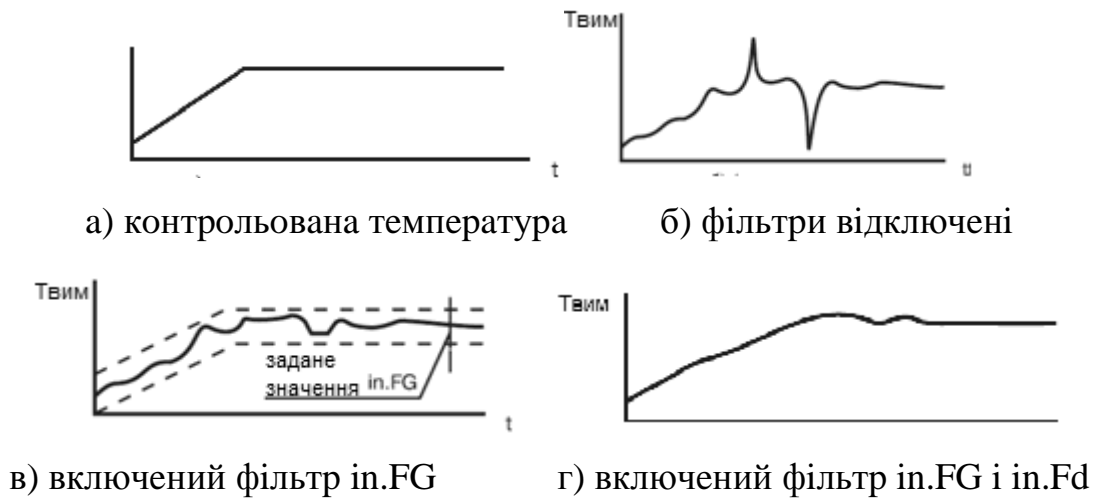


Рисунок 4.5 – Часові діаграми роботи цифрових фільтрів

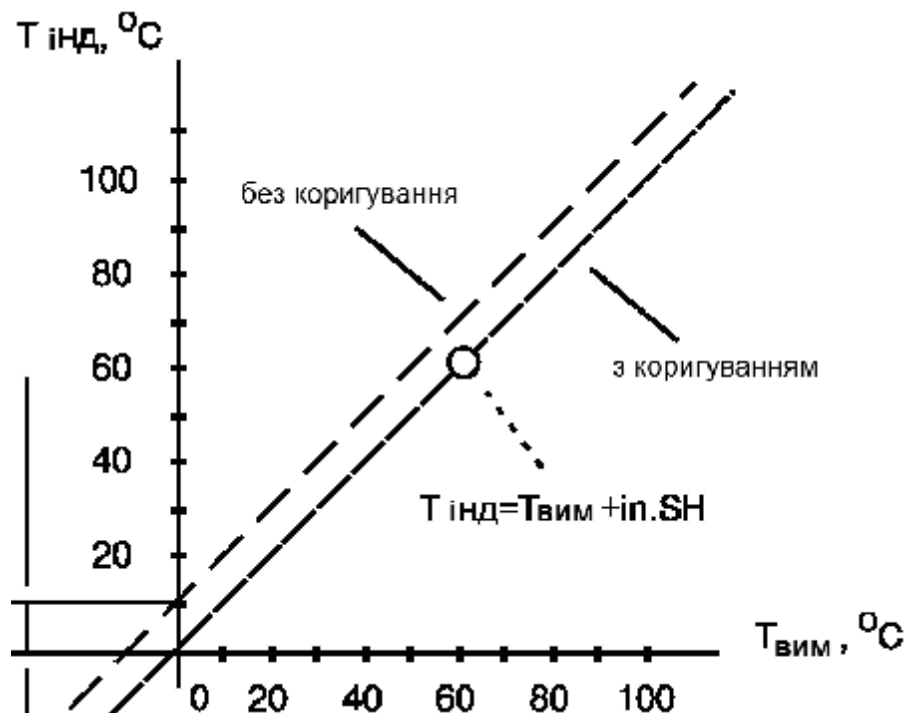


Рисунок 4.6 – Корекція "зсув характеристики"

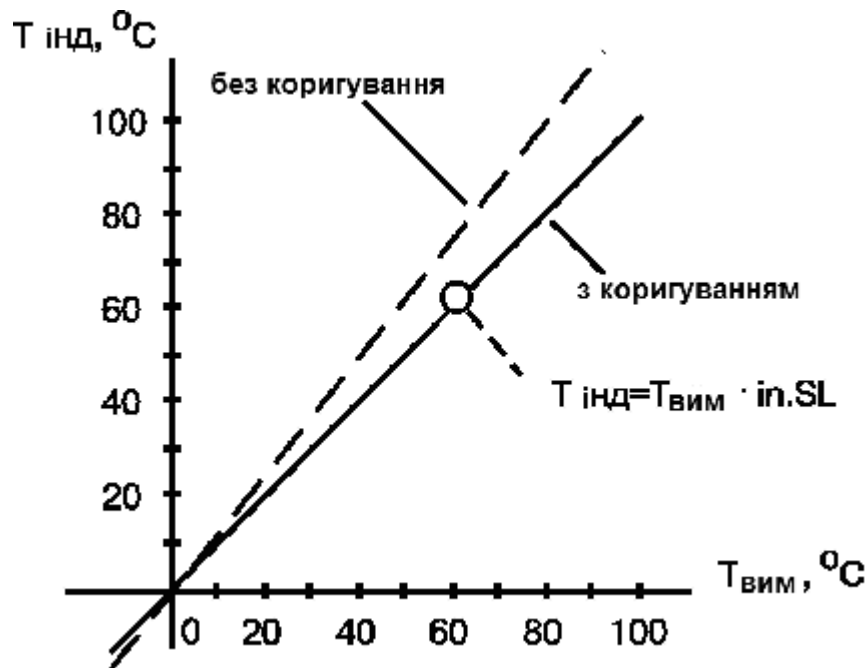


Рисунок 4.7 – Корекція "нахил характеристики"

Приклад зміни нахилу номінальної характеристики перетворення для давача «ТОМ50», « $W_{100} = 1,426$ » графічно представлений на мал. 4.7. Кожне вимірюване приладом значення « $T_{\text{вим}}$ » збільшується на заданий користувачем коефіцієнт «а».

Необхідність зміни заводської установки поправочного коефіцієнта а рекомендується визначати при максимальних (чи близьких до них) значеннях вхідного параметра, де відхилення нахилу вимірювальної характеристики найбільше помітно.

При необхідності зміни для того самого давача обох коефіцієнтів ( $\delta$  і  $\alpha$ ) спочатку варто встановлювати необхідне значення  $\delta$ , а потім уже обчислювати і встановлювати значення  $\alpha$ .

Установка коригувальних коефіцієнтів, що відрізняються від заводських установок ( $\delta = 000.0$  і  $\alpha = 1.000$ ), змінює метрологічні характеристики «ВРМУ-Х8» і повинна вироблятися тільки в технічно обґрунтованих випадках кваліфікованими фахівцями.

Отримані після фільтрації і корекції значення вимірюваних величин виводяться на цифрову індикацію, і надходять для подальшої обробки на пристрої порівняння приладу.

Отримані після фільтрації і корекції результуючі дані про вимірюванню значення вхідних параметрів надходять на автоматичний комутатор «АК-2» з метою підключення їх до заданих логічних пристроїв.

### **4.3.8 Обчислення математичних величин**

Крім виміру вхідних параметрів, контрольованих давачами, у приладі здійснюється обчислення значень деяких математичних величин, по яких користувач може здійснювати керування об'єктом.

До них відносяться:

- «F 1» - середнє арифметичне значення по параметрах 2-х давачів «d 1» і «d 2»;
- «F 2» - середнє арифметичне значення по параметрах 3-х давачів «d 1»...«d 3»;
- «F 3» - середнє арифметичне значення по параметрах 4-х давачів «d 1»...«d 4»;
- «F 4»- середнє арифметичне значення по параметрах 5-ти давачів «d 1»...«d 5»;
- «F 5»- середнє арифметичне значення по параметрах 6-ти давачів «d 1»...«d 6»;
- «F 6» - середнє арифметичне значення по параметрах 7-ми давачів «d 1»...«d 7»;
- «F 7»- середнє арифметичне значення по параметрах 8-ми давачів «d 1»...«d 8»;
- «A 1» - різниця показань між «d 1» і «d 2»;
- «A 2» - різниця показань між «d 3» і «d 4»;
- «A 3» - різниця показань між «d 5» і «d 6»;
- «A 4» - різниця показань між «d 7» і «d 8»;
- «R 1...R 8» - швидкість зміни (у хвилину) параметра контрольованого відповідно давачем «d 1»...«d 8».

При експлуатації, обчислювання величин «R1...R8» рекомендується використовувати для допоміжного проміжкового контролю, тому що реалізований у приладі позиційний закон керування вихідними пристроями в більшості випадків не дозволяє забезпечити якісного їхнього регулювання.

Обчислення зазначених величин здійснюється по результуючим даним відповідних каналів виміру, отриманих після фільтрації і корекції вхідних параметрів.

Для фільтрації величин «R 1...R 8» у приладі передбачені окремі фільтри, що згладжують, (розглянуті у п.4.3.3.), значення яких задаються в параметрі in. rd ( «PL-1» ) незалежно для кожного давача.

Обчислені значення цих величин також надходять на автоматичний комутатор «АК-2» для підключення їхній до заданим користувачем логічним пристроям.

### **4.3.9 Індикація вимірюваних параметрів**

Відображення інформації про вимірюванню значення вхідних чи параметрів обчислених математичних величинах здійснюється на 4-х розрядному цифровому індикаторі «ЦІ-1», розташованому на лицьовій панелі приладу.

Дані на «ЦІ-1» можуть надходять одночасно тільки від єдиного з восьми існуючих у приладі каналів виводу інформації, роль яких виконують логічні пристрої «ЛП 1» ...»ЛП8». Підключення обмірюваної (чи обчисленої) величини до обраного каналу виводу інформації здійснюється при установці параметра "Вхідний сигнал «ЛП» C.in («PL-2») відповідного логічного пристрою. При цьому у випадку установки в цьому параметрі значень "1"... "8" на цифровий індикатор від даного «ЛП» виводиться інформація про величини вимірюваних відповідних давачів «С1...С8»; при встановленні значень "9"... "15" - індикація про розраховані по п. 4.3.3 математичні величини «F1...F7»; при встановленні значень "16"... "19" - індикація про значення А1...А4, а при встановленні величини у позицію "20"... "27" -

індикація величини r1...r8. При установці параметра «C.in» («PL-2») значення "0" дане «ЛП» з подальшої роботи виключається.

Виведена на «ЦІ-1» інформація за бажанням користувача представляється як у цілих числах, так і у вигляді десяткових дробів із заданою кількістю знаків після коми. Позицію коми задають окремо для кожного каналу індикації параметром «d» («PL-2»).

Періодичність відновлення інформації на «ЦІ-1» може бути задана користувачем у діапазоні 1...60 з параметром «ind.r» («PL-0»). При установці його у значення "0" інформація обновляється в міру її надходження від «ВП».

Задана користувачем періодичність відновлення показань «ЦІ-1» не робить впливу на роботу вихідних пристроїв «ВРМУ-Х8», через те що сигнали керування формуються по готовності інформації в «ВП».

Вивід інформації на ЦІ-1 здійснюється одним з двох режимів роботи індикації: статичному або циклічному. Статичний режим вибору каналу індикації виконується оператором кнопками керування, котрі розташовані на лицьовій панелі приладу та контролюється при засвічуванні відповідного світлодіода "КАНАЛ".

У циклічному режимі на «ЦІ-1» інформація виводиться почергово на встановлений час від кожного задіяного в роботі каналу. Інформація виводиться по замкнутому циклі, починаючи з молодшого задіяного каналу і закінчуючи старшим. Незадіяні у роботі канали пропускаються. Час, через який в циклічному режимі переключаються канали індикації, встановлюється користувачем установкою параметра «ind.t» («PL-0»).

Для зручності експлуатації прилад після подачі на нього живлення (чи у випадку перезапуску мікропроцесора) автоматично переключається в заданий користувачем режим індикації. Вибір режиму здійснюється в параметрі «ind.A» (PL-0). При цьому у випадку установки в параметрі «ind.A» («PL-0») значення "on" включається циклічний режим індикації, а при установці значення "oFF" - статичний режим.

### 4.3.10 Вихідні пристрої

Вихідні пристрої («ВП») призначені для узгодження сигналів керування сформованих логічними пристроями приладу з зовнішнім устаткуванням, що здійснює регулювання параметрів чи об'єкта контроль за його станом.

Прилад у залежності від варіанта його модифікації може оснащуватися різними по призначенню і принципу дії «ВП». До складу приладу можуть входити «ВП» ключового типу, до яких відносяться електромагнітні реле, транзисторні чи симисторні оптопари, а також «ВП» аналогового типу, до яких відносяться цифроаналогові перетворювачі "параметр-струм".

Схеми підключення «ВРМУ-Х8» з різними «ВП» приведені в дод. 3.

«ВП» ключового типу використовуються для керування зовнішніми виконавчими пристроями (нагрівачами, вентиляторами і т.п.) або непосредственно, або через більш могутні по комутаційній здатності, що управляючі пускові елементи (силові пускачі, контактори, тиристори, симистори і т.п.). Керування даними пристроями в цьому випадку здійснюється по позиційному законі, тобто "включено - виключено".

У приладах модифікації «ВРМУ-Х8»-Р як вихідні пристрої використовуються електромагнітні реле, нормально-відкриті контакти яких виведені на зовнішні сполучні клеми. Для збільшення терміну служби реле їх контакти (особливо при комутації навантажень індуктивного характеру) рекомендується шунтувати искрогасящими RC-ланцюгами (мал. 13).

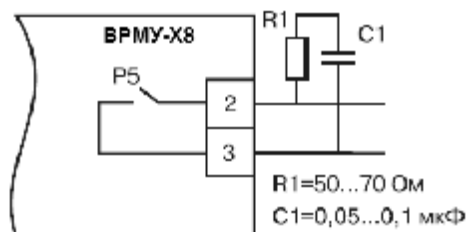


Рисунок 4.14 – Шунтування контактів реле при роботі з індуктивними навантаженнями

У приладах модифікації «ВРМУ-Х8»-К в якості «ВП» використовуються транзисторні оптопари «n-p-n» типу, виходи яких гальванічно розв'язані від схеми приладу і виведені на зовнішні сполучні клеми. Транзисторні оптопари використовуються, як правило, для керування низьковольтними твердотільними чи електромагнітними реле, комутуючими силові ланцюги навантаження.

При використанні оптопари для керування електромагнітним реле обмотка останнього повинна бути зашунтована напівпровідниковим діодом, параметри якого вибираються з розрахунку

$$U_{звор\max} > (3...3) U_n; \quad I_{пр\max} > (1,5...2) I_\phi,$$

де  $U_{звор\max}$  -максимально припустима зворотна напруга на діоді;

$U_n$  - напруга живлення реле;

$I_{пр\max}$  - максимально припустимий прямої струм діода;

$I_\phi$  - струм спрацьовування реле.

Таке шунтування забезпечує захист вихідного транзистор а оптопари від небезпечного впливу ЕРС самоіндукції, що виникає на обмотці реле при її комутації. Приклад використання транзисторної оптопари для керування електромагнітним реле представлений на схемі мал. 4.13.

У приладах модифікації ВРМУ 138-3 у якості «ВП» використовуються малопотужні симисторні оптопари, виходи яких гальванічно розв'язані від схеми приладу і виведені на зовнішні сполучні клеми.

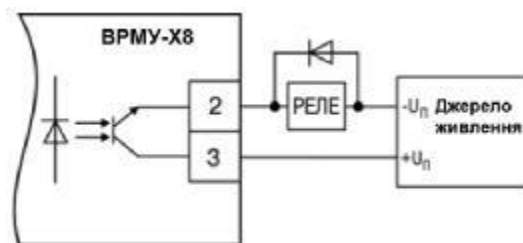


Рисунок 4.15 – Використання транзисторної оптопари для керування електромагнітним реле

Ці оптопари, як правило, використовуються для керування реле могутніми чи тиристорами симисторами здатними комутувати силові ланцюги виконавчих пристроїв.



Керування силовими елементами здійснюється імпульсним способом, причому імпульси керування формуються симисторними оптопарами в момент переходу сіткової напруги через нуль, що в значній мірі знижує рівень перешкод, що виникають при комутаціях потужного навантаження.

Приклади використання симисторної оптопари для керування навантаженням за допомогою зовнішнього силового симистора, а також за допомогою включених паралельно тиристорів представлені відповідно на мал. 4.15 і мал. 4.16.

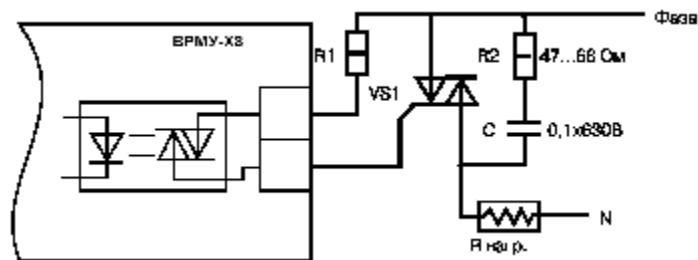


Рисунок 4.15 – Використання симисторної оптопари для керування силовим симистором

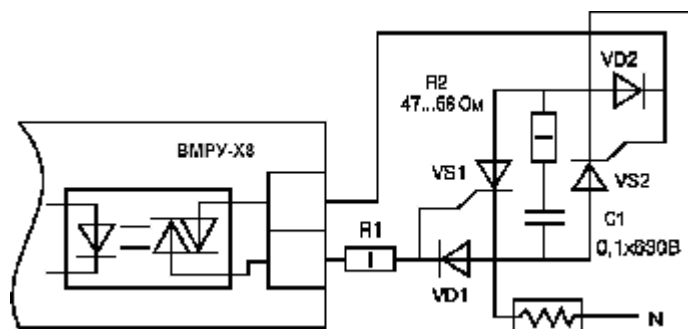


Рисунок 4.16 – Використання симисторної оптопари для керування силовими тиристорами

RC-фільтри на мал. 4.15 і мал. 4.16 призначені для захисту елементів схеми від високовольтних кидків напруги мережі.

Прилади модифікації «ВРМУ-Х8»-И оснащені вихідними пристроями аналогового типу, призначеними для перетворення підключених до них вхідних параметрів у сигнали постійного струму. Перетворення "параметр-струм" здійснюється за допомогою убудованих у «ВП» 10-ти розрядних ЦАП. Отримані після перетворення сигнали можуть використовуватися для реєстрації параметрів, див. п.4.3.5.

Для нормальної роботи «ВРМУ-Х8»-И живлення «ЦАП» повинне здійснюватися від незалежного джерела постійного струму, що забезпечує гальванічну розв'язку електричної схеми приладу і схеми користувача. Напруга джерела живлення розраховується по формулах:

$$\begin{aligned} U_{\text{джер.мін.}} &< U_{\text{джер.ном.}} < U_{\text{джер.макс.}}; \\ U_{\text{джер.мін.}} &= 7,5 + I_{\text{цапмакс.}} R_{\text{нагр.}}; \\ U_{\text{джер.макс.}} &= U_{\text{джер.мін.}} + 2,5, \end{aligned}$$

$U_{\text{джер.ном.}}$  - номінальне значення напруги джерела живлення, В;

$U_{\text{джер.мін.}}$  - мінімальна напруга джерела живлення, В;

де  $U_{\text{мінмакс}}$  - максимальна напруга джерела живлення, В;

$I_{\text{цапмакс}}$  - максимальне значення вихідного струму ЦАП, мА;

$R_{\text{нагр.}}$  - приведений опір навантаження ЦАП, кОм.

У випадку, коли напруга джерела живлення «ЦАП» перевищує розрахункове значення  $U_{\text{ипмакс}}$ , послідовно з навантаженням включають обмежувальний резистор, опір якого розраховується по формулах.

$$\begin{aligned} R_{\text{огр.мін.}} &< R_{\text{огр.ном.}} < R_{\text{огр.макс.}}; \\ R_{\text{огр.мін.}} &= \frac{U_{\text{ип-цапмакс.}}}{I_{\text{цапмакс.}}}; & R_{\text{огр.макс.}} &= \frac{U_{\text{ип-цапмін.}}}{I_{\text{цапмакс.}}} \end{aligned}$$

де  $R_{\text{обмног}}$  - номінальне значення обмежувального резистора, кОм;

$R_{\text{обмін}}$  - мінімальне значення обмежувального резистора, кОм;

$R_{\text{обмакс}}$  - максимальна величина обмежувального резистора, кОм;

$I_{\text{цапмакс}}$  - максимальне значення вихідного струму ЦАП, мА;

$U_{\text{дж}}$  - напруга джерела застосованого для живлення ЦАП, В.;

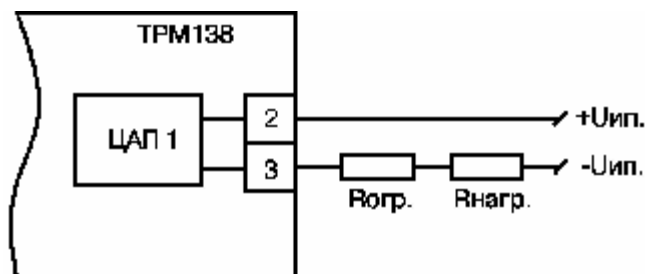


Рисунок 4.17 – Схема з'єднання «ЦАП» з навантаженням

Напруга джерела живлення «ЦАП» не повинне бути більшою 30 В. Приклад з'єднання «ЦАП» із джерелом живлення і навантаженням представлений на схемі мал. 4.17.

У ряді випадків для живлення «ЦАП» може бути використаний убудований у прилад джерело постійного струму 24 В, якщо при цьому він одночасно не задіяний для живлення активних давачів. При використанні убудованого джерела повинні бути враховані вищевикладені вимоги.

#### **4.4 Конструкція приладу**

Габаритні і установчі розміри приладу приведені в дод. 1.

Прилад «ВРМУ-Х8» виготовляється в пластмасовому корпусі, призначеному для утопленого монтажу на вертикальній площині щита керування електроустаткування. Корпус зібраний з двох складових частин, конструктивно незалежних, що з'єднуються за допомогою чотирьох гвинтів. Для забезпечення відводу тепла, що виділяється при роботі приладу, на бічних гранях задньої частини корпуси передбачені вентиляційні щілини.

Кріплення приладу на щиті здійснюється двома фіксаторами, що входять у комплект постачання «ВРМУ-Х8».

У середині корпусу розміщені чотири плати друкованого монтажу, на яких розташовуються елементи схеми приладу. З'єднання плат один з одним здійснюється за допомогою плоских кабелів, що мають з однієї зі сторін рознімні з'єднувачі.

Для з'єднання з первинними перетворювачами, джерелом живлення і зовнішніх пристроїв прилад оснащений чотирма групами клемних з'єднувачів із кріпленням "під гвинт", розташованих на його задній поверхні. Схема розташування з'єднувачів і їхнє призначення приведені в дод. 3.

На передній панелі пристрою розміщено цифрові семи сегментні та одинарні світлодіодні індикатори, призначені для відображення інформації про режими роботи та параметри пристрою «ВРМУ-Х8»; крім пристроїв індикації розміщено засоби керування у вигляді клавіатурного блоку, який складається з шести кнопок, за допомогою яких можна керувати приладом.

4-х розрядний, семисегментний, світлодіодний цифровий індикатор «ЦІ-1», призначений для відображення вимірюваних або розрахованих значень параметрів для визначеного користувачем каналу контролю; у випадку аварії

індикаторний пристрій показує порядковий номер давача, який вийшов з ладу. Можливе призначення двох режимів індукування параметрів і контрольованих величин:

- «статичний режим роботи» - вибір каналів індукування параметрів виконується оператором при допомозі клавіатурного блоку керування, розташованого на передній панелі пристрою, на статичний режим роботи вказує засвічування відповідного світлодіоду "КАНАЛ";
- «циклічний режим роботи» - індукування про стан та значення контрольованих параметрів у окремих каналах контролю виводиться замкнутим циклом, час циклу індикації задає користувач.



4-х розрядний, семисегментний, світлодіодний цифровий індикатор «ЦІ-2» візуалізує встановлені параметри каналу контролю призначеного користувачем для виведення індукування; у випадку аварії індикуються причина несправності первинного перетворювача або давача у символічному вигляді.


2-х розрядний, семисегментний, світлодіодний цифровий індикатор «ЦІ-3» візуалізує дані підключення до даного каналу вхідних пристроїв (для прикладу, давач "«d1»").


Світлодіодна матриця, "КАНАЛ 1...8", складається відповідно з 8-ми світлодіодів, які своїм засвічуванням вказують номер «ЛП», стан та значення параметрів якого в даний момент індикуються пристроєм, при блиманні відповідних світлодіодів у матриці індикуються стан аварії у відповідному за номером каналі, або це свідчить про контрольне спрацювання в ньому аварійно-попереджувальної сигналізації.


Світлодіодний індикатор "К1" вмикається у випадку ввімкнення «ВП» відповідного каналу контролю, призначеного користувачем для виведення на індикацію (для випадку ВП, які працюють у ключовому режимі).

Світлодіодний індикатор "СТОП" вмикається у випадку роботи пристрою у статичному режимі індукування.

Кнопки керуючої клавіатури   виконує функцію вибору каналу індикуювання для статичного режиму роботи, в ручному режимі управління її використовують для керування «ВП».

Кнопка керуючої клавіатури  Виконує функцію переведення приладу в режим «ПРОГРАМУВАННЯ».

Кнопка керуючої клавіатури  здійснює зупинку роботи аварійного «ВП», а також призначається для зсування даних на верхньому індикаторі у випадку його переповнення. Кнопка здійснює обраного оператором каналу «ЛП» у режим «РУЧНЕ КЕРУВАННЯ», відповідно виконує його повернення з режиму «ПРОГРАМУВАННЯ» у режим «РОБОТА».

Кнопка керуючої клавіатури  переключас режими індикуювання приладу зі статичного на циклічний.

## 4.5 Монтаж приладу на об'єкті

Підготувати на щиті керування посадкове місце для установки приладу, див. дод. 1. З огляду на, що на корпусі «ВРМУ-Х8» є вентиляційні щілини, конструкція щита керування повинна забезпечувати захист приладу від влучення в нього вологи, бруду і сторонніх предметів.

При розміщенні приладу варто пам'ятати, що на відкритих контактах його клемника в період експлуатації присутня напруга живлення, небезпечне для людського життя. Прилад варто встановлювати на спеціалізованих щитах, доступ усередину який дозволений тільки кваліфікованим фахівцям.

Змонтувати «ВРМУ» на щиті керування, використовуючи для його кріплення фіксатори, що входять у комплект постачання приладу.

Примітка. Персоналу, що не володіє достатнім досвідом роботи з «ВРМУ», перед його монтажем рекомендується в майстерні КВПіА чи в іншому придатному для цієї мети приміщенні зробити конфігурацію схеми,

викладеними в п.4.6. всіх параметрів роботи приладу у відповідності до вказівок викладених в п. 4.6.

## **4.6 Монтаж зовнішніх зв'язків**

### **4.6.1 Загальні вимоги**

Живлення приладу рекомендується робити від джерела, не зв'язаного безпосередньо з живленням потужного силового устаткування. В зовнішньому ланцюзі варто установити вимикач живлення, що забезпечує відключення приладу від мережі і плавкі запобіжники на струм 1,0 А. Живлення яких-небудь пристроїв від мережних контактів приладу забороняється.

Клемні з'єднувачі приладу, призначені для підключення мережі живлення і зовнішнього силового устаткування, розраховані на максимальну напругу 250 В. Щоб уникнути електричного чи пробною перекриття ізоляції підключення до контактів приладу, конструктивно об'єднаним в одну групу (1...14 і 45...54) джерел з напругою вище зазначеного забороняється. Наприклад, при роботі в складі трифазної мережі 380/220 В неприпустиме підключення до відповідних контактів із групи 1...14 різних фаз напруги живлення.

З'єднання приладу з вхідними термоперетворювачами опору робити за допомогою трьохпровідній лінії, жили якої по відношенню друг до друга мають однаковий опір. Загальні довжини ліній передачі даних мають бути не більшими ніж 100 м., а опір окремих жил ліній - не більшим ніж 15,0 Ом.

Допускається з'єднання термоперетворювачів опору з приладом і по двохпровідній лінії, але за умови обов'язкового виконання робіт, перелік яких приведений у дод. 3.

З'єднання приладу з термоелектричними перетворювачами робити безпосередньо (при достатній довжині провідників термопар) чи за допомогою подовжувальних компенсаційних проводів, марка яких повинна відповідати типу використовуваних термопар. Компенсаційні дроти варто

підключати з дотриманням полярності безпосередньо до вхідних контактів приладу. Тільки в цьому випадку буде забезпечена компенсація впливу температури вільних кінців термопар. Довжина лінії зв'язку повинна бути не більш 20 метрів.

З'єднання приладу з активними давачами, вихідним сигналом яких є напруга чи струм, виконують за допомогою двохпровідної лінії. Загальні довжини ліній передачі даних мають бути не більшими ніж 100 м., а опір окремих жил ліній - не більшим ніж 50,0 Ом.

Лінія зв'язку інтерфейсу RS-485 виконується екранованою скрученою парою дротів. Довжини ліній зв'язку мають бути не більшими ніж 800 метрів.

Вбудоване у «ВРМУ-Х8» джерело 24 В варто використовувати для живлення активних давачів з аналоговим чи виходом при їхній відсутності для живлення токових петель «ЦАП» з вихідним струмом 3...20 мА (з урахуванням вимог п. 3.3.6.7) у відповідних варіантах модифікації приладу. Використання джерела одночасно для живлення й активних давачів і «ЦАП» неприпустимо.

#### **4.6.2 Вказівки по монтажу**

Підготувати кабелі для з'єднання приладу з давачами, виконавчими механізмами і зовнішніми пристроями, а також із джерелом живлення.

Для забезпечення надійності електричних з'єднань рекомендується використовувати кабелі з мідними багатожильними дротами, кінці яких перед підключенням варто ретельно зачистити і облудити. Зачищення жил кабелів необхідно виконувати з таким розрахунком, щоб їхні оголені кінці після підключення до приладу не виступали за межі клемника.

Переріз жил кабелів не повинний перевищувати 0,75 кв.мм.

При прокладці кабелів варто виділити в самотійну трасу (чи декілька трас) лінії зв'язку, що з'єднують прилад з давачами, розташовуючи їх окремо від силових кабелів, а також кабелів створюючих високочастотні й імпульсні перешкоди.

Для захисту вхідних пристроїв «ВРМУ-Х8» від впливу промислових електромагнітних перешкод лінії зв'язку приладу з давачами варто екранувати. Як екрани можуть бути використані як спеціальні кабелі з екрануючими оплетками, так і заземлені сталеві труби придатного діаметра.

При використанні екранованих кабелів максимальний захисний ефект досягається при з'єднанні їхніх екранів із загальною точкою схеми приладу (контакти 27, 28, 29, 42, 43, 44). Однак у цьому випадку необхідно переконатися, що екрануючі оплетки кабелів протягом усієї траси надійно ізольовані від металевих заземлених конструкцій. Якщо зазначена умова, за якимись причинами не виконується, то екрани кабелів варто підключити до заземленого контакту в щиті керування.

З'єднання загальної точки схеми приладу з заземленими частинами об'єкта забороняється.

### **4.6.3 Підключення приладу**

Підключення приладу варто виконувати по відповідним схемах, приведеним у дод. 2, дотримуючи при цьому нижчевикладену послідовність проведення операцій.

1. Зробити підключення приладу до виконавчих механізмів і зовнішніх пристроїв, а також до джерела живлення.
2. Підключити лінії зв'язку "прилад - давачі" до первинних перетворювачів.
3. Підключити лінії зв'язку "прилад - давачі" до входів «ВРМУ-Х8».
4. На невикористовувані при роботі приладу вимірювальні входи установити перемички.

Підключення активних перетворювачів з вихідним сигналом у виді постійної напруги (0...50 мВ чи 0...1 У) може здійснюватися безпосередньо до вхідних контактів приладу, а давачів з виходом у виді струму (0...5 ма, 0...20мА чи 3...20мА) -тільки після установки шунтуючого резистора опором 100 Ом (допуск не більш 0,1 %).



Для захисту вхідних ланцюгів «ВРМУ-Х8» від можливого пробою зарядами статичної електрики накопиченого на лініях зв'язку "прибори-давачі" перед підключенням до клемника приладу їхньої жили впливає на 1...2 із з'єднати з гвинтом заземлення щита.

Після виконання зазначених робіт прилад готовий до використання по призначенню.

#### **4.7 Загальне компонування системи автоматизованого управління параметрами**

Для контролю та управління параметрами мікроклімату визначеними відповідними вимогами до даних інженерних систем спроектовано загальну систему управління на базі розробленого приладу «ВРМУ-Х8».

Кожне контрольоване приміщення, з метою організації у ньому автоматизованого управління параметрами мікроклімату обладнується пристроєм «ВРМУ-Х8», який здійснює контроль та вимірювання необхідних показників. Дані параметри регламентовані державними будівельними нормами України, – «ДБН В.2.5-67:2013» «Опалення, вентиляція та кондиціонування», та санітарними нормами і правилами, – «ДСН 3.3.6.042-99» «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

У відповідності до цих нормативних документів мікроклімат приміщень визначається такими параметрами: «температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового (інфрачервоного) опромінення, температура поверхні».

Для забезпечення функціонування автоматизованої системи управління параметрами мікроклімату, кожен пункт керування в окремих приміщеннях, обладнаний відповідним пристроєм «ВРМУ-Х8» необхідно забезпечити відповідним переліком давачів та первинних перетворювачів, котрі б реалізували функції заміри вище вказаних параметрів, – температури у обсязі приміщення, відносної вологості, швидкості потоків повітря, параметри теператури та теплового випромінювання поверхонь приміщення. Перелік

можливих давачів приведений та варіанти їх під'єднання до приладу «ВМРУ-Х8» приведені у додатку 2 та графічній частині кваліфікаційної дипломної роботи.

Окремі локальні пункти автоматизованого управління і контролю параметрів мікроклімату в ізольованих, одне від одного, приміщеннях об'єднанні в загальну систему з використанням промислової цифрової мережі стандарту «RS-485» та відповідних протоколів цифрової передачі даних. Загальна довжина сегменту мережі «RS-485» задовольняє умовам її організації в межах будівлі.

Розроблено схемні рішення центрального пункту автоматизованої управління параметрами мікроклімату будівлі, який виконано на базі мікроконтролера сімейства 8051, схема функціональна та схема електрична принципова представлені в графічній частині кваліфікаційної роботи.

Блок центрального пункту автоматизованого управління забезпечує синхронізацію та координацію всіх локальних пунктів, виконаних на базі «ВМРУ-Х8», відповідно здійснює збір даних з віддалених локальних пунктів, їх обробку, індикацію та передачу на ПЕОМ.

## 5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 5.1 Розробка алгоритмів роботи системи

В даному розділі розроблено алгоритми та програмне забезпечення мікропроцесорного комплекта призначеного для управління двигунами вентиляційної системи та управління двигунами заслонок у вентканалах, котрі регулюють витратні характеристики системи управління параметрами мікроклімату.

Версія програми дозволяє здійснювати розгін і гальмування двигуна з постійним прискоренням, а також обертання на постійній швидкості в повнокроковому чи напівкроковому режимі. Ця програма містить весь необхідний набір функцій і може бути використана як базова для написання спеціалізованих програм. Тому має сенс розглянути її структуру більш докладно.

Головною задачею програми є формування імпульсних послідовностей для 4-х обмоток двигуна. Оскільки для цих послідовностей тимчасові співвідношення є критичними, формування виконується в обчислювачі переривання таймера 0. Можна сказати, основну роботу програма робить саме в цьому обчислювачі. Блок-схема обчислювача приведена на мал.5.1.

Крокові вигуни використані в системі керування виконуючими пристроями вентиляційних установок.

Безсумнівно, було б зручніше використовувати таймер 1, тому що він 16-розрядний і здатний викликати періодичні переривання по збігу з автоматичним обнуленням. Однак він зайнятий формуванням за допомогою ШІМ опорної напруги для компараторів. Тому приходится перезавантажувати таймер 0 у перериванні, що вимагає деякого коректування величини, що завантажується, і викликає деякий джиттер, що, однак, на практиці не заважає. У якості основної тимчасової бази обраний інтервал 25мкс, що і формується таймером. З такою дискретністю можуть формуватися тимчасові послідовності фаз, такий же період має і ШІМ стабілізації струму у фазах двигуна.

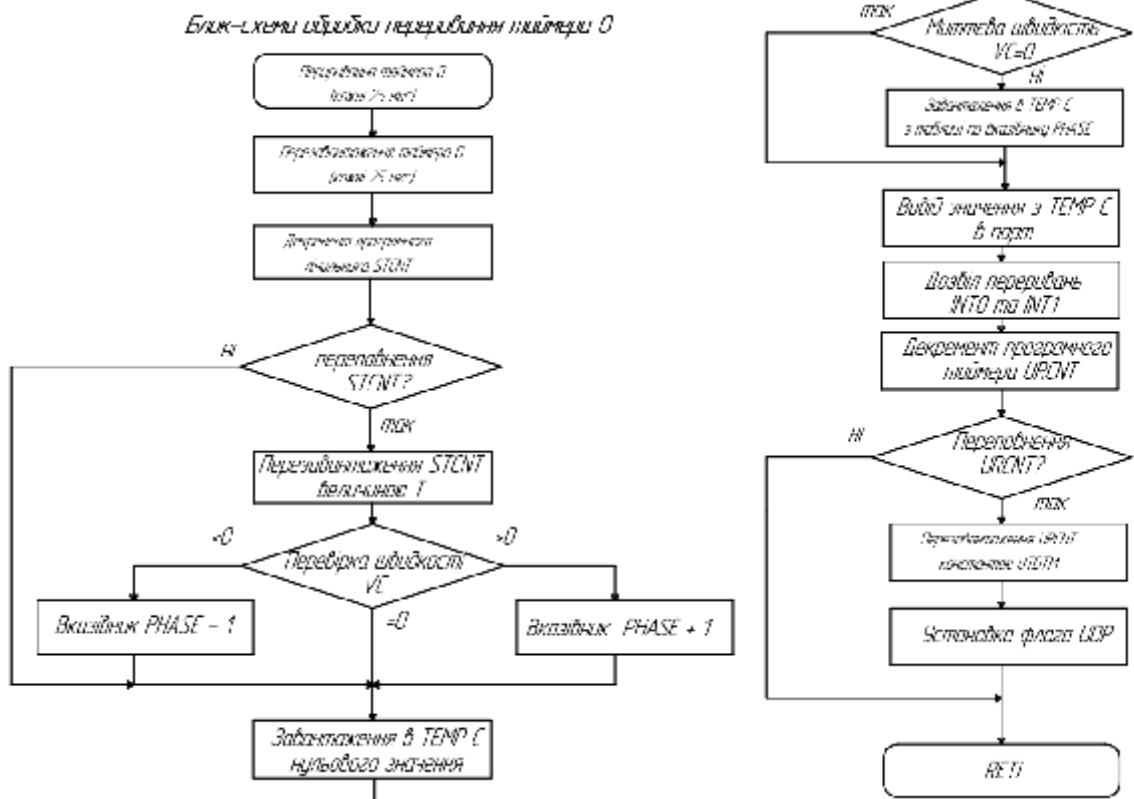


Рисунок. 5.1–Блок-схема обчислювача переривання таймера 0.

Для формування періоду повторення кроків використовується програмний 16-розрядний таймер STCNT. На відміну від таймера 0, його завантажувальна величина не є константою, тому що саме вона визначає швидкість обертання двигуна. Таким чином, переключення фаз відбувається тільки при переповненні програмного таймера.

Послідовність чергування фаз задана таблично. У пам'яті програм мікроконтролера мають три різних таблиці: для повношагового режиму без перекриття фаз, повношагового з перекриттям і для напівкрокового режиму. Усі таблиці мають однакову довжину 8 байт. Потрібна таблиця на початку роботи завантажується в ОЗУ, що дозволяє найбільше просто переходити між різними режимами роботи двигуна. Вибірка значень з таблиці відбувається за допомогою покажчика PHASE, тому переключення напрямку обертання двигуна теж здійснюється дуже просто: для обертання вперед потрібно інкрементувати покажчик, а для обертання назад – декрементувати.

Сама «головна» змінна в програмі – це 24-бітна знакова змінна VC, що містить значення поточної швидкості. Знак цієї змінної визначає напрямок обертання, а значення – частоту проходження кроків. Нульове значення цієї змінної говорить про те, що двигун зупинений. Програма в цьому випадку виключає струм усіх фаз, хоча в багатьох додатках у цій ситуації потрібно залишити включеними поточні фази і лише декілька зменшити їхній струм, забезпечивши цим утримання положення двигуна. При необхідності така зміна логіки роботи програми зробити дуже просто.

Таким чином, у випадку переповнення програмного таймера STCNT відбувається аналіз значення змінної VC, у випадку позитивного значення показчик PHASE інкрементується, а у випадку негативного – декрементується. Потім з таблиці вибирається чергова комбінація фаз, що виводиться в порт. У випадку нульового значення VC показчик PHASE не змінюється, і в порт виводяться всі нульові значення.

Величина T, яку варто завантажувати таймер STCNT, однозначно зв'язаний зі значенням змінної VC. Однак перевід частоти в період займає досить багато часу, тому ці обчислення здійснюються в основній програмі, і не на кожному вкладенім циклі, а набагато рідше. Взагалі, ці обчислення потрібно робити тільки під час чи розгону гальмування. В інших випадках швидкість, і, відповідно, період повторення кроків, не міняються.

## **5.2 Реалізація алгоритму ШІМ**

Для здійснення ШІМ-стабілізації струму, фази повинні періодично включатися, а потім, при досягненні струмом заданого рівня, виключатися. Періодичне включення здійснюється перериванням таймера 0, для чого навіть у випадку відсутності переповнення програмного таймера STCNT у порт виводиться поточна комбінація фаз. Відбувається це з періодом 25мкс (що відповідає частоті ШІМ 40кГц). Вимиканням фаз керують компаратори, виходи яких підключені до входів переривання INT0 і INT1. Переривання дозволяються після того, як струм фаз включається, і забороняються відразу після переключення компараторів. Це виключає їхню повторну обробку. В

обчислювачах переривань відбувається тільки відключення відповідних фаз (мал. 5.2).

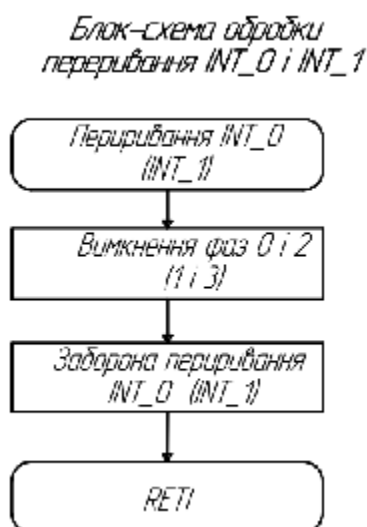


Рисунок 5.2 – Блок-схема обчислювача переривань INT0 і INT1.

Процеси, що відбуваються при ШІМ-стабілізації струму, показані на мал. 5.3. Особливо слід зазначити, що струм у датчику струму має переривчастий характер навіть у тому випадку, якщо струм обмотки не переривається. Це зв'язано тим, що під час спаду струму его шлях не проходить через датчик струму (а проходить через діод).

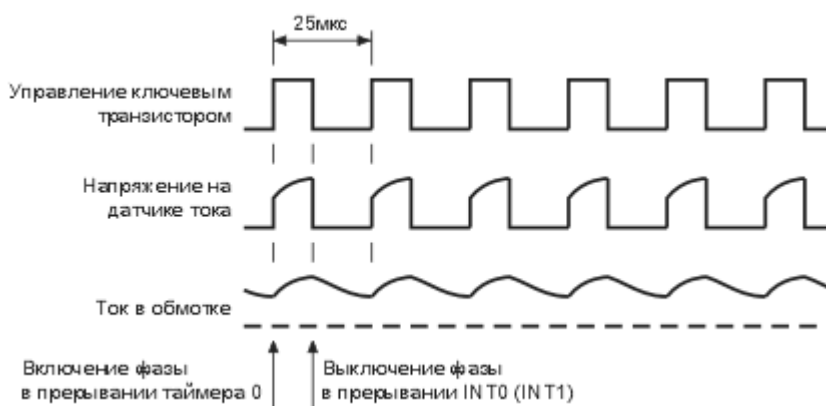


Рисунок 5.3 – Процес ШІМ-стабілізації струму.

Потрібно сказати, що аналогова частина системи ШІМ-стабілізації струму фаз двигуна є досить «примхливою». Справа в тім, що сигнал, що знімається з датчика струму, містить велика кількість перешкод. Перешкоди виникають в основному в моменти комутації обмоток двигуна, причому як «свої», так і «чужої» фази. Для правильної роботи схеми потрібно коректне розведення друкованої плати, особливо це стосується земляних провідників.

Можливо, прийдеться підібрати номінали ФНЧ на вході чи компаратора навіть ввести в компаратор невеликий гистерезис. Як уже відзначалося вище, при керуванні малопотужними двигунами від ШІМ-стабілізації струму можна зовсім відмовитися, застосувавши звичайну L/R-схему живлення обмоток. Для виключення ШІМ-стабілізації досить просто не підключати входи INT0 і INT1 мікроконтролера, природно, при цьому можна взагалі не встановлювати компаратор і давачі струму.

У даній програмі періодичність обчислення нових значень швидкості і періоду обрана рівної 14.625мс. Таке значення обране не випадково. Цей інтервал складає  $1/64$ , а головне, він містить ціле число періодів переповнення таймера 0 (25мкс). Зручно, якщо значення швидкості і прискорення задаються в природних одиницях, тобто в кроках у секунду й у кроках, ділених на секунду в квадраті. Для того щоб мати можливість у цілочисельній арифметиці обчислювати миттєву швидкість 64 рази в секунду, потрібно перейти до внутрішнього представлення швидкості, збільшеному в 64 рази. Множення і розподіл на 64 зводиться до звичайних зрушень і тому вимагає дуже мало часу. Задану періодичність обчислень забезпечує ще один програмний таймер URCNT, що декрементується в перериванні таймера 0 (раз у 25мкс). Цей таймер завжди завантажується постійною величиною, що забезпечує незмінний період його переповнень, рівний 14.625мс. При переповненні цього таймера встановлюється бітовий прапор UPD, що сигналізує основній програмі, що «пора оновити значення швидкості і періоду».

### **5.3 Розробка основного алгоритму програми управління**

Основна програма (мал.5.4) виконує обчислення миттєвих значень швидкості і періоду проходження кроків, забезпечуючи необхідну кривую розгону. У даному випадку розгін і гальмування здійснюються з постійним прискоренням, тому швидкість міняється лінійно. Період при цьому міняється по гіперболічному закону, і його обчислення – основна робота програми.

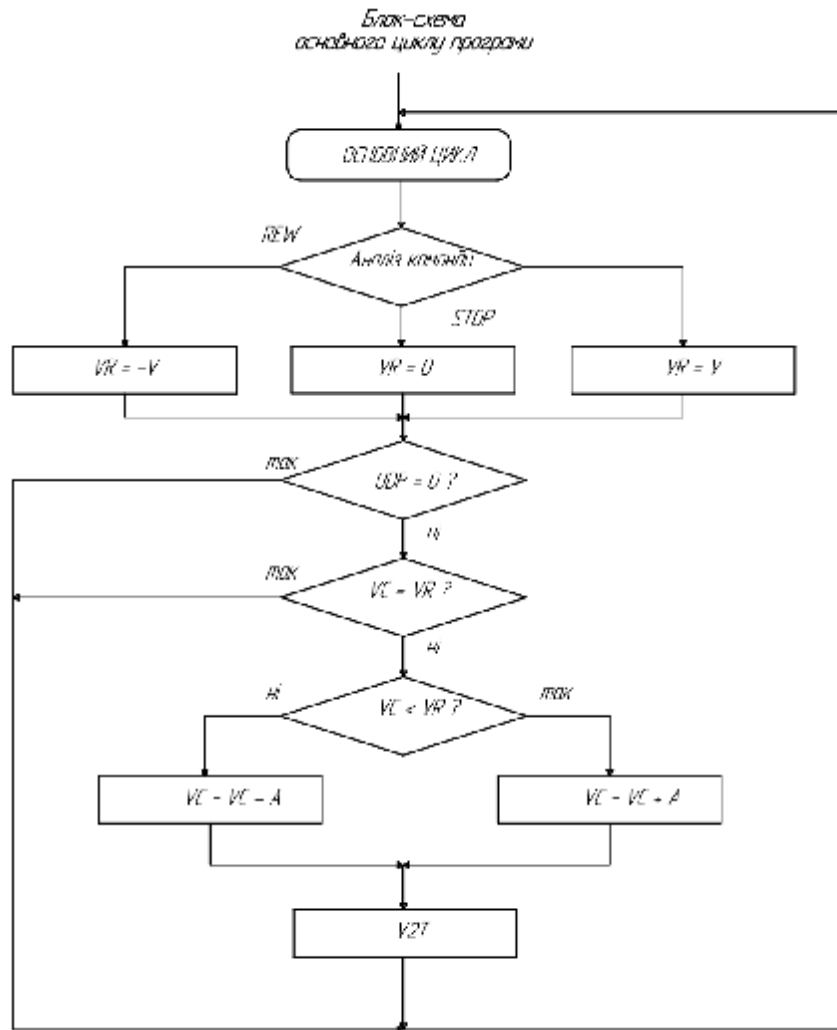


Рисунок 5.4 – Блок-схема основного циклу програми.

Відновлення значень швидкості і періоду проходження кроків основна програма робить періодично, періодичність задається прапором UPD. Відновлення програма робить на основі порівняння значень двох перемінних: миттєвої швидкості VC і необхідної швидкості VR.

Значення необхідної швидкості також визначається в основній програмі. Це робиться на основі аналізу керуючих сигналів і сигналів з кінцевих вимикачів. У залежності від цих сигналів, основна програма завантажує перемінну VR значенням необхідної швидкості. У даній програмі це V для руху вперед, -V для руху назад і 0 для зупинки. У загальному випадку, набір швидкостей (а також прискорень і струмів фаз) може бути як завгодно великим, у залежності від вимог.

Якщо швидкості VC і VR рівні, виходить, кроковий двигун працює в стаціонарному режимі і відновлення не потрібно. Якщо ж швидкості не рівні,



то значення  $VC$  із заданим прискоренням наближається до  $VR$ , тобто двигун прискорюється (чи сповільнюється) до досягнення номінальної швидкості. У випадку, коли навіть знаки  $VR$  і  $VC$  відрізняються, двигун сповільнюється, реверсується і потім досягає необхідної швидкості. Відбувається це як-би саме собою, завдяки структурі програми.

Якщо при черговій перевірці виявляється, що швидкості  $VR$  і  $VC$  не рівні, то до значення  $VC$  додається (чи віднімається) значення прискорення  $A$ . Якщо в результаті цієї операції відбувається перевищення необхідної швидкості, то отримане значення коректується шляхом заміни на точне значення необхідної швидкості.

Потім відбувається обчислення періоду  $T$  (мал. 5.5).

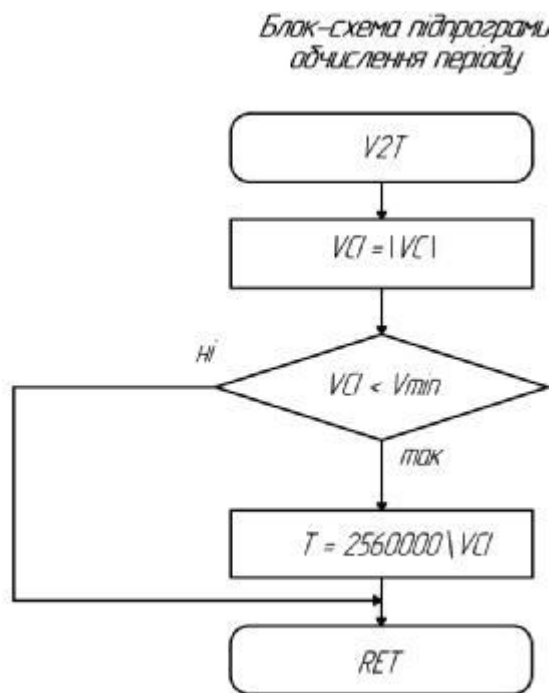


Рисунок 5.4 – Блок-схема підпрограми обчислення періоду.

Спочатку обчислюється модуль поточної швидкості. Потім відбувається обмеження мінімальної швидкості. Це обмеження необхідне по двох причинах. По-перше, нескінченно малої швидкості відповідає нескінченно великий період, що викликає помилку в обчисленнях. По-друге, крокові двигуни мають досить протяжну по швидкості зону старту, тому немає необхідності стартувати на дуже маленькій швидкості, тим більше що обертання на малих швидкостях викликає підвищений шум і вібрацію. Значення мінімальної швидкості  $V_{MIN}$  повинне вибиратися виходячи з

конкретної задачі і типу двигуна. Після обмеження мінімальної швидкості виробляється обчислення періоду по формулі  $T = 2560000/|VC|$ . На перший погляд формула не очевидна, але якщо врахувати, що період необхідно одержати в 25мкс-інтервалах, а внутрішнє представлення VC – це помножене на 64 її щире значення, те усі стає на свої місця. При обчисленні T потрібно операція беззнакового розподілу формату 24/24, що AVR на тактовій частоті 10МГц робить приблизно за 70мкс. З огляду на, що обчислення періоду відбуваються не частіше, ніж один раз у 14.625мс, завантаження процесора виходить дуже низкою. Основне завантаження робить переривання таймера 0, та й воно в основному виконується по короткій гілці (без переповнення STCNT) тривалістю приблизно 3мкс, що відповідає 12%-й завантаженню процесора. Це означає, що є значні резерви обчислювальних ресурсів.

## **6 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ**

### **6.1 Оцінка ефективності розробки і впровадження універсальної системи керування мікрокліматичними процесами на базі мікро-ЕОМ MSC 51**

В організаційно економічній частині слід провести економічне обґрунтування впровадження нового обладнання, розрахувати його економічну ефективність. Даний розділ виконуємо згідно наступних пунктів:

- Вибір об'єкта для порівняння
- Розрахунок капітальних витрат
- Розрахунок і порівняння експлуатаційних витрат:
  - Розрахунок амортизаційних відрахувань
  - Витрати на споживану електроенергію
  - Витрати на поточний ремонт
  - Розрахунок інших витрат
- Розрахунок ефективності проектованої системи

### **6.2 Вибір об'єкта для порівняння**

У роботі розроблено нову універсальну автоматичну систему керування мікрокліматичними процесами на базі MSC-51. Проектований система у порівнянні з базовим варіантом має наступні переваги:

- система серії ЕПУ1-2-4347Д-УХЛ4 виконана на базі нових елементів і має велику надійність і більш високу швидкодію, чим система серії КТЭУ 400/220-03222;
- споживана потужність проектованої системи менше потужності базового варіанту системи керування;
- відповідно знижені потужність вхідного силовий агрегата і блока живлення автоматизованої універсальної системи керування на базі MSC 51;
- менша потужність і поліпшена схема блока живлення зменшують вплив комутаційних струмів на мережу;

- використання мікропроцесорної системи дозволяє здійснювати покращені режими керування, зменшити витрати за рахунок нового алгоритму керування, каналів, підвищити його якість та швидкодію.

### **6.3 Розрахунок капітальних витрат**

До складу капітальних витрат по кожному варіанту входить: вартість нового обладнання системи; вартість резерву, якщо він передбачений; вартість будівельно-монтажних робіт з установки і монтажу електроустаткування, у тому числі і заробітній платі; транспортні витрати по доставці устаткування; вартість займаної площі будинку; заготівельно-складські витрати.

Вартість резерву для автоматизованої універсальної системи керування на базі MSC 51 складає 30% від вартості основного устаткування. Витрати на площу приміщення, де розташовані агрегати, транспортні і заготівельно-складські витрати приймаються відповідно 15%, 4% і 1.2% від вартості основного устаткування. Вартість будівельно-монтажних робіт для даної системи складає 10% від вартості основного устаткування (50% цієї суми складає заробітна плата). Розрахунок капітальних вкладень зроблений у табл. 6.1 і табл. 6.2. Під різницею в сумах капітальних вкладень розуміємо різницю у вартості устаткування.

### **6.4 Розрахунок і порівняння експлуатаційних витрат**

Експлуатаційні витрати при застосуванні тієї чи іншої системи визначаються технологічною собівартістю, що складається з наступних статей: амортизаційні відрахування  $C_a$ ; витрати на споживану електроенергію  $C_e$ ; витрати на ремонт електроустаткування  $C_p$ ; інші витрати.

### **6.5 Розрахунок амортизаційних відрахувань**

Річні амортизаційні відрахування у кожному варіанті визначаються по формулі:

$$C_a = \frac{H_a K}{100}. \quad (6.1)$$

де  $H_a$  - норма амортизаційних відрахувань;

*K* - вартість об'єкта в грошовому вимірі.

Таблиця 6.1 Кошторис на електроустаткування базового варіанта

Найменування прейскуранта	Найменування устикавання	К-ть	Маса, кг		Кошторисна вартість, грн			
			Од.	Заг.	Од. Устатк., шт.	Монтажні роботи		
						Всього	Зарплата	
1. Договірна ціна	система на базі АСТ-Т-128	1	320	320	33000	3300	1650	
2. Договірна ціна	КТЭУ 400/220- 03222, 220В, 40А	1	400	400	55200	5520	2760	
Всього по устаткуванню, грн							97020.0	
Резерв, грн							26460.0	
Затрати на площу для установки агрегатів, грн							13230.0	
Транспортні витрати, грн							3528.0	
Заготівельно - складські витрати, грн							1058.4	
Загальна сума капітальних витрат, грн							141296.4	

Таблиця 6.2 Кошторис на електроустаткування нового варіанта

Найменування прейскуранта	Найменування устаткування	К-ть	Маса, кг		Кошторисна вартість, грн			
			Од.	Заг.	Од. Устатк., шт.	Монтажні роботи		
						Всього	Зарплата	
1. Договірна ціна	автоматизована цифрова система керування на базі MSC-51	1	255	2500	21000	2100	1050	
2. Договірна ціна	ЕПУ1-2-4347Д- УХЛ4, 220В, 40А	1	320	3200	55200	5520	2760	
Всього по устаткуванню, грн							83820.0	
Резерв, грн							22860.0	
Затрати на площу для установки агрегатів, грн							11430.0	
Транспортні витрати, грн							3048.0	
Заготівельно - складські витрати, грн							914.4	
Загальна сума капітальних витрат, грн							122072.4	

Приймаємо усереднену норму амортизаційних відрахувань рівну 8%.  
Тоді амортизаційні відрахування по першому варіанті:

$$C_a^1 = \frac{8 * (33000 + 55200)}{100} = 7056 \quad \text{грн.} , \quad (6.2)$$

по другому варіанті:

$$C_a^2 = \frac{8 * (21000 + 55200)}{100} = 6096 \quad \text{грн.} , \quad (6.3)$$

До амортизаційних відрахувань на устаткування додаються відрахування на площу, що по першому варіанту складуть:

$$C_{an}^1 = \frac{8 * 13230}{100} = 1058.4 \quad \text{грн.} , \quad (6.4)$$

По другому варіанті:

$$C_{an}^2 = \frac{8 * 11430}{100} = 914.4 \quad \text{грн.} , \quad (6.5)$$

Повні амортизаційні відрахування для базового варіанту складуть:

$$C_a^{\sigma} = C_a^1 + C_{an}^1 = 7056 + 1058.4 = 8114.4 \quad \text{грн.} , \quad (6.6)$$

По новому варіанту:

$$C_a^{\pi} = C_a^2 + C_{an}^2 = 6096 + 914.4 = 7010.4 \quad \text{грн.} , \quad (6.7)$$

## 6.6 Витрати на споживану електроенергію

Витрати на споживану електроенергію визначаються для кожного елемента по кожному варіанту по формулі:

$$C_e = \frac{P}{K} * T_{ef} * K_{\epsilon} * K_m * C , \quad (6.8)$$

де  $P$  - номінальна потужність об'єкта, квт;  $K$  - коефіцієнт корисної дії агрегату, вузла;  $T_{ef}$  - ефективний фонд часу роботи, год.;  $K_{\epsilon}$  - коефіцієнт використання за часом;  $K_m$  - коефіцієнт використання по потужності;  $C$  - вартість одного квт\*години електроенергії, 0,8908 грн/(квт\*година).

Номінальна потужність для базового варіанта складає 1 квт, для нового варіанта – 0,5 квт.

Ефективний фонд роботи автоматизованої універсальної системи керування на базі MSC 51 часу по обох і протягом 95% фонду часу в році складає:

$$T_{эф} = 360 * 0.95 * 24 = 8208 \text{ годин} \quad (6.9)$$

Використовуючи формулу (6.8.), визначимо витрати на електроенергію по базовому варіанту:

$$C_e^б = \frac{110}{0.8688} * 8208 * 0.8 * 0.62 * 0.8908 = 82473 \text{ грн. ,} \quad (6.10)$$

По новому варіанту:

$$C_e^н = \frac{70}{0.9025} * 8208 * 0.8 * 0.97 * 0.8908 = 79044 \text{ грн. ,} \quad (6.11)$$

### 6.7 Витрати на поточний ремонт

Поточний ремонт електроустаткування виконується на місці установки електроустаткування з його відключенням і зупинкою силового агрегату силами змінного ремонтного персоналу, що обслуговує даний агрегат.

Витрати на поточний ремонт електроустаткування складаються з:

- основної і додаткової заробітної плати робітників з нарахуваннями  $C_{зн}$ ;
- вартості матеріалів, напівфабрикатів і комплектуючих виробів  $C_m$ ;
- цехових і загальнозаводських витрат  $C_{об}$ .

Для визначення заробітної плати робітників необхідно визначити число й ефективний фонд часу одного робітника. Число робітників визначається трудомісткістю ремонтних робіт.

Для визначення трудомісткості ремонту електроустаткування потрібно скласти графік планово-попереджувальних ремонтів на підставі положення про планово-попереджувальні ремонти, у якому зазначені тривалості ремонтних періодів, а також норми трудомісткості кожного виду ремонту.

Графіки планово-попереджувальних ремонтів за рік по кожнім варіанті представлені в Таблиці 6.3 і Таблиці 6.4.

Ефективний фонд часу одного робітника складається з днів, що залишилися після вирахування з 365 календарних днів вихідних (104 дня),

святкових (18 днів), відпустки (24 дня), днів на суспільні і державні обов'язки (1.5 %) і інших невиходів (1.5 %). При тривалості робочого дня 8 годин ефективний фонд часу складе:

$$T=8*(365-104-18-24)*0.985*0.985=1699.8\text{год.} \quad (6.12)$$

Оскільки ефективний фонд часу значно перевищує необхідний час, то вважаємо, що робітник задіяний в обслуговуванні не тільки цього, але й інших об'єктів. Заробітну плату визначимо через трудомісткість ремонтів і тарифну годинну ставку електромонтера, що складає 15 грн./година.

Таблиця 6.3 - Графік планово-попереджувальних ремонтів базового варіанта

Найменування устаткування	К-ть	Види ремонту по місяцям												Трудомісткість, Люд. Год	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
КТЭУ 400/220	1		С			Т			Т			Т			45
2ПН300L	1			Т			Т			С			Т		35
Силовий агрегат	1			Т					Т						40
АСК «ТП» MSC 51	1		Т				Т				Т				27
Кабельна мережа	1	К				Т						Т			52
Блок вводу	1								Т						4
Блок вентилятора	1				Т										2
Загальна трудомісткість														205	

Таблиця 6.4 - Графік планово - попереджувальних ремонтів нового варіанта

Найменування устаткування	К-ть	Види ремонту по місяцям												Трудомісткість, Люд. Год	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
КТЭУ 400/220	1	Т			С			Т			Т				30
2ПН300L	1	Т			Т			Т			С				25
Силовий агрегат	1					Т					Т				30
АСК «ТП» MSC 51	1				Т				Т				Т		24



Кабельна мережа	1	Т				К				Т				52
Блок вводу	1			Т										4
Блок вентилятора	1									Т				2
Загальна трудомісткість													167	

Тарифна заробітна плата за ремонт по першому варіанті складає:

$$Z_{zm}^1 = 15 * 205 = 3075 \text{ грн} \quad (6.13)$$

Тарифна заробітна плата за ремонт по другому варіанті складає:

$$Z_{zt}^2 = 15 * 167 = 2505 \text{ грн} \quad (6.14)$$

Крім тарифної заробітної плати в повну суму виплат входять:

- премії (20% від тарифної ставки);
- додаткова заробітна плата (10% від тарифної ставки);
- інші доплати (10% тарифної заробітної плати).

У цілому всі доплати складають 40% від тарифної заробітної плати.

Сума повних виплат по базовому варіанті складе:

$$Z_{zn}^1 = Z_{zm}^1 * 1.40 = 3075 * 1.40 = 4305 \text{ грн} \quad (6.15)$$

Сума повних виплат по новому варіанті складе:

$$Z_{zn}^2 = Z_{zm}^2 * 1.4 = 2505 * 1.4 = 3507 \text{ грн} \quad (6.16)$$

Витрати на матеріали і комплектуючі вироби складають:

- при капітальному ремонті – 50% тарифної заробітної плати;
- при середньому ремонті – 35% тарифної заробітної плати;
- при поточному ремонті – 15% тарифної заробітної плати.

Для базового варіанта витрати на матеріали складають:

$$Z_{.m}^1 = 4305 * (0.5 + 2 * 0.35 + 15 * 0.15) = 3536,25 \text{ грн} \quad (6.17)$$

Для нового варіанта витрати на матеріали складають:

$$Z_{.m}^2 = 3507 * (0.5 + 2 * 0.35 + 15 * 0.15) = 2880,75 \text{ грн} \quad (6.18)$$

Цехові і загальнозаводські витрати приймаємо 80% від тарифної заробітної плати. Для базового варіанта вони складуть:

$$Z_{.pro}^1 = 3075 * 0.8 = 2460 \text{ грн} \quad (6.19)$$

Для нового варіанта цехові і загальнозаводські витрати складуть:

$$Z_{.pro}^2 = 2505 * 0.8 = 2004 \text{ грн} \quad (6.20)$$

## 6.8 Розрахунок інших витрат

У кошторисі річних експлуатаційних витрат інші витрати приймаються в розмірі 1% від суми капітальних вкладень.

Для базового варіанта інші витрати складуть:

$$Z_{in}^I = 0.01 * 132476.4 = 1324.8 \text{ грн} \quad (6.21)$$

Для нового варіанта інші витрати складуть:

$$Z_{in}^I = 0.01 * 114452.4 = 1144.5 \text{ грн} \quad (6.22)$$

Для аналізу експлуатаційних витрат складемо Таблицю 6.6.

Таблиця 6.6. - Експлуатаційні витрати

Найменування витрат	базовий варіант	новий варіант
Амортизація, грн	8114.00	7010.40
Витрати на електроенергію, грн	82476.00	79044.00
Заробітна плата, грн	4697.00	4046.80
Витрати на матеріали, грн	488.17	397.67
Загальнозаводські витрати, грн	164.00	136.60
Інші витрати, грн	1416.00	1220.00
Разом – експлуатаційні витрати, грн	97349.17	91850.17

## 6.9 Розрахунок ефективності проектованої системи

Оскільки ми розраховуємо ефективність нової системи при впровадженні, то необхідно порівнювати капітальні витрати, капітальні вкладення й експлуатаційні витрати використовуючи відносні показники і відносячи проєктований варіант до базового.

Для порівняння капітальних вкладень використовуємо відносну економію капітальних вкладень, що розраховується по наступній формулі:

$$I_k = \frac{K_1 - K_2}{K_1} * 100\% = \frac{141296.4 - 122072.4}{141296.4} * 100\% = 13.6\% \quad (6.23)$$

При порівнянні експлуатаційних витрат використовуємо показник відносної економії (зменшення) витрат:

$$I_{oe} = \frac{E_1 - E_2}{E_1} * 100\% = \frac{97349.17 - 91850.17}{97349.17} * 100\% = 5.65\% \quad (6.24)$$

Як видно за результатами розрахунків, нова універсальна автоматична система керування мікрокліматичними процесами на базі MSC-51 ефективніша базової. Економія капітальних вкладень порозумівається тим, що потужність нової системи менше базової. Однак зниження експлуатаційних витрат вийшло незначним, оскільки нова система завантажена більше, ніж базова, що спричиняє підвищення споживання електроенергії і більш дорогі ремонти (витрати на ремонти нового обладнання менше витрат на ремонт базового устаткування, але незначно, дивися табл.6.6.).

На підставі вищенаведеного можна побачити, що економічно обґрунтовано, вибираючи введення універсальної автоматичної системи керування мікрокліматичними процесами на базі MSC-51 нової серії, можна домогтися економії як капітальних витрат, так і експлуатаційних витрат.

### **6.10 Розрахунок економічного ефекту від виготовлення та експлуатації системи за розрахунковий період**

Економічний ефект від виготовлення і експлуатації приладу за розрахунковий період складається з двох частин:

а) економічний ефект від виготовлення приладу:

$$E_B = (C_{II} - Z_{ПВР}) * (C_B - Z_{БВП}), \quad (6.27)$$

де  $Z_{ПВР}$ -затрати на виготовлення нового приладу, приведені до розрахункового року;

$Z_{БВП}$ -затрати на виготовлення замінюваного приладу, приведені до розрахункового року.

б) економічний ефект від експлуатації приладу:

$$E_e = Z_{eПР}^6 * \frac{TC_2}{TC_1} - Z_{eПР}^H, \quad (6.28)$$

де  $Z_{eПР}^6$ -затрати поточні і разові по експлуатації замінюваного приладу за весь розрахунковий період, приведені до розрахункового року;

$Z_{\text{eIP}}^{\text{H}}$ -затрати поточні і разові по експлуатації нового приладу за весь розрахунковий період, приведені до розрахункового року;

$TC_1, TC_2$ -строк служби відповідно замінюваного і нового приладу.

Тоді, економічний ефект від виробництва і експлуатації приладу за розрахунковий період становитиме:

$$E_{Be} = E_B + E_e \quad (6.29)$$

Розрахунок затрат за весь розрахунковий період, приведених до розрахункового року, доцільно вести табличним способом (див.табл.6.6)

При підстановці відповідних даних в формулу (6.27) отримуємо:

$$E_B = (13 - 11,30) \times (28,8 - 25) = 6,4 \text{ тис. грн.}$$

а в формулу (6.28):

$$E_{e1} = 16,8 \times 1 - 10,29 = 6,5 \text{ тис. грн.}$$

$$E_{e2} = 27,5 \times 1 - 12,4 = 15,1 \text{ тис. грн.}$$

$$E_e = E_{e1} + E_{e2} = 6,5 + 15,1 = 21,6 \text{ тис. грн.}$$

Отже, економічний ефект від виробництва і експлуатації приладу за розрахунковий період становитиме:

$$E_{BE} = 6,4 + 21,6 = 28 \text{ тис. грн.}$$

Таблиця 6.6 – Техніко-економічні показники .

№.п.п.	Показники	Одиниці виміру	Показники		Результати ±
			Базового варіанту	Проектного варіанту	
1	Термін служби	років	6	6	—
2	Комплексний показник якості	коєф.	1	1	—
3	Оптова ціна	тис. грн.	28,8	13	+15,8
4	Приведені затрати на виготовлення	тис. грн.	25	11,3	+13,7
5	Приведені поточні експлуатаційні затрати	тис. грн.	16,8	10,29	+6,51
6	Приведені разові експлуатаційні витрати	тис. грн.	27,5	12,4	15,1
7	Приведена залишкова вартість	тис. грн.	6,2	2,8	-3,4
8	Економічний ефект	тис. грн.	×	31	31

#### Висновок розділу

Отриманий економічний ефект 31 тис. грн. за розрахунковий період пояснюється значним зменшенням потужності універсальної автоматичної системи керування мікрокліматичними процесами на базі MSC-51 , витрат на ремонт обладнання, а також на заробітну плату обслуговуючому персоналу, оскільки поточні ремонтні роботи виконуватимуться менш затратними засобами і меншою кількістю обслуговуючого персоналу за рахунок покращення експлуатаційних параметрів універсальної автоматичної системи керування мікрокліматичними процесами на базі MSC-51.

# **7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

## **7.1 ОХОРОНА ПРАЦІ**

Охорона праці - система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я й працездатності людини в процесі праці. Охорона здоров'я працівників, забезпечення безпеки умов праці, ліквідація професійних захворювань і виробничого травматизму становить одну з головних турбот людського суспільства. Звертається увага на необхідність широкого застосування прогресивних форм наукової організації праці, зведення до мінімуму ручної, малокваліфікованої праці, створення обстановки, що виключає професійні захворювання й виробничий травматизм.

Даний розділ дипломного проекту присвячений розгляду наступних питань:

- визначення оптимальних умов праці оператора системи мікроклімату;
- розрахунок освітленості;

### **7.1.1 Визначення оптимальних умов праці інженера-оператора системи мікроклімату**

Проектування робочих місць, обладнаних відеотерміналами, відносять до числа найважливіших проблем ергономічного проектування в галузі обчислювальної техніки.

Робоче місце й взаємне розташування всіх його елементів повинне відповідати антропометричним, фізичним і психологічним вимогам. Велике значення має також характер роботи. Зокрема, при організації робочого місця оператора повинні бути дотримані наступні основні умови:

- оптимальне розміщення устаткування, що входить до складу робочого місця;

- достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи й переміщення;
- необхідно природне й штучне освітлення для виконання поставлених завдань;
- рівень акустичного шуму не повинен перевищувати припустимого значення.
- достатня вентиляція робочого місця;

Ергономічними аспектами проектування відеотермінальних робочих місць, зокрема, є: висота робочої поверхні, розміри простору для ніг, вимоги до розташування документів на робочому місці ( наявність і розміри підставки для документів, можливість різного розміщення документів, відстань від очей користувача до екрана, документа, клавіатури й т.д.), характеристики робочого крісла, вимоги до поверхні робочого стола, регульованість робочого місця і його елементів.

Головними елементами робочого місця оператора є стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи. Робоча поза сидячи викликає мінімальне стомлення оператора. Раціональне планування робочого місця передбачає чіткий порядок і сталість розміщення предметів, засобів праці й документації. Те, що потрібно для виконання робіт частіше, розташовано в зоні легкої досяжності робочого простору. Моторне поле - простір робочого місця, у якому можуть здійснюватися рухові дії людини.

Максимальна зона досяжності рук - це частина моторного поля робочого місця, обмеженого дугами, описуваними максимально витягнутими руками при русі їх у плечовому суглобі.

Оптимальна зона - частина моторного поля робочого місця, обмеженого дугами, описуваними передпліччями при русі в ліктьових суглобах з опорою в крапці ліктя й з відносно нерухливим плечем.

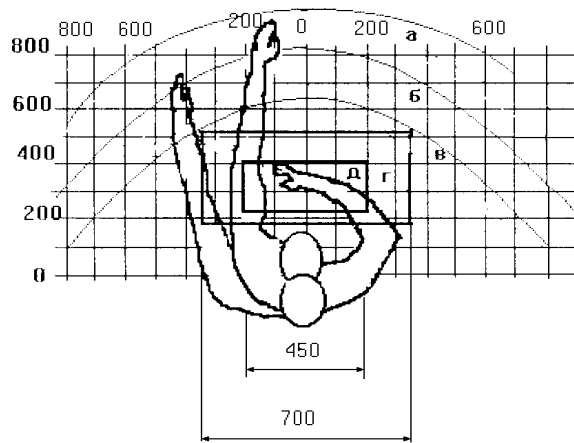


Рисунок 7.1 – Зони досяжності рук у горизонтальній площині.

а - зона максимальної досяжності;

б - зона досяжності пальців при витягнутій руці;

в - зона легкої досяжності долоні;

г - оптимальний простір для грубої ручної роботи;

д - оптимальний простір для тонкої ручної роботи.

Розглянемо оптимальне розміщення предметів праці й документації в зонах досяжності рук:

ДИСПЛЕЙ розміщується в зоні а (у центрі);

КЛАВІАТУРА - у зоні г/д;

СИСТЕМНИЙ БЛОК розміщується в зоні б (ліворуч);

ПРИНТЕР перебуває в зоні а (праворуч);

ДОКУМЕНТАЦІЯ

1) у зоні легкої досяжності долоні - в (ліворуч) - література й документація, необхідна при роботі;

2) у висувних ящиках стола - література, не використовувана постійно.

При проектуванні робочого стола варто враховувати наступне:

- висота стола повинна бути обрана з урахуванням можливості сидіти вільно, у зручній позі, при необхідності опираючись на підлокітники;
- нижня частина стола повинна бути сконструйована так, щоб програміст міг зручно сидіти, не був змушений підтискати ноги;



- поверхня стола повинна мати властивості, що виключають появу відблисків у полі зору оператора;
- конструкція стола повинна передбачати наявність висувних ящиків (не менш 3 для зберігання документації, лістингів, канцелярських засобів, особистих речей).

Висота робочої поверхні рекомендується в межах 680-760 мм. Висота робочої поверхні, на яку встановлюється клавіатура, повинна бути 650 мм. Велике значення надається характеристикам робочого крісла. Так, рекомендується висота сидіння над рівнем підлоги повинна бути в межах 420-550 мм. Поверхня сидіння рекомендується робити м'якої, передній край закругленим, а кут нахилу спинки робочого крісла - регульованою.

Необхідно передбачати при проектуванні можливість різного розміщення документів: збоку від відеотерміналу, між монітором і клавіатурою й т.п. Крім того, у випадках, коли відеотермінал має низьку якість зображення, відстань від очей до екрана роблять більше (близько 700 мм), відстань від ока до документа (300-450 мм). Взагалі при високій якості зображення на відеотерміналі відстань від очей користувача до екрана, документа й клавіатури можуть бути рівним.

Положення екрана визначається:

- відстанню зчитування (0.60 + 0.10 м);
- кутом зчитування, напрямком погляду на 20 нижче горизонталі до центра екрана, причому екран перпендикулярний цьому напрямку.

Повинна передбачатися можливість регулювання екрана:

- по висоті +3 см;
- по нахилу від 10 до 20 щодо вертикалі;
- у лівому і правому напрямках.

Зоровий комфорт підкоряється двом основним вимогам:

- чіткості на екрані, клавіатурі й у документах;
- освітленості й рівномірності яскравості між навколишніми об'єктами й різними ділянками робочого місця;

Велике значення також надається правильній робочій позі користувача. При незручній робочій позі можуть з'явитися болі в м'язах, суглобах і сухожиллях. Вимоги до робочої пози користувача відеотермінала наступні: шия не повинна бути нахилена більш ніж на  $20^\circ$  (між віссю "голова-шия" і віссю тулуба), плечі повинні бути розслаблені, лікті - перебувати під кутом  $80^\circ - 100^\circ$ , передпліччя й кисті рук - у горизонтальному положенні.

Характеристики використовуваного робочого місця:

- висота робочої поверхні стола 750 мм;
- висота простору для ніг 650 мм;
- висота сидіння над рівнем підлоги 450 мм;
- поверхня сидіння м'яка із закругленим переднім краєм;
- передбачена можливість розміщення документів праворуч і ліворуч;
- відстань від ока до екрана 700 мм;
- відстань від ока до клавіатури 400 мм;
- відстань від ока до документів 500 мм;
- можливе регулювання екрана по висоті, по нахилу, у лівому і в правому напрямках;

Створення сприятливих умов праці й правильне естетичне оформлення робочих місць на виробництві має велике значення як для полегшення праці, так і для підвищення його привабливості, що позитивно впливає на продуктивність праці. При розробці оптимальних умов праці оператора необхідно враховувати освітленість, шум і мікроклімат.

### **7.1.2 Розрахунок освітленості робочого місця**

Раціональне освітлення робочого місця є одним з найважливіших факторів, що впливають на ефективність трудової діяльності людини, що попереджають травматизм і професійні захворювання. Правильно організоване освітлення створює сприятливі умови праці, підвищує працездатність і продуктивність праці. Освітлення на робочому місці оператора повинне бути таким, щоб працівник міг без напруги зору

виконувати свою роботу. Стомлюваність органів зору залежить від ряду причин:

- недостатність освітленості;
- надмірна освітленість;
- неправильний напрямок світла.

Недостатність освітлення приводить до напруги зору, послабляє увагу, приводить до настання передчасної стомленості. Надмірно яскраве освітлення викликає осліплення, роздратування й різь в очах. Неправильний напрямок світла на робочому місці може створювати різкі тіні, відблиски, дезорієнтувати працюючого.

Розрахунок освітленості робочого місця зводиться до вибору системи освітлення, визначенню необхідного числа світильників, їхнього типу й розміщення. Процес роботи оператора в таких умовах, коли природне освітлення недостатнє або відсутнє. Виходячи із цього, розрахуємо параметри штучного освітлення.

Штучне освітлення забезпечується за допомогою електричних джерел світла двох видів: ламп накаливання й люмінесцентних ламп. Будемо використовувати люмінесцентні лампи, які в порівнянні з лампами накаливання мають істотні переваги:

- по спектральному составі світла вони близькі до денного, природного освітлення;
- володіють більше високим ККД (в 1.5-2 рази вище, ніж ККД ламп накаливання);
- мають підвищену світловіддачу (в 3-4 рази вище, ніж у ламп накаливання);
- більше тривалий термін служби.

Розрахунок освітлення виробляється для кімнати площею  $36 \text{ м}^2$ , ширина якої 4.9 м, висота - 4.2 м. Скористаємося методом світлового потоку.

Для визначення кількості світильників визначимо світловий потік, що падає на поверхню за формулою:

$$F = \frac{E \times K \times S \times Z}{n},$$

де  $F$  - світловий потік, що розраховується, Лм;  $E$  - нормована мінімальна освітленість, Лк (визначається по таблиці).

Роботу оператора, відповідно до цієї таблиці, можна віднести до розряду точних робіт, отже, мінімальна освітленість буде  $E = 300$  Лк при газорозрядних лампах;

$S$  - площа освітлюваного приміщення (у нашім випадку  $S = 36 \text{ м}^2$ );

$Z$  - відношення середньої освітленості до мінімального (звичайно приймається рівною 1.1-1.2, нехай  $Z = 1.1$ );

$K$  - коефіцієнт запасу, що враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників у процесі експлуатації (його значення визначається по таблиці коефіцієнтів запасу для різних приміщень і в нашім випадку  $K = 1.5$ );

$n$  - коефіцієнт використання, виражається відношенням світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп і обчислюється в частках одиниці; залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, колір стін і стелі, характеризованих коефіцієнтами відбиття від стін ( $R_c$ ) і стелі ( $R_p$ ), значення коефіцієнтів  $R_c$  і  $R_p$  визначимо по таблиці залежностей коефіцієнтів відбиття від характеру поверхні:  $R_c=30\%$ ,  $R_p=50\%$ . Значення  $n$  визначимо по таблиці коефіцієнтів використання різних світильників. Для цього обчислимо індекс приміщення за формулою:

$$I = \frac{S}{h \times (A + B)}, \text{ де}$$

$S$  - площа приміщення,  $S = 36 \text{ м}^2$ ;

$h$  - розрахункова висота підвісу,  $h = 3.39 \text{ м}$ ;

$A$  - ширина приміщення,  $A = 4.9 \text{ м}$ ;

$U$  - довжина приміщення,  $B = 6.35 \text{ м}$ .

Підставивши значення одержимо:

$$I = \frac{3.6}{3.39 \times (4.9 + 7.35)} = 0.8$$

Знаючи індекс приміщення I, Pс і Pп, по таблиці знаходимо n = 0.28  
Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку F:

$$F = \frac{300 \times 1.5 \times 36 \times 1.1}{0.28} = 63642.857 \text{ Лм}$$

Для освітлення вибираємо люмінесцентні лампи типу ЛБ40-1, світловий потік яких F = 4320 Лк.

Розрахуємо необхідну кількість ламп за формулою:

$$N = \frac{F}{F_l}, \text{ де}$$

N - обумовлене число ламп;

F - світловий потік, F = 63642,857 Лм;

F<sub>л</sub>- світловий потік лампи, F<sub>л</sub> = 4320 Лм.

$$N = \frac{63642.857}{4320} = 15 \text{ шт.}$$

При виборі освітлювальних приладів використовуємо світильники типу ОД. Кожний світильник комплектується двома лампами. Розміщаються світильники двома рядами, по чотирьох у кожному ряді.

## **7.2 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Цивільна оборона являє собою систему загальнодержавних заходів, які здійснюються у мирний та воєнний час для захисту населення і народного господарства від зброї масового знищення та інших засобів ураження, наслідків аварій, катастроф, пожеж, а також для проведення рятувальних і невідкладних аварійно-відновлювальних робіт в осередках ураження та в районах стихійних лих (повені, землетрусів, зсувів ґрунту та ін.).

### **7.2.1 Основні вражаючі фактори ядерних вибухів, їхні параметри і наслідки впливу на людей**

Основними вражаючими факторами ядерного вибуху є: повітряна ударна хвиля, світлове випромінювання, проникаюча радіація, радіоактивне зараження та електромагнітний імпульс. Всі ці вражаючі фактори можуть в різній мірі впливати на функціонування об'єкта.

При ядерному вибуху можуть виникати вторинні вражаючі фактори: пожежі, вибухи, зараження отруйними і сильно діючими отруйними речовинами (СДОР) місцевості, атмосфери та водойм, катастрофічне затоплення в зонах, розміщених нижче дамб гідровузлів, і т. п. Вторинні вражаючі фактори ядерного вибуху в ряді випадків можуть здійснити значний вплив на роботу об'єкта.

Ударна хвиля – основний вражаючий фактор ядерного вибуху. При вибуху в атмосфері на долю ударної хвилі припадає 50 % енергії вибуху. Ударна хвиля представляє собою область сильно стиснутого повітря, що розповсюджується у всі сторони від центра вибуху із надзвуковою швидкістю.

Ударна хвиля має фазу стискування і фазу розрідження. Найбільший тиск повітря спостерігається на зовнішній межі фази стискування – у фронті хвилі. Ударна хвиля уражає людей, руйнує або пошкоджує будинки, споруди, обладнання, техніку та майно. Ударна хвиля уражає незахищених людей в результаті безпосереднього (прямого), а також непрямого впливу, спричинюючи травми різного ступеня.

При безпосередньому впливі ударної хвилі причиною ураження є надлишковий тиск. При непрямому впливі – люди уражаються шматками зруйнованих будинків, уламками скла та іншими предметами, що переміщуються під дією швидкісного напору.

Світлове випромінювання ядерного вибуху представляє собою електромагнітне випромінювання в ультрафіолетовій, видимій та інфрачервоній областях спектру. На долю світлового випромінювання припадає 30...40 % всієї енергії атомного або термоядерного вибуху. На відкритій місцевості світлове випромінювання володіє великим радіусом дії порівняно з ударною хвилею і проникаючою радіацією.

Вражаюча дія світлового випромінювання визначається поглинутою частиною енергії світлового імпульсу, яка, перетворюючись в теплову, нагріває опромінюваний об'єкт. Світлове випромінювання, впливаючи на незахищених людей, викликає опіки відкритих ділянок тіла і уражає очі.

В результаті впливу світлового випромінювання на матеріали може відбутися їх короблення, розтріскування, плавлення, обуглювання або загоряння. Ступінь ураження будь-якого матеріалу під дією світлового випромінювання при одному і тому ж світловому імпульсі залежить від коефіцієнта поглинання, фізичних властивостей (густини, теплоємності, теплопровідності), товщини матеріалу та інших факторів.

Вплив світлового випромінювання ядерного вибуху на будинки та споруди об'єктів народного господарства проявляється у виникненні загорянь та пожеж, що викликають руйнування і знищення матеріальних цінностей, в ряді випадків переважаючи за масштабами руйнування від ударної хвилі.

Вторинними вражаючими факторами ядерного вибуху є вибухи, пожежі, затоплення, зараження атмосфери та місцевості, падіння пошкоджених конструкцій будівель, виникаючі в результаті руйнувань та пожеж, викликаних ядерним вибухом.

Ядерний вибух супроводжуються сильними радіоактивними випромінюваннями. Радіоактивними називаються випромінювання, що виникають при радіоактивному розпаді ядер атомів.

Основним параметром, що характеризує вражаючу дію ядерних випромінювань, є поглинена доза радіації (доза опромінення).

Доза радіації – це кількість енергії радіоактивних випромінювань, поглинена одиницею маси опромінюваної речовини.

Другою характеристикою степені впливу випромінювань є потужність дози (рівень радіації) – доза, приведена до одиниці часу (доза, що накопичується протягом одиниці часу).

Радіоактивне випромінювання, яке утворюється безпосередньо при ядерному вибуху, називається проникаючою радіацією.

Ядерні випромінювання, іонізуючи молекули живих тканин, здійснюють шкідливу біологічну дію на людину, що приводить до порушення життєвих функцій окремих органів та систем і до розвитку променевої хвороби.

Радіоактивне зараження – це зараження поверхні землі, атмосфери, водойм і різних предметів радіоактивними речовинами, що випали з хмари ядерного вибуху.

Ядерний вибух супроводжується електромагнітним випромінюванням у вигляді потужного короткого імпульсу, вражаючого головним чином електричну та електронну апаратуру.

Основні параметри електромагнітного імпульсу (ЕМІ).

Основними параметрами ЕМІ, визначаючими вражаючу дію, є характер зміни напруженості електричного та магнітного полів в часі (форма імпульсу) і максимальна напруженість поля (амплітуда імпульсу).

Вражаюча дія ЕМІ.

На утворення ЕМІ витрачається невелика частина ядерної енергії, проте він здатний викликати високі імпульси струмів та напруг в дротах і кабелях повітряних і підземних ліній зв'язку, сигналізації, керування, електропередачі, в антенах радіостанцій і т. п.



Дія ЕМІ може спричинити згоряння чутливих електронних та електричних елементів, зв'язаних з великими антенами або відкритими проводами (електромережа), а також до серйозних порушень в цифрових і контрольних пристроях, зазвичай без безповоротних змін. Отже, вплив ЕМІ необхідно враховувати для всіх електричних і електронних систем. Для найбільш важливих пристроїв потрібно застосовувати засоби захисту і підвищувати їх стійкість до ЕМІ.

Особливістю ЕМІ як вражаючого фактора є його здатність розповсюджуватись на десятки і сотні кілометрів в навколишньому середовищі по різноманітних комунікаціях (мережах електро- та водопостачання, провідного зв'язку і т. п.). Тому ЕМІ може здійснити вплив на об'єкти там де ударна хвиля, світлове випромінювання і проникаюча радіація втрачають своє значення як вражаючі фактори.

### **7.2.2 Методи захисту та безпека підприємств промисловості, відновлення інженерно-технічного комплексу цеху (заводу)**

Підвищення надійності об'єкту по суті досягається шляхом підсилення найбільш слабких елементів і ділянок об'єкту. Для цього на кожному об'єкті заздалегідь на основі досліджень планується і проводиться великий об'єм робіт, який включає в себе виконання організаційних і інженерно технічних заходів. Особливо важливе значення має проведення інженерно технічних заходів. Досягнення сучасної науки і техніки дозволяють впроваджувати такі рішення, при яких підприємство буде надійно до дії на нього навіть великих тисків. Але це пов'язано з великими затратами, які можуть бути оправдані тільки гострою необхідністю охорони унікальних, особливо важливих елементів об'єкту.

Для відпрацювання заходів підприємства по підвищенню надійності потрібно підходити обдуманно, всесторонньо оцінюючи їх технічну і економічні сторони. Заходи будуть економічно обґрунтовані в тому випадку, якщо вони максимально пов'язані з задачами, які вирішуються в мирний час з ціллю забезпечення безаварійної роботи об'єкту поліпшення умов праці,

удосконаленні виробничого процесу. Приміром таких рішень можуть служити використання сховищ для охоронних цілей і обслуговування населення, будівництво підземних ємностей для горючих, отруйних і агресивних рідин і газів. Особливо велике значення має розробка інженерно-технічних заходів при новому будівництві, так як при новому будівництві, так як в процесі проектування в багатьох випадках можна досягнути логічного поєднання загальних інженерних рішень з охоронними заходами ГО, що знизить затрати на їх реалізацію. На діючих об'єктах заходи по підвищенню стійкості їх роботи потрібно проводити в процесі реконструкції або виконанні других ремонтно-будівних робіт.

### **7.2.3 ВИСНОВКИ РОЗДІЛУ**

Основні заходи для рішення задач підвищення безпеки роботи підприємств:

- захист робочих і службовців від зброї масового ураження;
- підвищення надійності важливих елементів об'єктів і вдосконалення технологічного процесу;
- підвищення стійкості матеріально технічного поставок;
- підвищення стійкості управління об'єктом;
- розробка заходів по зменшенню виникнення вторинних факторів враження і наслідків після них;
- підготовка до відновлення виробництва після ураження об'єкту.

Розробка і впровадження заходів по підвищенню стійкості роботи об'єкта в більшості випадків проводиться в мирний час.

#### **Підвищення стійкості технологічного процесу**

Насичення сучасних технологічних ліній засобами автоматики, телемеханіки, електронної і напівпровідникової техніки в значній мірі сприяє вдосконаленню технологічних процесів, але в цей час робить ці процеси більш вразливі до вражаючих факторів ядерного вибуху.

Необхідні вимоги надійності технологічного процесу – стійкість системи управління і безперебійне забезпечення всіма видами енергозабезпечення.

#### Санітарні профілактичні заходи

Санітарна обробка – це комплекс заходів по ліквідації зараження робітників, населення радіоактивними, отруйними речовинами або бактеріальними засобами – складова частина спеціальної обробки. Своєчасне і якісне проведення санітарної обробки: знезаражування поверхні тіла і поверхневих слизистих оболонок, одягу і взуття значно знижують можливість ураження людей, які знаходились в зонах ураження, і в цілому попереджують розповсюдження інфекції за межі зони бактеріологічного зараження. Поділяються вони на частинну і повну.

Під частинною санітарною обробкою розуміється механічна очистка і обробка відкритих ділянок тіла, зовнішніх поверхонь одягу, взуття, засобів індивідуальної безпеки або протирання за допомогою індивідуальних протихімічних пакетів. Вона проводиться в епіцентрі ураження в ході проведення СНАВР, і носить характер недовготривалої і переслідує ціль попередити небезпеку вторинного інфекціонування людей.

Повна санітарна обробка – знезаражування тіла людини дезінфікуючою рецептурою, обмивка людини зі зміною білизни і одягу, дезінфекція (дезінсекція) знятого одягу. Ціль обробки – повне знезаражування від радіоактивних, отруйних речовин одягу, взуття, засобів індивідуального захисту, поверхнею тіла і слизових оболонок. Повною санітарною обробкою підлягають робочі, службовці і евакуйоване населення після виходу з вогнищ ураження. Усі обмивочні пункти потрібно розміщувати по єдиній схемі, відповідно до якої будуть ставитися інші приміщення : регулювальний пост, площадка зрошення верхнього одягу і взуття, роздягальня, обмивочна, гардероб, а також допоміжні приміщення для складування мішків з зараженим одягом, обмінний фонд одягу і взуття, медичний пункт, кімната матері і дитини, кімната працівників обмивочного пункту, комірка, туалет. Приміщення повинні розділятися на “брудну” і “чисту” половини.

Знезараження одягу, взуття і засобів індивідуального захисту в залежності від ситуації і можливостей проводиться: камерним методом; газовим способом в пристосуваннях камерах, ємностях, приміщеннях; замочуваннях в розчинах дезинфектантів; під час прання в пральних машинах. Можливо також знезараження одягу парами формальдегіду в поліетиленових мішках при кімнатній температурі. Найбільш реальний метод знезараження документів – газовий : дією суміші окису етилену і бромистого метилу в поліетиленових мішках при дозуванні 2 мкл препарату на 1 л об'єму при температурі 35 градусів на протязі 1 години.

## **8 ЕКОЛОГІЯ**

### **8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища**

Охорона навколишнього середовища являє собою систему природничих, виробничо-технічних, економічних та адміністративно-правових заходів, здійснюваних в країні та направлених на збереження і контрольовану зміну навколишнього середовища в інтересах суспільства, що розвивається,

Згідно “Закону про охорону навколишнього середовища” та “Закону про екологічну експертизу” кожен проект, що розробляється, потрібно проаналізувати з точки зору його негативного впливу на довкілля та здоров'я людини і відшукати шляхи зменшення цього впливу.

Згідно теми дипломного проекту розробляється комп'ютеризована система автоматичного керування установкою мікроклімату та каналного опалення, тому головні забруднення вважатимемо ті, які утворюються на місці оператора ЕОМ, на базі якої виконана система керування і контролю в цілому.

### **8.2 Забруднення довкілля викликані реалізацією дипломного проекту та заходи по їх уникненню**

Сучасні технології та техніка, до яких безперечно належать комп'ютерні технології та ЕОМ несуть у собі певні потенційні небезпеки та шкідливості. У зв'язку з цим набуває актуальності вивчення фізіологічних, психологічних, соціальних та виробничих наслідків взаємодії у системі “людина-комп'ютер” та розробка і впровадження заходів щодо нормалізації праці та збереження здоров'я працівників на комп'ютеризованих робочих місцях.

В повітрі зовнішнього природного середовища як і в повітряному середовищі приміщень завжди є наявна певна кількість заряджених частинок, що називаються іонами. Так в  $1 \text{ см}^3$  чистого зовнішнього повітря міститься близько 1000 негативних іонів і понад 1200 позитивних. Іонний склад повітря

може значно змінюватись під впливом цілої низки факторів, до яких також належить специфіка виробничої діяльності. Так, проведені дослідження підтвердили факт суттєвої трансформації іонного складу повітря на робочих місцях з ВДТ (відео-дисплейний термінал) протягом виробничої зміни. Встановлено, що вже через 5 хвилин роботи ВДТ концентрація легких негативних іонів знизилась приблизно у 8 раз, а через 3 години роботи – була вже на рівні, близькому до нуля. Істотно знизилась концентрація середніх та важких негативно заряджених частинок. Разом з тим концентрація позитивних іонів зростає, і через 3 години роботи звіт у повітрі робочої зони переважали позитивно заряджені частинки усіх розмірів. Така зміна балансу іонного складу повітря призводить до несприятливого впливу на здоров'я користувачів ВДТ. Дослідження, проведені як за кордоном, так і в Україні підтвердили негативний вплив, зумовлений збільшенням кількості позитивних іонів на розумову та фізичну працездатність, розвиток втоми, діяльність серцево-судинної системи, відзначено значний вплив на систему реєстрації інформації, передусім на її найбільш лабільну ланку – короткотермінову пам'ять. В той же час результати досліджень засвідчують сприятливий вплив негативних іонів, що знаходяться в повітрі, на здоров'я людини. СНіП 0.03-3.06-80 “Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень” регламентує рівні іонізації повітря приміщень при роботі з ВДТ та ПК (табл. 8.1).

Таблиця 8.1 – Рівні іонізації повітрі приміщень при роботі за ВДТ та ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см <sup>3</sup> повітря	
	n <sup>+</sup>	n <sup>-</sup>
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально допустимі	50 000	50 000

Необхідні концентрації позитивних та негативних іонів в повітрі робочих зон можна забезпечити застосуванням:

- генераторів негативних іонів;

- установок штучного зволоження;
- примусової вентиляції (привітрювання, системи загально обмінної припливно-витяжної вентиляції, пристрої місцевої вентиляції);
- захисних екранів, що заземлені.

### **Забруднення повітря на робочих місцях з відео-дисплейним терміналом.**

Чимало досліджень було присвячено визначенню хімічного складу повітря на робочих місцях операторів ВДТ. Багатьма дослідниками було відмічено, що до кінця робочого дня в повітрі робочої зони різко зростає концентрація CO<sub>2</sub>, яка сягала від 0,12 - 0,13 до 19 % (в атмосферному повітрі CO<sub>2</sub> міститься 0,03 %).

В Німеччині опубліковані дані про те, що на робочих місцях операторів ВДТ виявлені діоксан та фуран, які викликають ракові захворювання. Як виявилось, ці шкідливі для здоров'я сполуки входили на правах, так званих, полібромованих протилежних речовин до складу пластмас, з яких виготовляли електронні плати та корпуси дисплеїв.

В інших дослідженнях було виявлено, що концентрації поліхромованих біфенілів (ПХБ) в приміщеннях (офісах) з ВДТ в кілька разів перевищували значення ПХБ для приміщень без ВДТ. Дослідники припускають, що ПХБ можуть виділятися конденсаторами та трансформаторами ВДТ.

Важливо підкреслити, що концентрації вищезазначених речовин лише у рідкісних випадках перевищували гранично допустимі концентрації (ГДК). В той же час, у більшості досліджень серед речовин, у яких було виявлено перевищення ГДК у повітрі біля робочих місць з ВДТ найчастіше називались озон, оксиди азоту, пил.

Електромагнітні поля та електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.

Біосфера впродовж усієї еволюції знаходилась під впливом електромагнітних полів, так званого фонового випромінювання, викликаного природними причинами. У процесі індустріалізації людство додало до цього цілий ряд факторів, посиливши фонове випромінювання. В зв'язку з цим

ЕМП антропогенного походження почали значно перевищувати природній фон і дотепер перетворились у небезпечний екологічний фактор.

Усі електромагнітні поля та випромінювання діляться на природні та антропогенні.

ЕМП природного походження. Навколо землі існує електричне поле напруженістю приблизно у середньому 130 В/м, яке зменшується від середніх широт до екватора, а також за експоненціальним законом з віддаленням від земної поверхні. Спостерігаються річні, добові та інші варіації цього поля, а також випадкові його зміни під впливом грозових розрядів, опадів, завірюх, пилових бур, вітрів.

Наша планета також має магнітне поле з напруженістю 47 А/м на північному, 39,8 А/м – на південному полюсах, 19,9 А/м – на екваторі. Це магнітне поле коливається з 80 - річним та 11 - річним циклами змін.

Земля постійно знаходиться під впливом ЕМП, які випромінює сонце, у діапазоні в основному 10 МГц - 10 ГГц. Спектр сонячного випромінювання досягає і більш короткохвильової області, яка включає в себе інфрачервоне(ІЧ), видиме, ультрафіолетове (УФ), рентгенівське та гамма-випромінювання. Інтенсивність випромінювання змінюється періодично, а також швидко та різко збільшується при хромосферних спалахах.

Розглянуті ЕМП впливали на біологічні об'єкти та зокрема на людину під час усього її існування. Це дало змогу у процесі еволюції пристосовуватися до впливу таких полів та виробити захисні механізми, які захищають людину від можливих ушкоджень за рахунок природних факторів. Однак все ж спостерігається кореляція між змінами сонячної активності (викликаними ними змінами електромагнітного випромінювання) і нервовими, психічними, серцево-судинними захворюваннями людей, а також порушенням умовно-рефлекторної діяльності тварин.

Антропогенні випромінювання фактично охоплюють усі діапазони. Розглянемо вплив радіохвильового випромінювання, зокрема випромінювання ВЧ та УВЧ діапазонів (діапазони 30 кГц – 500 МГц). Можливості прямого



опромінення радіохвилями визначаються умовами їх розповсюдження, які залежать від довжини хвилі.

На довгих хвилях (10 - 1км)

ЕМП створюється хвилею, яка огинає земну поверхню та перешкоди, які на ній знаходяться (будинки, рослинність, нерівності місцевості), і йде між земною поверхнею та нижньою межею іонізаційного шару атмосфери. Вони майже не поглинаються ґрунтом. Сигнали потужних радіомовних станцій в цьому діапазоні фактично у будь-який час доби вільно розповсюджується на далекі відстані.

Вплив електромагнітних полів на організм людини.

Під впливом ЕМП та випромінювань спостерігається загальна слабкість, підвищена втома, пітливість, сонливість, а також розлад сну, головний біль, біль в ділянці серця. З'являється роздратування, втрата уваги, зростає тривалість мовнорухової та зоровомоторної реакцій, підвищується межа нюхової чутливості. Виникає ряд симптомів, які є свідченням порушення роботи окремих органів – шлунку, печінки, селезінки, підшлункової та інших залоз.

У дослідженнях дітей відзначено порушення розумової працездатності внаслідок зниження уваги через розвиток послідовного гальмування та пригнічення нервової системи. Фіксувалися прискорений пульс та дихання, підвищення артеріального тиску при фізичному навантаженні та сповільнене повернення до норми цих показників при його знятті.

Поряд з радіохвильовою хворобою як специфічним результатом дії ЕМП спостерігається, завдяки його впливу, загальне зростання захворюваності, а також захворювання окремими хворобами органів дихання, травлення та ін. Це відмічається також і при дуже малій інтенсивності ЕМП, яка незначно перевищує гігієнічні нормативи.

Джерелами електромагнітних випромінювань в радіотехнічних пристроях є генератор, тракти передачі енергії від генератора до антени, антенні пристрої, електромагніти в установках для термічної обробки

матеріалів, конденсатори, високочастотні трансформатори, фідерні лінії. При їх роботі в навколишнє середовище поширюються ЕМП.

Встановлені правилами гранично допустимі рівні (ГДР) ЕМП поширюється на діапазон частот 30 кГц – 300 ГГц .

Незважаючи на значну кількість проведених досліджень питання щодо механізму впливу цього випромінювання на біологічні системи залишається відкритим. Точно встановленою можна вважати лише теплову дію, однак механізм та особливості впливу нетеплових форм біологічної дії ще до кінця не з'ясовані. Така нетеплова дія може бути викликана з одного боку, кількістю енергії радіочастотного випромінювання, що підвищує локальну та загальну температуру тіла не більше ніж на 0,2 °С, а з іншого боку, специфічним впливом випромінювання на деякі біофізичні явища: біоелектричну активність, вібрацію субмікроскопічних структур, енергетичне збудження (часто резонансне) на молекулярному рівні.

Деякі дослідники вважають, що кількість енергії радіочастотного випромінювання занадто мала для того, щоб викликати іонізацію. Однак цієї енергії може бути достатньо для збудження коливань макромолекул, молекул та атомів, при цьому може також відбуватись поляризація останніх.

В низці досліджень було виявлено, що радіочастотне випромінювання впливає на деякі хімічні та ферментативні реакції, порушуючи їх усталений хід. Особливо вразив дослідників той факт, що на відміну від рентгенівських променів для радіочастотного випромінювання властиві певні незвичні явища: небезпека їх впливу не обов'язково зменшується зі зниженням інтенсивності опромінення. Деякі дослідники висловлюють припущення, що радіочастотні випромінювання діють на клітини організму лише при малих значеннях інтенсивності випромінювання або ж на конкретних частотах – у “вікнах прозорості”.

Численні публікації вказують що, радіочастотне випромінювання, впливаючи на ЦНС, є ваговим стрес-фактором, нехтувати яким аж ніяк не можна.

Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону, що генерується ВДТ пов'язані перш за все з частотою формування елемента зображення, а також з інтенсивністю електронного променя, що зумовлює яскравість точок на екрані.

Проведенні вимірювання радіочастотного випромінювання навколо ВДТ в діапазоні від 300 МГц до 18 ГГц показали, що у переважній більшості їх значення були нижчими  $1 \text{ В/м}^2$ .

При використанні більш чутливої апаратури були виявлені випромінювання в діапазоні 1-200 МГц. Слід зазначити, що ці випромінювання дуже локалізовані, тому результати вимірювання суттєво залежать від відстані, місця розташування вимірювального приладу відносно ВДТ та режимів його роботи. Звичайна напруженість полів знаходиться в межах від  $1 \text{ мВ/м}$  до  $0,5 \text{ В/м}$  та у межах від  $0,1 \text{ мкА/м}$  до  $200 \text{ мкА/м}$ .

Ряд дослідників реєстрували і вкрай низькі електромагнітні поля з часто біля ВДТ, хоча в цьому діапазоні проведено ще мало вимірювань.

Отже, проведені експериментальні дослідження характеру та інтенсивності електромагнітного випромінювання показали, що рівні такого випромінювання нижчі від допустимих значень, визначених відповідними нормами. Проте, однозначної думки щодо відсутності шкідливого впливу електромагнітного випромінювання (особливо радіочастотного діапазону) ВДТ на користувача немає. Тільки після проведення ретельних та всеосяжних досліджень з вивчення комплексного впливу цих випромінювань на людський організм можна остаточно визначитись у цьому питанні.

### **8.3 Заходи по зменшенню шкідливих впливів і забруднень**

Згідно державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами і електронно-обчислювальними машинами ДСанПіН 3.3.2.007-98 встановлюються спеціальні санітарно-гігієнічні вимоги до організації робочих місць.

## **Вимоги до виробничих приміщень для експлуатації ВДТ ЕОМ та ПЕОМ**

Об'ємно-планувальні рішення будівель та приміщень для роботи з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ мають відповідати вимогам цих Правил. Розміщення робочих місць з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ у підвальних приміщеннях, на цокольних поверхах заборонено.

Площа на одне робоче місце має становити не менше ніж 6,0 кв. м, а об'єм не менше ніж 20,0 куб. м.

Приміщення для роботи з ВДТ повинні мати природне та штучне освітлення відповідно до СНиП II-4-79.

Природне освітлення має здійснюватись через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ чи північний схід і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче ніж 1,5 %. Розраховується КПО за методикою, викладеною в СНиП II-4-79.

Виробничі приміщення для роботи з ВДТ (операторські, диспетчерські) не повинні межувати з приміщеннями, в яких рівні шуму і вібрації перевищують допустимі значення (виробничі цехи, майстерні тощо) за СН 3223-85, СН 3044-84, ГР 2411-81, ГОСТ 12.1.003-83.

Звукоізоляція огорожувальних конструкцій приміщень з ВДТ має забезпечувати параметри шуму, що відповідають вимогам СН 3223-85, ГОСТ 12.1.003-83, ГОСТ 12.1.012-90 (дод. 1).

Приміщення для роботи з ВДТ мають бути обладнані системами опалення, кондиціонування повітря, або припливно-витяжною вентиляцією відповідно до СНиП 2.04.05-91. Нормовані параметри мікроклімату, іонного складу повітря, вмісту шкідливих речовин мають відповідати вимогам СН 4088-86, СН 2152-80, ГОСТ 12.1.005-88, ГОСТ 12.1.007-76 (дод. 2, 3).

Віконні прорізи приміщень для роботи з ВДТ мають бути обладнані регульованими пристроями (жалюзі, завіски, зовнішні козирки).

Для внутрішнього оздоблення приміщень з ВДТ слід використовувати дифузно-відбивні матеріали з коефіцієнтами відбиття для стелі 0,7 - 0,8, для стін 0,5 - 0,6.

Покриття підлоги повинне бути матовим з коефіцієнтом відбиття 0,3 - 0,5. Поверхня підлоги має бути рівною, неслизькою, з антистатичними властивостями.

Забороняється для оздоблення інтер'єру приміщень ВДТ застосовувати полімерні матеріали (деревинно-стружкові плити, шпалери, що миються, рулонні синтетичні матеріали, шаруватий паперовий пластик тощо), що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини.

Полімерні матеріали для внутрішнього оздоблення приміщень з ВДТ можуть бути використані при наявності дозволу органів та установ державної санітарно-епідеміологічної служби.

### **Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища приміщень з ВДТ ЕОМ та ПЕОМ**

#### **Мікроклімат.**

У виробничих приміщеннях на робочих місцях з ВДТ мають забезпечуватись оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря (ГОСТ 12.1.005-88, СН 4088-86).

Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі приміщень з ВДТ мають відповідати санітарно-гігієнічним нормам N 2152-80 (дод. 3).

#### **Шум і вібрація.**

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях, обладнаних ВДТ ЕОМ і ПЕОМ, мають відповідати вимогам СН 3223-85, ГОСТ 12.1.003-83, ГР 2411-81 (дод. 1).

Устаткування, що становить джерело шуму (АЦП, принтери тощо), слід розташовувати поза приміщенням для роботи ВДТ ЕОМ і ПЕОМ.

Для забезпечення допустимих рівнів шуму на робочих місцях слід застосовувати засоби звукопоглинання, вибір яких має обґрунтовуватись спеціальними інженерно-акустичними розрахунками.

Під час виконання робіт з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ у виробничих приміщеннях значення характеристик вібрації на робочих місцях мають не

перевищувати допустимі відповідно до СН 3044-84, ГОСТ 12.1.012-90 (дод. 5).

### **Неіонізуючі електромагнітні випромінювання.**

Значення напруженості електростатичного поля на робочих місцях з ВДТ (як у зоні екрана дисплея, так і на поверхнях обладнання, клавіатури, друкувального пристрою) мають не перевищувати гранично допустимих за ГОСТ 12.1.045-84, СН 1757-77 (дод. 6).

Значення напруженості електромагнітних полів на робочих місцях з ВДТ мають відповідати нормативним значенням (ГДР N 3206-85, ГДР N 4131-86, СН N 5802-91, ГОСТ 12.1.006-84) (дод. 6).

Інтенсивність потоків інфрачервоного випромінювання має не перевищувати допустимих значень відповідно до СН 4088-86, ГОСТ 12.1.005-87.

Інтенсивність потоків ультрафіолетового випромінювання має не перевищувати допустимих значень відповідно до СН 4557-87.

Іонізуючі електромагнітні випромінювання на відстані 0,05 м від екрана до корпусу відеотермінала при будь-яких положеннях регулювальних пристроїв не повинна перевищувати  $7,74 \times 10$  в ст. -12 А/кг, що відповідає еквівалентній дозі 0,1 мбер/год. (100 мкР/год.) НРБУ N 57.

## ВИСНОВОК

В дипломній роботі розроблено систему автоматичного управління параметрами мікроклімату на базі мікропроцесорних модулів. За основу використано універсальний восьмиканальний мікропроцесорний регулятор-вимірювач на базі однокристальної мікро ЕОМ MSC51, призначений для побудови автоматичних систем контролю і регулювання установок мікроклімату та каналного опалення загально-обмінного типу.

Був проведений аналіз основних параметрів мікроклімату у приміщеннях. Відповідно розглянуті відповідні моделі параметрів мікроклімату за допомогою яких можна досягнути відчуття повного кліматичного комфорту в розглянутих варіантах. Для цього, використані засоби індивідуального автоматичного регулювання, які по заданому алгоритму змінюють теплові потужності обігрівальних приладів та регулюють, відповідно, режими загальнообмінної вентиляції. Згідно проведеного аналізу зроблені висновки, згідно яких не рекомендується підвищувати температуру поверхонь приміщення вище 24 °С.

Проаналізовано параметри котрі впливають на енергозбереження, вплив на них алгоритмів управління системою. Всі системи кондиціонування й вентиляції розраховані на деякі усереднені умови. Витрату зовнішнього повітря визначали на штатну кількість людей з реальними коефіцієнтами завантаженості приміщень. Реально в приміщенні може перебувати менш 20% від прийнятого значення, звичайно в такому випадку розрахункова витрата зовнішнього повітря буде явно надлишковою, робота вентиляції в надлишковому режимі приведе до необґрунтованої втрати енергоресурсів.

Тому обґрунтовано розглянуто кілька режимів експлуатації - зимовий і літній, перехідний, денний і нічний. Автоматика здатна встановити подібні режими, з врахуванням коефіцієнта завантаженості, і відповідно реалізована енергоефективність системи та економія ресурсів.

Система регулює витратні характеристики зовнішнього повітря залежно від стану середовища усередині приміщення, тобто система

автоматики містить у собі газоаналізатори на шкідливі гази й підбирає значення витрати зовнішнього повітря таким чином, щоб вміст шкідливих газів не перевищував гранично допустимих значень.

Кінцеве ускладнення системи автоматики приводить до подорожчання системи в цілому, але подорожчання окупляється за рахунок енергоефективності системи управління мікрокліматом приміщень.

Система автоматичного управління параметрами мікроклімату використовує універсальний регулятор-вимірювач восьмиканальний (в подальшому «ВРМУ-Х8») в якості локального пункту автоматичного управління. Кожне контрольоване приміщення, з метою організації у ньому автоматизованого управління параметрами мікроклімату обладнується пристроєм «ВРМУ-Х8», який здійснює контроль та вимірювання необхідних показників. Дані параметри регламентовані державними будівельними нормами України, – «ДБН В.2.5-67:2013» «Опалення, вентиляція та кондиціонування», та санітарними нормами і правилами, – «ДСН 3.3.6.042-99» «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». У відповідності цих документів мікроклімат приміщень визначається наступними параметрами: «температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового (інфрачервоного) опромінення, температура поверхні».

Крім цього в дипломній роботі розроблено загальну систему управління для контролю та управління параметрами мікроклімату. Окремі локальні пункти автоматизованого управління і контролю параметрів мікроклімату в ізольованих, одне від одного, приміщеннях об'єднанні в загальну систему з використанням промислової цифрової мережі стандарту «RS-485» та відповідних протоколів цифрової передачі даних. Блок центрального пункту автоматизованого управління забезпечує синхронізацію та координацію всіх локальних пунктів, виконаних на базі «ВРМУ-Х8», відповідно здійснює збір даних з віддалених локальних пунктів, їх обробку, індикацію та передачу на ПЕОМ.



Розроблена система дозволить ефективно управляти усіма параметрами мікроклімату у приміщеннях, забезпечить високі показники енергоефективності.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.

1. Берковский, Б. М. Вычислительный эксперимент в конвекции / Б. М. Берковский, В. К. Полевиков. – Минск: Университетское, 1988. – 167 с.
2. Численное моделирование вихревой интенсификации теплообмена в пакетах труб / Ю. А. Быстров [и др.]. – СПб.: Судостроение, 2005. – 392с.
3. Ferziger, J. H. Computational Methods for Fluid Dynamics / J. H. Ferziger, Milovan Peric. – Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hong Kong; London; Milan; Paris; Tokyo: Springer, 2002. – 423 p.
4. Зигель, Р. Теплообмен излучением / Р. Зигель, Дж. Хауэлл; пер. с англ.; под ред. Б. А. Хрусталева. – М.: Мир, 1975. – 936 с.
5. Дульнев, Г. Н. Применение ЭВМ для решения задач теплообмена: учеб. пособие для вузов / Г. Н. Дульнев, В. Г. Парфенов, А. В. Сигалов. – М.: Высш. шк, 1990. – 207 с.
6. Патанкар, С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости / С. Патанкар; пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.
7. Богословский. В. Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1982. – 415 с.
8. Банхиди, Л. Тепловой микроклимат помещений: расчет комфортных параметров по теплоощущениям человека / Л. Банхиди; пер. с венг. В. М. Беляева; под ред. В. И. Прохорова и А. Л. Наумова. – М.: Стройиздат, 1981.–248 с.
9. Nilsson, H. O. Comfort climate evaluation with thermal manikin methods and computer simulation models / H. O. Nilsson, I. Holmer // Indoor Air. – 2003. – Vol. 13. – P. 28–37.
10. Моделирование микроклимата отапливаемых помещений / Дячек П.И., Захаревич А.Э, Теплоэнергетика, Минск: Белорусский национальный технический университет, 2008. – с. 34-47

11. СНиП 2.04.05-91 \*. Опалювання, вентиляція і кондиціонування.
12. СНиП 2.04.05-91\* - Приложение 1. Обязательное. Допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне жилых, общественных и административно-бытовых помещений.
13. СНиП 2.04.05-91\* - Приложение 2. Обязательное. Расчетные температуры, скорость и относительная влажность воздуха на постоянных и непостоянных рабочих местах производственных помещений
14. СНиП 2.04.05-91\* - Приложение 3. Обязательное. Расчетные нормы температур и скорости движения воздуха при воздушном душировании
15. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах. Сташин В.В. и др., 64, 1 С\_ч 1990 0:00, 224
16. Микропроцессорный комплект БИС серии К1816 для цифровой обработки сигналов: Справочник. Белоус А.И. и др., 65, 1 С\_ч 1992 0:00, 256
17. Цифровые фильтры и устройства обработки сигналов на интегральных микросхемах. Высоцкий Б.Ф., 65, 1 С\_ч 1984 0:00, 216
18. Элементы приборов и устройств: Курсовое проектирование. Учебное пособие для студентов вузов в 2-х ч. / Н.П. Нестерова, А.П. Коваленко, О.Ф. Тищенко и др.; под редакцией О.Ф. Тищенко. – М.: Высш. школа, 1978. – 232с.

# ДОДАТКИ