

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО

Завідувач кафедри

Ігор ЧИЧУРА

«__» _____ 2023 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної магістерської роботи

на тему:

**СИСТЕМА КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ ВИРОБНИЧИХ
ПРИМІЩЕНЬ**

Виконала:

Діана ФОЗЕКОШ
(ім'я та прізвище)

(підпис)

Керівник:

проф. Валентин ІВАНИЦЬКИЙ
(вчене звання, ім'я та прізвище)

(підпис)

Ужгород – 2023

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної магістерської роботи: 66 сторінок, 6 таблиць, 18 рисунків, 6 додатків, 12 джерел посилань.

КЛІМАТ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ, КОНТРОЛЬ КЛІМАТУ, АЛГОРИТМ МІКРОКОНТРОЛЕРА

Об'єкт дослідження – автоматична система керування кліматом виробничих приміщень цеху пресування пластмасових деталей.

Мета роботи - розробити електронну систему автоматичного керування кліматичними параметрами повітряного середовища виробничих приміщень для штампування пластмасових виробів.

Методи дослідження – аналітичний огляд інформації, математичне моделювання, проектування електронної схеми, розробка алгоритму для програми мікроконтролера.

Проаналізовано санітарні норми та сучасні системи автоматичного контролю клімату виробничих приміщень. На основі такого аналізу та вимог завдання роботи розроблена концепція для проектування системи контролю клімату цеху штампування пластмас.

Розроблено електричні структурну та принципову схеми системи контролю клімату. Підібрано основні компоненти системи. Створено алгоритм для практичного програмування мікроконтролера автоматичної системи керування кліматом виробничих приміщень.

ABSTRACT

The magister's thesis contains: 66 pages, 6 tables, 18 figures, 6 additions, 12 reference sources.

PRODUCTION PREMISES CLIMATE, CLIMATE CONTROL, MICROCONTROLLER ALGORITHM

The object of the research is an automatic climate control system of the production premises of the plastic parts pressing.

The purpose of the work is to develop an electronic system for automatic control of the climatic parameters of the air environment of production premises for stamping plastic products.

Research methods – analytical information review, mathematical modeling, design of electronic circuits, development of an algorithm for a microcontroller program.

Sanitary standards and modern systems of automatic climate control of production premises were analyzed. Based on this analysis and the requirements of the work task, a concept was developed for the design of the climate control system of the plastic stamping.

The electrical structural and principle diagrams of the climate control system have been developed. The main components of the system have been selected. An algorithm has been created for practical programming of the microcontroller of the automatic climate control system of industrial premises.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ.....	11
1.1. Працездатність робітників та мікроклімат виробничих приміщень.....	11
1.2 Параметри мікроклімату виробничих приміщень.....	13
1.3 Аналіз систем керування мікрокліматом виробничих приміщень.....	19
2 АНАЛІЗ ЗАВДАННЯ РОБОТИ ТА РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ПРОЕКТОВАНОЇ СИСТЕМИ	26
2.1 Аналіз та конкретизація завдань роботи для цеху компресійного формування пластмасових деталей.....	26
2.2 Розробка концепції проектування автоматизованої системи контролю мікроклімату цеху компресійного пресування пластикових деталей.....	30
3 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ	34
4 ВИБІР КОМПОНЕНТ ДЛЯ ПРОЕКТОВАНОЇ СИСТЕМИ.....	37
4.1 Годинник реального часу.....	37
4.2 Модуль мікроконтролера Arduino Uno R3.....	39
4.3 Схема підключення модуля годинника DS1307 до модуля мікроконтролера....	40
4.4 Вибір датчиків температури та вологості повітря.....	41
4.5 Вибір датчика концентрації окису вуглецю.....	43
4.6 Вибір датчика для вимірювань рівня освітленості робочих місць.....	46
5 ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОГО БЛОКУ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ.....	49
6 СТВОРЕННЯ АЛГОРИТМУ ПРОГРАМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ.....	55
ВИСНОВКИ.....	63

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ				
		Прізвище ім'я	Підпис	Дата					
Розробив	Фозекош Д.Д.				Система керування мікрокліматом виробничих приміщень Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів	
Перевірів	Іваницький В.П.					у	6	67	
Т. контроль						ІТФ, кафедра ПБ, 2 курс магістри заочна форма			
Н. контроль									
Затвердив	Чичура І.І.								

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....65

Додаток А СТРУКТУРНА СХЕМА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ

Додаток Б ЗАГАЛЬНА СХЕМА ЗОВНІШНІХ КОМУТАЦІЙ ТА
ПРИЗНАЧЕННЯ ВХОДІВ/ВИХОДІВ МОДУЛЯ ARDUINO UNO R

Додаток В ПРИНЦИПОВА СХЕМА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ

Додаток Г АЛГОРИТМ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ

Додаток Д ПЕРЕЛІК ЕЛЕМЕНТІВ

Додаток Е ВІДОМІСТЬ ДОКУМЕНТІВ

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

FM – Flash Memory

МК – мікроконтролер

МОП – Міжнародна організація праці

СКК – система контролю клімату

СН – санітарні норми

РК – рідкокристалічний

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

ВСТУП

Ефективну трудову діяльність робітників можна забезпечити лише при врахуванні основних закономірностей фізіологічного та психологічного функціонування людини. Важливою проблемою психології та фізіології праці робітників є значне погіршення працездатності при відхиленні кліматичних умов у виробничих приміщеннях від оптимальних. А саме хороша працездатність є базою комфортної реалізації знань, умінь і досвіду суб'єкта діяльності та фізіологічною основою продуктивності праці робітників [1].

Рівень працездатності працівників різної сфери діяльності суттєво залежить від умов їхньої праці та стану навколишнього середовища. Це обумовлено тим, що дані фактори впливають на динаміку енергетичних затрат організму, які необхідні для подолання несприятливого впливу зовнішніх чинників виробничого середовища. Тому потужним фактором хорошої працездатності і продуктивності праці робітників є забезпечення оптимальних умов фізичних, розумових та психічних трудових навантажень. Особливо важливим фактором це стає при високій механізації та автоматизації виробничих процесів.

Одночасно з удосконалення технології виробництва та скорочення тяжкої ручної праці, на сьогодні одним з найважливіших напрямків підвищення працездатності робітників є передбачення та запобігання виходу параметрів шкідливих чинників виробничого середовища за встановлені критичні норми. Такі ситуації напряму впливають на психологічно-фізіологічний стан та самопочуття працівників і на рівень їх працездатності протягом робочого дня. Найбільш ефективним напрямком вирішення даної проблеми є впровадження автоматичних систем контролю мікроклімату виробничих приміщень, які дозволяють запобігати впливу на працездатність робітників інтенсивних шкідливих чинників.

Таким чином, метою даної роботи ставиться розробка технічної автоматизованої системи контролю клімату виробничих приміщень різних

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

підприємств, яка забезпечить утримання основних параметрів шкідливих чинників на організм працівників у заданих межах.

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

1. Працездатність робітників та мікроклімат виробничих приміщень

Можна знайти чимало різних визначень такої біологічної та економічної категорії як працездатність працівників. У найбільш загальному випадку працездатність можна визначити як здатність певного організму витримувати різноманітні навантаження у визначеному зовнішньому оточуючому середовищі праці робітників [2]. На сьогодні основними із таких навантажень є фізичні м'язові, нервові психічні, енергетичні та інформаційні.

У фізіологічному та економічному аналізі вирізняють загальний рівень працездатності робітників і наявний текучий стан їхньої працездатності.

Загальний рівень працездатності конкретного працівника – це максимально можливий для нього психофізіологічний потенціал у заданих зовнішніх умовах. Цей потенціал визначається такими основними факторами:

- стан загального здоров'я, який задає можливості організму виконувати свої базові життєві функції;
- фізична м'язова сила і фізична витривалість;
- параметри нервових фізіологічних процесів (рухливість, реакція, врівноваженість тощо);
- базові біоенергетичні процеси організму;
- матеріальні та енергетичні запаси організму;
- психічні індивідуальні функції.

Загальний рівень працездатності конкретного робітника залежить від його віку, статі, соціального стану, економічних умов життя та інше. Цей рівень для даного суб'єкта діяльності є достатньо стабільним, оскільки зміни тут проходять повільно, тобто мають відносно довготривалий характер.

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Наявний текучий рівень працездатності робітників характеризується їхнім психофізіологічним потенціалом на даний момент здійснення виробничої діяльності у заданих зовнішніх умовах

Згідно з рекомендаціями, які відзначаються Міжнародною організацією праці (МОП) [3], слід аналізувати та контролювати такі основні чинники навколишнього виробничого середовища, які найбільш інтенсивно впливають на працездатність людини:

- фізичні зусилля на переміщення та утримання вантажів в робочій зоні або для натиснення на предмет праці або важіль під час керування механізмом протягом певного часу;
- напруження нервової системи працівника під час виконання своїх виробничих обов'язків;
- положення тіла людини під час виконання роботи, наприклад, стояння, сидіння, нахили та інше;
- монотонність роботи протягом відповідних періодів часу;
- температурний режим у виробничому приміщенні, де працює людина,
- вологість повітря;
- наявність теплового випромінювання в робочій зоні,
- забруднення повітря різними хімічними домішками;
- запиленість повітря;
- задимленість повітря, яка не дозволяє працівникові вільно дихати;
- різні виробничі шуми та вібрація від обладнання виробничих приміщень;
- наявність відкритих механізмів обертання, які відволікають працівника та змушують його збільшувати уважність при виконанні технологічних процесів;
- рівень освітленості в робочій зоні працівника;
- емоційний стан суб'єкта діяльності та оточуючих його осіб.

Визначені вище основні фактори можна розділити на кілька груп. По-перше, це ті фактори, які визначаються загальними умовами здійснення технологічних процесів. Такі фактори вже закладені в тому технологічному обладнанні, яке розміщене у виробничому приміщенні і тому практично не

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

піддаються текучим змінам (наприклад, фізичні зусилля, положення тіла, шум тощо). Негативний вплив даних чинників виробничого середовища можна знизити лише на стадії розробки технологічного обладнання, при його монтажі та при розробці операцій технологічних процесів на даному обладнанні.

Вплив другої групи факторів на працездатність людини можна знизити однократними або періодичними мірами (наприклад, влаштуванням загороджень, зміною положень тіла та інше).

І, нарешті, до третьої групи належать ті фактори, які змінюються постійно у виробничому приміщенні. Саме ці фактори і визначають, по суті, мікроклімат робочої зони працівників. Це – температурний режим, вологість повітря, забруднення повітря, запиленість повітря, задимленість повітря та рівень освітленості в робочій зоні. Одні із перерахованих вище факторів є загальними для будь-якого виробничого приміщення, а інші – характерні лише для виробничих приміщень із виконанням особливих технологічних процесів. Тому при розробці системи контролю мікроклімату слід чітко визначити ті шкідливі чинники, які є основними для даного виробничого приміщення.

1.2 Параметри мікроклімату виробничих приміщень

Мікроклімат закритих виробничих приміщень характеризується набором різних чинників, до основних із яких відносять температуру повітря, вологість повітря, наявність та інтенсивність повітряних потоків, атмосферний тиск, рівень освітлення, хімічний склад повітря (зокрема, концентрації кисню, вуглекислого газу, аміаку, сірководню, окису вуглецю тощо), концентрація твердих домішок (пил, частинки диму, тощо), концентрація біологічних домішок (мікроорганізми, віруси тощо).

Із перерахованих вище слід виділити ті показники мікроклімату виробничого приміщення, які, як правило, швидко змінюються постійно і неперервно в часі. До них відносяться температура, вологість та хімічний склад повітря. Тому такі фактори доцільно контролювати неперервно під час

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

виробничої діяльності працівників. Інші показники мікроклімату змінюються значно повільніше і їх можна контролювати періодично протягом робочого дня, наприклад атмосферний тиск, освітлення, запиленість та задимленість повітря.

У процесі трудової діяльності людина взаємодіяє з виробничим середовищем напряму. При оптимальних умовах мікроклімату в організмі робітників завдяки терморегуляції підтримується постійна оптимальна температура тіла. Вона є результатом динаміки кількості тепла, яке утворюється в організм людини і яке залежить від рівня фізичного навантаження працівника, і інтенсивності тепловіддачі, яка визначається мікрокліматичними умовами виробничого середовища, у якому робітник працює. До таких умов слід віднести й тип одягу, який характерний для працівників конкретного виробничого приміщення.

Таким чином, оптимальні параметри мікроклімату визначаються критеріями загального та локального відчуття теплового, психологічного і фізичного комфорту людини протягом робочої зміни без надлишкових навантажень механізмів терморегуляції і без відхилень у стані самопочуття і здоров'я працівників.

Проаналізуємо коротко вплив кожного з основних параметрів мікроклімату на рівень працездатності працівників, беручи до уваги санітарні норми [2].

Температура повітря.

Для людини задля доброго фізичного самопочуття оптимальним вважається досить вузький діапазон температур. Для виробничих приміщень це діапазон від +18°C до +27°C, а для офісних виробничих приміщень від +22°C до +32°C. Вихід за межі цих нормованих діапазонів знижує працездатність працівників та може призвести до їх захворювань.

Таким чином, варіації температурного режиму можуть як позитивно, так і негативно впливати на працівників. Зокрема, підвищення температура перешкоджає швидкій зміні рухів працівника і прискорює вихід води з його організму. У свою чергу, зменшена температура сковує рухи працівника та затруднює нормальну фізичну діяльність людини.

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Вологість повітря.

Оптимальна вологість повітря сприятливо впливає на шкірну, дихальну і нервову системи людини. При відхиленні від оптимальних значень волога може бути надмірною або недостатньою для працездатності людини.

Для виробничих приміщень встановлені такі норми допустимих значень вологості повітря: від 25% до 70%. При цьому рівень вологості від 40% до 50% вважається найбільш комфортним для найліпшого самопочуття робітників.

Відповідно для прийнятих оптимальних рівнів концентрації вологи в повітрі приміщень слід враховувати, що в різних зонах виробничої площі приміщень є різні джерела надходження вологи, а також джерела, які інтенсивно підсушують повітря. Тому для систем контролю мікроклімату доцільним є зонування виробничих приміщень за рівне вологості.

Вологість повітря суттєво впливає на самопочуття та працездатність людини. При високій вологості зменшується віддача тепла організмом, а зниження вологості покращує процес тепловіддачі. Але дуже низька вологість теж негативно впливає на самопочуття робітників – це викликає надмірне висихання слизових оболонок дихальних шляхів.

Верхня межа достатньої терморегуляції людини визначається комплексною дією температури та вологості оточуючого середовища. Для прикладу, у стані спокою прийнято вважати верхню допустиму температуру біля 30°C при відносній вологості 85%, у той час як при вологості 30% ця межа підвищується до 40°C. При виконанні ж інтенсивної фізичної праці ця межа різко знижується до значень температури повітря від +15°C до +20°C.

Слід також зазначити, що комфортне самопочуття працівників забезпечується не лише співвідношенням температури та відносної вологості повітря, але залежить і від третього фактору – швидкості руху повітряних потоків у виробничих приміщеннях. Таким чином, для встановлення оптимального діапазону параметрів умов терморегуляції людини необхідно аналізувати одночасну дію трьох фізичних факторів повітря: температури, вологості та швидкості потоків. І для одного конкретного виробничого приміщення величини

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

цих трьох факторів можуть відрізнятися, у порівнянні з іншим виробничим приміщенням.

Концентрація вуглекислого газу.

На самопочуття, комфортний стан та на якість виконання виробничих задач працівниками суттєво впливає і рівень концентрації вуглекислого газу (CO_2). Встановлено, що для комфортного існування людина має дихати повітрям, у якому концентрація вуглекислого газу не перевищує 0,04%. Відомо, що при диханні в ході метаболічних процесів в організмі робітника концентрація вуглекислого газу повітря, яке видихається, зростає більше ніж в 100 разів і перевищує 4%. У результаті у виробничих приміщеннях з недостатнім надходженням повітря зовні концентрація вуглекислого газу стрімко зростає. До такого ж результату можуть приводити і різні технологічні процеси, наприклад, зварювання, паяння, нагрів деталей тощо.

При зростанні концентрації вуглекислого газу вище норми отруєння організму протікає зовсім непомітно для працівників, оскільки цей газ не викликає ніякого фізичного відчуття різних систем: дихання, зору, слуху та інше. А при рівні концентрації вуглекислого газу понад 1% повітря стає смертельно небезпечним для людини. Тому, у більшості випадків, саме концентрація вуглекислого газу стала основним показником якості хімічного складу повітря виробничих приміщень.

Граничною допустимою для робітників вважається концентрація вуглекислого газу 0,1%. При перевищенні цієї межі в людини починає виникати відчуття задухи, з'являється фізична слабкість, тривожить головний біль, підвищується артеріальний тиск і знижується концентрація уваги. Все це зумовлює поступове значне зменшення працездатності працівників. При тривалому ж впливі вищих за норму концентрацій вуглекислого газу у працівників виникають хронічні отруєння та розвиваються хронічні хвороби кровоносної, центральної нервової та дихальної систем людини.

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Концентрація кисню.

У атмосферного повітря концентрація кисню лежить біля 21%. А в повітрі, яке видихається ця концентрація зменшується приблизно до 16%. При цьому зменшення концентрації кисню у закритому приміщенні до такої величини не призводить до помітних змін працездатності та самопочуття працівників. Тому, у більшості випадків, контролювати концентрацію кисню у виробничих приміщеннях немає потреби. Однак деякі технологічні процеси різних виробництв протікають із інтенсивним вбиранням кисню з оточуючої атмосфери. У таких випадках концентрація кисню теж повинна стати важливим параметром для систем контролю мікроклімату.

Атмосферний тиск.

Даний фактор є важливим чинником самопочуття лише метеозалежних працівників та людей похилого віку. Тому даний чинник дуже рідко може входити до параметрів, які підлягають контролю зі сторони систем керування мікрокліматом виробничих приміщень.

Інші хімічні та фізичні домішки у повітрі.

Концентрація окислу вуглецю (чадного газу), аміаку, сірководню, частинок пилу, частинки диму та інші домішки не є загальними чинники мікроклімату виробничих приміщень. Однак вони стають дуже важливими для тих або інших виробництв, характер яких пов'язаний з інтенсивним продукуванням таких домішок. Тому питання введення в систему контролю мікроклімату давачів даних параметрів вирішується у процесі аналізу конкретних умов проведення виробничих процесів.

Освітленість робочих зон виробничих приміщень.

Надійність орієнтування людини у просторі, виконання нею фізіологічних функцій та різних видів технологічних операцій суттєво залежить від виду і від якості освітлення робочої зони кожного працівника. Тому до освітлення виробничих приміщень також ставляться певні гігієнічні вимоги. Освітлення повинно бути рівномірним і достатнім для швидкого й легкого розрізнення об'єктів, забезпечувати необхідну контрастність між об'єктом і фоном, не

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

повинно засліплювати працівника і не має створювати інтенсивних світлових бликів на об'єктах, які підлягають виробничому процесу. Крім того, добре організоване і раціональне освітлення робочих зон у приміщенні створює у працівників позитивний психологічний тонус, сприяючи попередженню зорової і загальної втоми, а, відповідно, підвищує продуктивність праці. Слід мати на увазі, що недостатня освітленість виробничих приміщень може бути і непрямою причиною нещасних випадків на виробництві.

Занадто висока чи замала освітленість у приміщенні призводить до того, що робітникам потрібно більше часу для аналізу текучого стану об'єктів праці. Також тривалі періоди роботи в неналежно освітлених виробничих приміщеннях можуть призвести до різних професійної хвороби зору та виснажують нервову систему працівників.

Найсприятливішим для людини є природне освітлення. Однак його використання завжди доповнюється і штучним освітленням. При цьому як природне, так і штучне освітлення виробничих приміщень і робочих зон має відповідати державним нормам [4].

У більшості випадків у виробничих приміщеннях використовують природне бокове освітлення, тобто освітлення світлом, яке проникає через вікна або через прозорі частини стін. У свою чергу, штучне освітлення переважно буває верхнім за рахунок світла ліхтарів, встановлених на стелі виробничих приміщень. А в цілому основним варіантом освітлення виробничих приміщень є комбіноване: поєднання бокового природного та верхнього штучного.

Для забезпечення необхідних санітарних норм освітлення в робочих зонах працівників використовують кілька базових типів конструктивного виконання штучного освітлення: загальне, місцеве, комбіноване та за конкретним функціональним призначенням. Тип використаного освітлення визначається характером технологічних процесів, які виконуються на конкретних робочих місцях.

Згідно норм [4] для штучного освітлення нормується не тільки абсолютне значення освітленості в люксах, але залежно від характеру зорової роботи

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

враховується величина яскравості фону, контрасту робочих об'єктів і фону, тип джерела світла і особливості конструктивного виконання системи освітлення.

Норми освітленості для виробничих приміщень встановлені для випадку горизонтальної площини, розміщеної на висоті 0,8 м від підлоги. Для основних типів приміщень такі норми наведені в таблиці 1.1.

Максимальне значення освітлення більших виробничих приміщень складає 5000 лк.

Таблиця 1.1 – Норми мінімальної освітленості робочих зон різних виробничих приміщень [4]

Тип приміщення	Мінімальний рівень освітленості, лк	Мінімальний коефіцієнт природного освітлення
Різні технологічні цехи	200	1
Приміщення для виконання різних зорових операцій	300	1
Вестибюлі, коридори, технічні приміщення	75	0,5
Логістичні приміщення	50	-

Коефіцієнт природного освітлення є відношення рівня природного освітлення до штучного освітлення у світлий період доби.

1.3 Аналіз систем керування мікрокліматом виробничих приміщень

Зростаючі вимогами до параметрів мікроклімату робочих місць підприємств та організацій роблять досить актуальними розробку різних систем безперервного моніторингу та контролю мікрокліматичних чинників та інших характеристик невеликих офісних і великих виробничих приміщень. Такий контроль проводиться відповідно до встановлених санітарних норм та правил, які визначають умови організації та експлуатації відмічених систем.

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Контроль та оптимальне керування мікрокліматом у виробничих приміщеннях різного призначення на сьогодні проводиться на основі впровадження надійних автоматизованих систем наперервного моніторингу параметрів мікроклімату. Такі системи дозволять забезпечити комплексну безпеку персоналу, значно знизити енерговитрати підприємств та виключити вплив «людського фактору».

Для сучасних виробничих приміщень системи контролю клімату (СКК) обов'язково мають автоматизоване керування. Воно дозволяє оптимізувати функціонування кліматичного обладнання, підвищує надійність контролю, забезпечує захист елементів та модулів від нештатних режимів роботи й інше.

Тому в останні роки особливо широкого поширення набувають автоматизовані та автоматичні системи керування мікрокліматом виробничих приміщень. Крім неперервного контролю вони включають виконання різних важливих функцій; обігрів, вентиляція, кондиціювання, фільтрація повітря та регулювання освітлення. У ряді розроблених на сьогодні комерційних зразків таких систем здійснюється також безперервна корекція параметрів мікроклімату всередині приміщень у відповідності до зміни кліматичних умов поза приміщеннями. Більшість сучасних систем проводять контроль мікроклімату в реальному масштабі часу, використовують різні технології збору та обробки великих масивів кліматичних даних, а також застосовують методи випереджаючого прогностичного моделювання.

Таким чином, автоматизована СКК – це система керуючих, виконуючих та інформаційних пристроїв, які в комплексній взаємодії забезпечують підтримку нормативних санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях різного призначення. Характер СКК залежить від тих технологічних та виробничих процесів, які здійснюються в даних приміщеннях.

Головними особливостями автоматизованої СКК виробничих приміщень є їх універсальність та масштабованість. У результаті певна розроблена система може бути встановлена і ефективно використана у приміщеннях багатьох типів виробництв: цехах із виробництва промислових та непромислових товарів,

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

логістичних приміщеннях, магазинах та супермаркетах, складських приміщеннях, офісах та інше. Масштабування даних систем забезпечується додавання нових функціональних модулів, виконуючих пристроїв та давачів і модифікуванням їхнього програмного забезпечення.

Приклад розробки автоматизованої СКК можна знайти в посиланні [5]. Даний прилад призначений для неперервного контроль мікроклімату і виконує такі основні функції:

- контроль факторів загального клімату зовнішнього середовища;
- контроль чинників мікроклімату всередині приміщення;
- слідування за коректністю роботи окремих модулів, складових елементів та СКК в цілому;
- відображення контрольованих величини параметрів клімату та мікроклімату на інформаційному табло;
- порівняння контрольованих параметрів з їхніми прийнятими нормативними значеннями;
- сповіщення оператора та працівників про вихід контрольованих параметрів за допустимі нормативні значення різних чинників мікроклімату.

Розглянутий пристрій є портативним і забезпечує контроль лише трьох параметрів: температура та вологість повітря і концентрація вуглекислого газу. Внаслідок граничної простоти він не керує виконуючими приладами, які можуть здійснювати корегування показників мікроклімату. Його призначення – лише вимірювати контрольовані фактори та надавати відповідну інформацію оператору щодо фізіологічної якості повітря у приміщенні.

Коротко розглянемо інші конкретні приклади сучасної реалізації автоматизованих СКК.

Метеостанції. На сьогодні існують метеостанції різного типу. Для нашої розробки важливим є тип передачі даних від давачів до контролюючого модуля. Основними тут є два способи передачі інформації: провідний та безпроводний.

Провідна система є більш доступною і простою в експлуатації. Але при її монтажі проявляється складність встановлення кабельних ліній зв'язку у

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

виробничих приміщеннях. Безпроводні системи у цьому відношенні значно практичніші і поступово витісняють провідні системи. Контролюючий модуль безпроводної системи можна встановлювати в будь-якій зручній частині виробничого приміщення і пересувати його у разі потреби. Датчики також можна розміщати на різноманітних конструкціях і при необхідності переміщати, встановлювати на внутрішніх чи зовнішніх стінах будівлі тощо.

Однак, недоліком безпроводних систем є можливість виникнення сторонніх завад для надійного функціонування системи. Також негативом є створення власних завад для роботи інших електронних та інформаційних систем виробничого приміщення. Це зумовлено тим, що давачі безпроводних систем передають сигнали на центральний блок у вигляді модульованих електромагнітних хвиль певного радіочастотного діапазону. Ще одним недоліком безпроводних систем є обмежена відстань між давачем та приймаючим сигнали контрольним модулем.

За принципом представлення сигналів сучасні метеостанції можуть бути аналоговими або ж цифровими. При цьому аналогові пристрої у нових розробках зустрічаються дуже мало, оскільки вони характеризуються меншою точністю та надійністю роботи. Тому в нашому проекті будемо орієнтуватися на цифрові системи.

Один із прикладів контрольного модуля цифрової метеостанції наведено на рис.1.1. Даний продукт є універсальним дуже компактним настінним або настільним приладом, який визначає параметри клімату як всередині приміщення, так і погодні умови зовні приміщень. Цей прилад є оригінальною багатофункціональною станцією контролю мікроклімату у приміщеннях різного призначення з кольоровим РК-дисплеєм, можливостями прогнозу погоди на найближчі 12 годин та вбудованим USB-портом для зарядки мобільних пристроїв.

Наведений приклад метеостанції оснащений давачами як параметрів мікроклімату приміщень, так і давачами погодних умов зовні. Такі станції є більш складними та мають більшу вартість. Тому даним типом приладів не зовсім доцільно напряму оснащувати приміщення виробничого типу, оскільки їхні табло

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

несуть зайву інформацію, а, відповідно, психічно завантажують оператора та впливають на його здатність швидко приймати рішення.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд портативної метеостанції WS6825 [6]

Тому даний прилад рекомендується встановлювати у виробничих приміщеннях, де не потрібна дуже швидка реакція на вихід параметрів мікроклімату за нормовані межі:

- офіси, архіви, бібліотеки, їдальні та інше;
- логістичні та складські приміщення;
- науково-дослідні та навчальні лабораторії;
- виробництва без інтенсивних шкідливих впливів у повітря.

Для усунення недоліку інформаційного перенавантаження табло більш доцільним є використання для виробничих приміщень простих високочутливих тергігрометрів, наприклад типу Testo 608-H1 (рис.1.2).

Проаналізовані вище прилади відносяться до систем контролю параметрів мікроклімату приміщень різного призначення. Але вони не мають функцій регулювання значень кліматичних чинників та керування засобами підтримки параметрів виробничого середовища. Тобто, такі прилади несуть у собі тільки інформаційні функції, тоді як у завданні нашої роботи поставлені задачі на здійснення СКК і певних дій зовнішніми виконуючими пристроями.

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд контрольного модуля тергігрометра Testo 608-H1 [7]

Системи розумного будинку. Така автоматична система вже переважно орієнтована на здійснення не інформаційних, а регулюючих дій щодо підтримки параметрів мікроклімату приміщень. Типова система розумного будинку складається з декількох типових електронних приладів та датчиків, за допомогою яких відбувається автоматичне керування основними параметрами та пристроями комфортної життєдіяльності мешканців окремого будинку чи квартири. Приклад технічної реалізації такої системи наведено на рис.1.3 у вигляді стартового набору елементів розумного будинку фірми Xiaomi Smart Home Kit.



Рисунок 1.3 – Зовнішній вигляд набору Xiaomi Smart Home Kit [8].

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Встановлення вказаної системи не потребує додаткових конструктивних змін квартири або будинку, оскільки всі інформаційні процеси протікають по безпроводних лініях зв'язку. Керувати системою можна через смартфон або через спеціальну встановлену програму від фірми виробника. Однак, недоліками систем розумного будинку є досить широкий набір функцій, котрі рідко використовуються в типових СКК виробничих приміщень.

Висновки до першого розділу.

Для забезпечення гарного самопочуття та працездатності робітників потрібно контролювати базові параметри мікроклімату виробничих приміщень. Проведений аналіз показує, що навіть такі комерційні СКК як «розумний будинок» не є оптимальним рішенням для підтримки мікроклімату виробничих приміщень. Вони не ґрунтуються на оптимальних алгоритмах керування, містять у собі надлишкові для виробничих приміщень функції, не дозволяють встановлювати граничні санітарні норми кліматичних параметрів, не контролюють такі важливі виробничі чинники як хімічні домішки в повітрі та освітленість виробничих зон. Однак, запропоновані у них окремі технічні рішення є корисними для використання у нашому проекті. Зокрема це процедура переведення обігрівуючих та вентилуючих виробничих приміщень приладів у різні режими функціонування під час здійснення виробничої діяльності та у періоди зупинки виробничої діяльності (наприклад, на вихідні дні чи вночі).

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

2 АНАЛІЗ ЗАВДАННЯ РОБОТИ ТА РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ПРОЕКТОВАНОЇ СИСТЕМИ

2.1 Аналіз та конкретизація завдань роботи для цеху компресійного формування пластмасових деталей

При розробці систем контролю мікроклімату виробничих приміщень слід аналізувати всі питання в комплексі та приймати рішення відповідно до сукупності даних з врахуванням типу тих виробничих процесів, які виконуються. У нашому передбачається розробка системи мікроклімату для цеху виготовлення різних пластмасових корпусів та деталей.

У цеху розміщено ряд автоматичних машин для здійснення технологічного процесу виготовлення пластмасових виробів методом компресійного формування. Основне призначення компресійного формування – заміна різних металевих деталей на пластикові. Відповідно із даним технологічним процесом нагрітий пластиковий матеріал необхідного об'єму поміщають на прогріту до певної температури нижню частину прес-форми, яка знаходиться на масивній основі робочого устаткування (рис.2.1). Гідравлічний прес притискає розігріту пластичну масу верхньою прес-формою (також нагрітою), забезпечуючи набуття нею необхідної геометричної форми. Після стискання пластику до потрібної форми, відключають нагрів прес-форм, що забезпечує збереження отриманим виробом максимальної міцності. На заключному етапі компресійного методу проводиться охолодження, видалення пластикової деталі з прес-форми та обрізка невеликих наплівів на краях виробу.

Описане компресійне формування в цеху в основному використовується для виготовлення дрібних деталей, які необхідно поставляти підприємствам у великому обсязі та для формування корпусних деталей різних виробів, наприклад, кавоварок. На сьогодні компресійне формування широко використовується в

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

уському світі, оскільки кінцеві вироби механічно дуже міцні, довговічні і хімічно стійкі.

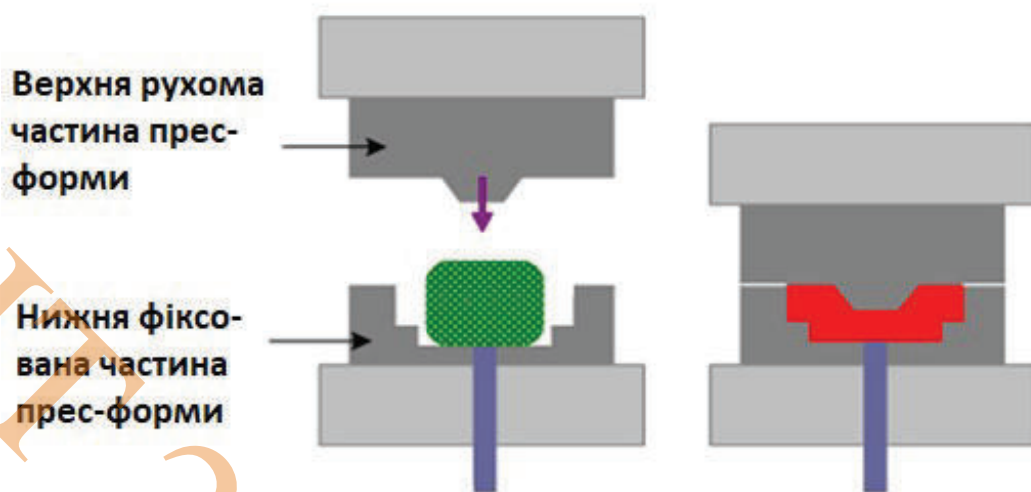


Рисунок 2.1 – Здійснення технологічного процесу компресійного формування виробів із пластмас [9]

Відмітимо, що початкова вартість прес-форми для компресійного формування досить істотна. Але вартість кожної окремої деталі, виготовленої даною прес-формою, низька, оскільки одна прес-форма дозволяє формувати величезну кількість однотипних деталей. Тому саме цей метод є найбільш економічно виправданим для виробництва великих партій різних деталей.

Зазвичай початковий пластиковий матеріал для компресійного формування поставляється в листах. При цьому листи можуть бути зразу ж замовлені з певними стандартними розмірами. Якщо ж розміри листів великі, то їх попередньо розрізають на заготовки потрібної геометричної форми.

У процесі здійснення виробничих процесів пресування виробів із пластмас у навколишнє середовище надходить певна кількість продуктів деполімеризації і термоокислювальної деструкції. Хімічний склад цих продуктів залежить від рецептури пластмаси. Виробничі процеси характеризуються також високим виробничим навантаженням, значною кількістю ручних операцій, напруженням нервової системи та зору. Супутнім несприятливим фактором у компресійному

пресуванні є значне тепловиділення від устаткування та інтенсивні імпульсні шуми.

Дія значної частини шкідливих факторів компресійного пресування усувається конструктивними особливостями устаткування та умовами проведення технологічних процесів. Зокрема, на встановлених у нашому цеху агрегатах діє автоматичне регулювання температури проведення технологічного процесу та встановлена система відсмоктування повітря із робочої зони прес-форм протягом вилучення виготовлених виробів та їх охолодження до певної безпечної температури. Тому виробником пресів гарантується концентрація шкідливих хімічних продуктів, яка не перевищує санітарні норми. Операторам пресів рекомендується працювати в навушниках для зменшення інтенсивності звукових шумів. Всі інші шкідливі чинники має контролювати система керування мікрокліматом

Із наведеного опису технологічного процесу слідує, що до основних параметрів мікроклімату, які має відслідковувати та вимірювати система керування у цеху, відносяться:

- показники мікроклімату середовища праці робітників (відповідно до аналізу розділ 1 це температура та вологість);
- показники якості повітря;
- показники освітленості робочих місць операторів компресійних автоматів та працівників, які обслуговують виробництво пластмасових деталей.

Проаналізуємо інтенсивність дії цих чинників поокремо.

Температура та вологість.

Ці чинники є досить важливим для цеху, тому що в ньому багато обладнання із постійно нагрітими до відносно високої температури прес-фрмами. До того ж, температурний режим оточуючого середовища біля устаткування постійно змінюється за рахунок періодичного включення системи відсмоктування повітря. Це зумовлює постійне надходження повітря в цех зовні. Тому температура та вологість у цеху може змінюватися дуже швидко у значних межах.

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Враховуючи взаємну зв'язаність цих параметрів, вони будуть мати великий негативний вплив на працездатність робітників та на їх самопочуття загалом.

Показники якості повітря.

У цеху компресійного пресування працює небагато робітників. Тому виділенням ними вуглекислого газу можна знехтувати. Це тим більше виправдано при інтенсивному поступленні до цеху зовнішнього повітря. Однак у цеху багато устаткування постійно працює із підвищеними температурами, знаходиться велика кількість пластикових заготовок, існують хімічні випари мастил із систем гідроприводу пресів та інше. У результаті комплексної дії цих чинників у цехах компресійного пресування пластмас є значна небезпека підвищення концентрації чадного газу (окису вуглецю CO). Враховуючи його підступну дію на самопочуття та здоров'я працівників, доцільно в цеху вести неперервний контроль величини цього шкідливого чинника.

Освітленість робочих зон працівників.

Основний склад робітників цеху відноситься до категорії операторів. Особливістю їхньої роботи є високий рівень відповідальності за складне технологічне обладнання та за кінцевий результат діяльності. Для умов компресійного пресування сюди додається також дія імпульсних шумів різної природи та високих температур. Все це зумовлює інтенсивне нервово-емоційне напруження операторів на пультах керування технологічними процесами. Тому в області робочих зон операторів слід забезпечити оптимальні всі інші психофізіологічні умови. Однією з найважливіших із них є ідеальне для операторської роботи освітлення робочих зон. Для нашого випадку таких зон є дві: табло відображення технологічних умов проведення компресійного пресування та робоча зона завантаження заготовок у прес і вилучення готових деталей із нього. Ці дві зони суттєво відрізняються за особливостями освітлення. Тому для кожної із них слід вести окремий контроль рівня освітлення.

Крім операторів у цеху працюють інші робітники, які виконують допоміжні операції. Переважно це транспортування пластикових заготовок до пресів та перевезення готових виробів до цеху їхньої фінішної обробки та тестування. Для

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

цієї категорії працівників слід забезпечити достатній рівень освітлення всієї площі цеху компресійного пресування, оскільки в ньому є багато небезпечних факторів. Відповідно, рівень загального освітлення цеху теж має постійно контролюватися автоматичною системою.

Таким чином, у склад проектованої системи контролю мікроклімату слід ввести моделі, які забезпечують вимірювання з необхідною точністю та контроль таких базових параметрів:

- температури в цеху;
- вологості повітря;
- концентрації окислу вуглецю;
- освітленість робочої зони пульта керування оператора та зони завантаження заготовок у прес;
- загальну освітленість робочого простору цеху.

2.2 Розробка концепції проектування автоматизованої системи контролю мікроклімату цеху компресійного пресування пластикових деталей

У попередньому підрозділі обґрунтовано вибір тих п'яти базових параметрів мікроклімату, які необхідно контролювати у виробничих приміщеннях компресійного формування пластикових деталей. Враховуючи досить велику площу виробничого приміщення – біля 750 м², для більш надійного забезпечення санітарних норм стану повітря доцільно для одного і того ж параметра встановити кілька давачів, розміщених у різних місцях. При цьому будемо керуватися такими тривіальними умовами.

1. Вологість та температура повітря можуть змінюватися в досить широких межах без суттєвого впливу на працездатність і швидко вирівнюються по всьому приміщенні в умовах постійного обміну із зовнішнім середовищем. Тому для цих параметрів пропонуємо встановити два давачі на все приміщення. При цьому місця встановлення даних давачів мають відповідати найбільш критичним

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

мікрокліматичним умовам праці, наприклад, поблизу працюючого обладнання. Діапазон допустимих змін температури для цих давачів задамо на рівні від +18°C до +27°C, а вологості – від 30% до 70%, відповідно з аналізом санітарних норм, проведеним в першому розділі.

2. Концентрація окису вуглецю, зазвичай, дуже повільно змінюється з часом при оптимальних умовах експлуатації компресійного устаткування. Але при суттєвому відхиленні від оптимальних технологічних умов та при нештатних ситуаціях концентрація даного газу може збільшуватися більш помітно. Враховуючи великий об'єм приміщення та постійну імпульсну зміну його складу, вважаємо, що достатньо встановити в цеху один контрольний датчик чадного газу. Граничний рівень концентрації CO даного датчика, згідно із санітарними нормами [10], візьмемо на рівні 4 мг/м³, який на 20% менший допустимого рівня CO у виробничих приміщеннях.

3. Оскільки освітлення цеху забезпечується значною кількістю світильників, розміщених рівномірно по стелі, то для контролю рівня загальної освітленості цеху достатньо встановити один давач. Мінімальний рівень контролю освітленості цим давачем виберемо на рівні мінімальних показників для зорових операцій, тобто 300 лк.

4. Освітлення інформаційного табло та пульта керування установок компресійного пресування забезпечується загальним освітленням у цеху та їхньою локальною підсвіткою. Тому, на нашу думку, недоцільно встановлювати в цій робочій зоні кожного пресу окремий давач рівня освітленості. Більш адекватним організаційним рішенням буде постійне слідкування за справністю світильників освітлення цеху та ламп локальної підсвітки.

5. Робочі зони завантаження заготовок у прес та вивантаження готових деталей із пресу освітлюються як загальною системою світильників, так і додатковими невеликими штатними прожекторами, які забезпечують освітленість на рівні біля 400 лк. Тому ми пропонуємо контроль рівня освітленості в таких робочих зонах вести не технічними, а організаційними заходами. Основним тут є

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

постійний контроль справності локальних освітлювальних приладів кожного компресійного пресу.

Проведений аналіз показує, що для визначеного в завданні до роботи цеху достатньо встановити просту систему контролю мікроклімату, яка постійно буде вимірювати всього шість параметрів: два значення температури, два значення вологості, концентрацію СО та рівень загального освітлення приміщення.

Для контролю визначених параметрів візьмемо метрологічно атестовані датчики із передачею інформаційних сигналів через радіочастотний канал (частотний діапазон вільного користування біля 500 МГц), оскільки в цеху відсутнє електронне та електричне обладнання, здатне генерувати інтенсивні завади у цій області спектру електромагнітних хвиль. Таке рішення значно спрощує процес монтажу всієї системи контролю мікроклімату та робить її високо мобільною та легко доступною для послідувочої модернізації.

Модулі збору та обробки інформації від окремих датчиків ми пропонуємо вибрати у вигляді надійних готових закінчених приладів. Набір таких приладів доцільно встановити на загальне табло. Дане табло є змiст встановити на загальний огляд всіма працівниками цеху. Комплексний збір, збереження, аналіз та архівування даних з усіх цих інформаційних приладів буде здійснювати невеликий центральний комп'ютер нашої системи.

Оскільки в умовах виробничої діяльності цеху компресійного пресування пластмасових деталей дуже мало ймовірними є різкі критичні «викиди» параметрів мікроклімату за встановлені межі, то в систему керування нема змісту вводити будь-які виконуючі пристрої швидкого реагування на вихід шкідливих чинників за встановлені межі. За нашими представленнями тут достатньо ввести в систему лише активне оповіщення керівництва цеху про наближення певних показників до граничної межі. Дану функцію може автоматично здійснювати центральний комп'ютер через інсталювані в ньому стандартні мережі зв'язку (електронна пошта, Viber, Telegram тощо). Конкретні ж необхідні дії з відновлення оптимальних умов праці в цеху (посилення вентиляції, підігрів,

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

конденціювання, осушення, зволоження, заміна світильників та інше) буде організовувати керівництво цеху.

Висновок до розділу 2.

Для реалізації поставленої в роботі мети необхідно виконати такі технічні дії:

- розробити електричну структурну, функціональну, принципову та монтажну схеми проектованої системи контролю мікроклімату;
- підібрати та проаналізувати особливості функціонування окремих компонентів та модулів, які увійдуть до складу систем;
- запропонувати ефективні рішення питань енергозбереження при роботі системи контролю мікроклімату;
- розробити схеми інформаційних та енергетичних потоків у системі;
- описати основні функції системи контролю мікроклімату та розробити алгоритм функціонування даної системи.

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

3 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

На основі зробленого в попередніх розділах аналізу функціонування системи контролю мікроклімату та розробленої концепції проектування даної системи для цеху компресійного пресування пластмасових деталей заводу «Флекс» пропонуємо просту структурну схему нашої розробки, яка наведена в додатку А.

Головним керуючим пристроєм автоматизованої системи доцільно вибрати сучасний мікроконтролер (МК) середньої потужності. Але при використанні МК виникає додаткове не просте завдання здійснити його зовнішню обв'язку допоміжними та обслуговуючими пристроями, а також забезпечити його електричною енергією. Це вимагає додаткових суттєвих затрат часу і коштів. Тому, з нашої точки зору, значно доцільнішим буде застосування у структурі нашої системи готового функціонального модуля в заміन МК. За технічними характеристиками у ролі такого модуля досить доречним є використання одного із сучасних мікроконтролерних пристроїв платформи Arduino. У такому модулі всі завдання зовнішньої комутації вже інтегрально вирішені на високому професійному та технічному рівні. Саме такий модуль ми візьмемо в якості центрального блоку системи керування мікрокліматом (додаток А). Це значно спростить для нас всі етапи технічного проектування системи та розробки програми МК для неї.

Одним із пунктів завдання для кваліфікаційної роботи є введення в систему контролю пристроїв постійного часового моніторингу параметрів мікроклімату із веденням простої бази даних такого моніторингу. Для цього необхідним є введення в систему енергонезалежного годинника реального часу (блок Clock в додатку А) у вигляді сучасного спеціалізованого модуля.

У більшості модулів сучасних МК є вбудований внутрішній таймер. Його функціонування можна розпочати за допомогою спеціалізованої стандартної функції *millis ()* у програмній оболонці Arduino IDE. Від моменту своєї ініціалізації такий таймер буде вести відлік внутрішнього часу роботи МК в

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

KMP.AKIT.10549871.01.000 ПЗ

Арк.

34

мілісекундах. Можна також вибрати МК з вбудованими в нього потужним годинником, який буде відстежувати тривалі проміжки до кількох днів. Але для використання такого МК у націй простій системі нема вагомих як технічних, так і організаційних підстав. Крім того, такі вбудовані годинники мають два серйозні недоліки:

- у мікросхемі відсутнє автономне живлення електричною енергією і внаслідок цього при відключенні від МК зовнішнього джерела покази часу такого годинника «обнуляються»;
- у таких МК не передбачено для годинника просте застосування внутрішніх змінних типу день тижня, місяць або календарний рік.

Таким чином, вбудовані в МК годинники-таймери, у більшості випадків, дають можливість тільки проводити відлік внутрішнього часу в мілісекундах, хвилинах або годинах з моменту подачі електричного живлення на них чи з моменту включення програмної функції *millis ()*. З цієї причини застосування таких годинників не придатне для автоматизації систем неперервного моніторингу певних фізичних величин у режимі реального сонячного чи адміністративного часу. Саме тому ми й вводимо в систему контролю мікроклімату виробничих приміщень окремий зовнішній автономний таймера реального часу.

Технічним пристроєм, який буде служити елементом збереження інформації процесу моніторингу у вигляді бази даних системи, нами вибрано простий модуль пам'яті (блок Flash Memory в додатку А). Інформація бази даних в пам'ять буде записуватись відповідними командами МК через стандартний USB порт модуля Arduino

Оскільки вхідних параметрів граничних величин чинників мікроклімату у нашій системі не багато, то для їх збереження доцільно використати вбудовану в МК пам'ять. Це дозволяє спростити систему контролю, не вводячи в неї додаткові компоненти пам'яті.

Для завантаження відповідної програми МК ми застосуємо також стандартний USB порт модуля Arduino. Через нього буде здійснюватися зв'язок

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

МК із зовнішнім комп'ютером. При цьому на момент інсталяції програми від цього порта буде відключатися зовнішній модуль пам'яті («флешка»).

Інформація про стан мікроклімату у виробничому цеху буде поступати з чотирьох датчиків D1, D2, D3, D4 дистанційно через радіочастотні канали. Дану інформацію будуть приймати, обробляти та візуалізовувати для оператора відповідні модулі MD1, MD2, MD3, MD4. Ці чотири модулі планується встановити на одному пульті оператора (додаток А). На цьому ж пульті можна розмістити модулі мікроконтролера, годинника та пам'яті бази даних. Оскільки параметри температури, вологості та загальної освітленості цеху є не дуже критичним щодо впливу на здоров'я людини, то за їхніми значеннями достатньо періодичного контролю оператора. У той же час перевищення концентрації СО є небезпечним і про такі ситуації необхідно ввести автоматичну сигналізацію. У нашому випадку дану роль виконуватиме малопотужний гучномовець Sound.

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

4 ВИБІР КОМПОНЕНТ ДЛЯ ПРОЕКТОВАНОЇ СИСТЕМИ

4.1 Годинник реального часу

Годинник часу є невід'ємною частиною сучасних систем автоматизації, які працюють в режимі із відображенням реального часу, включаючи рік, місяць та день. Проектована система контролю параметрів мікроклімату має вести постійний неперервний моніторинг санітарних умов праці в цеху пресування пластмасових деталей. Тому в ній ми вводимо такий електронний компонент-годинник.

Досить хорошим вибором сучасного годинника є готовий електронний модуль DS1307 (фірма-виробник - Maxim), який знаходить широке застосування у сучасних приладах побутової та промислової електроніки. Зовнішній загальний вигляд модуль DS1307 з обох сторін друкованої плати наведено на рис. 4.1. Відповідно до наведеного рисунку, даний годинник має вбудоване гніздо для власного незалежного внутрішнього джерела живлення – мініатюрний гальванічний елемент.

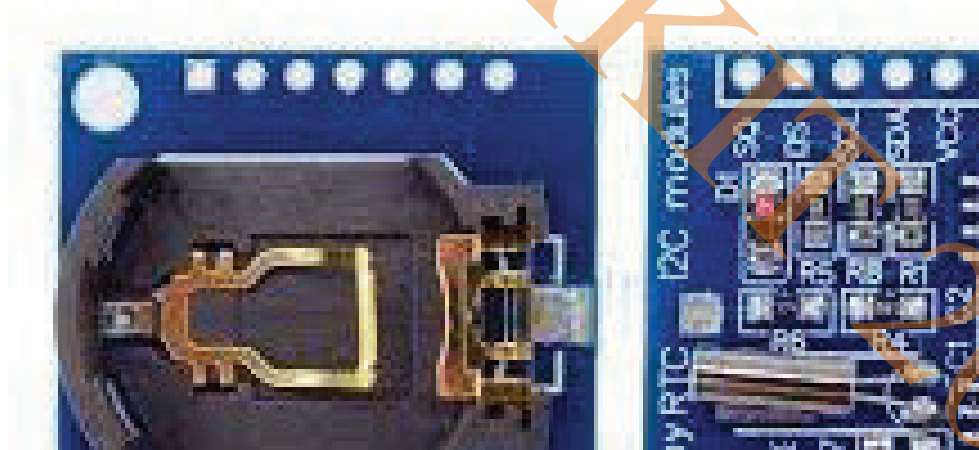


Рисунок 4.1 - Вигляд обох сторін друкованої плати модуля годинника реального часу DS1307 [10]

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Основні експлуатаційні технічні параметрами модуль DS1307 наведені в табл.4.1,

Таблиця 4.1 – Характеристики модуля DS1307 [10]

Параметр	Значення
Джерело живлення для автономної роботи	Літієвий гальванічний елемент
Напруга джерела живлення для автономної роботи	3 В
Напруга додаткового зовнішнього джерела живлення	5 В
Автоматичне виявлення зовнішнього джерела живлення	Присутнє
Об'єм внутрішньої енергонезалежної пам'яті	56 байт
Інтерфейс обміну даними між модулем та МК	I2C
Час автономної роботи від нового гальванічного елемента LIR2032	До 5 років
Діапазон температур оточуючого середовища	Від -40 °C до + 85 °C

Важливими особливостями експлуатації модуля DS1307 є неперервне утримання текучої дати та текучого часу протягом кількох років без внутрішніх програмних переривань. У інтернет джерелах для даного модуля є готові відкриті бібліотеки програм та приклади конкретних багатьох сучасних застосувань електронного годинника. Автономність живлення модуля DS1307 електричною енергією дозволяє зберігати генеровані ним дані досить тривалий час у внутрішній пам'яті.

Слід враховувати важливу особливість годинника DS1307 – він не відслідковує переходи на умовні адміністративні літній та зимовий часи. Таку операцію слід передбачити при програмуванні систем керування, які використовують даний модуль.

4.2 Модуль мікроконтролера Arduino Uno R3

У якості центрального керуючого пристрою використаємо сучасний окремий модуль МК платформи Arduino. Визначеним у завданні до кваліфікаційної роботи умовам цілком задовольняє широко розповсюджений модуль Arduino Uno R3. Основні технічні характеристики даного модуля наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Експлуатаційні параметри модуля Arduino Uno R3 із МК ATmega 328 [11]

Параметр	Значення параметра
Оптимальна ЕРС живлення МК	+5В
Діапазон допустимих ЕРС живлення модуля від зовнішнього джерела	Від 7 до 12 В
Кількість наявних входів/виходів цифрових сигналів	14
Кількість виходів цифрових ШІМ сигналів	6
Кількість входів аналогових сигналів	6
Максимальний вихідна сила струму кожного цифрового виходу	40 мА
Об'єм внутрішньої Flash пам'яті	32 КБ, із яких 0.5 кб займає Bootloader
Величина SRAM	2 КБ
Об'єм EEPROM	1 КБ
Частота генератора мікропроцесора	16 МГц

Схема рекомендованих комутацій та призначення входів та виходів модуля Arduino Uno R3 для роботи з іншими компонентами системи контролю мікроклімату наведено в додатку Б.

4.3 Схема підключення модуля годинника DS1307 до модуля мікроконтролера

Згідно з рекомендаціями фірми виробника, електронний модуль DS1307 ми можемо під'єднати до будь-якого МК, який працює з ЕРС живлення величиною +5 В та має можливість реалізації зв'язку із зовнішніми пристроями за стандартним протоколом обміну інформацією інтерфейсу I2C. У такому випадку для підключення модуля годинника реального часу DS1307 до плати модуля Arduino ми використаємо 4 контакти 5-ти пінового рознімача порту інтерфейсу I2C (рис. 4.2).

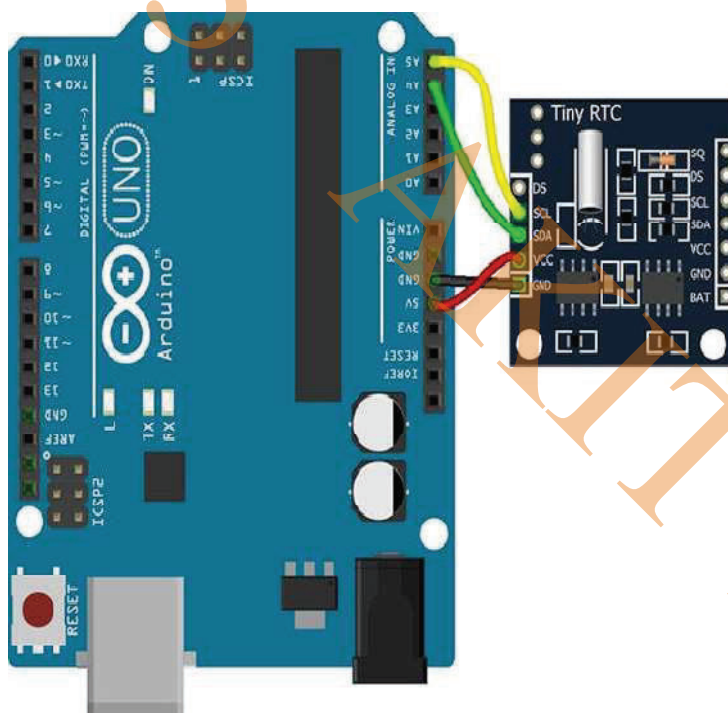


Рисунок 4.2 – Можлива конфігурація з'єднання модуля DS1307 із платою МК Arduino Uno R3

					KMP.AKIT.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Наведена вище схема забезпечує також додаткове живлення модуля DS1307 від зовнішнього джерела живлення МК, яке організоване через чорний та червоний провідники. Зеленим та жовтим провідниками на схемі показано канал надходження даних годинника до модуля Arduino через його аналогові входи А4 та А5. При програмуванні МК для цих двох входів необхідно замінити їхній статус – запрограмувати на приймання текучої дати та текучого часу у вигляді цифрових сигналів. Внутрішня архітектура МК ATmega 328 дозволяє це легко зробити.

4.4 Вибір давачів температури та вологості повітря

Задля спрощення та зменшення вартості системи контролю слід вводити до її складу мінімальну кількість давачів, з цією метою використовуємо один давач для виміру двох важливих параметрів клімату навколишнього середовища: температури і вологості повітря.

У інформаційному просторі широко представлені різноманітні сучасні давачі як температури, так і вологість повітря, для прикладу можна навести прилади DHT11 (або DHT22) [17], які мають високу надійність, велику тривалість надійної роботи, малу вартість та невеликі геометричні розміри. Однак такі датчики відносяться до класу аматорських і не придатні для використання у серйозних системах клімат-контролю виробничих приміщень. До того ж, ці давачі мають значну похибку вимірювань.

Для нашої розробки ми виберемо давач температури та вологості для промислового використання Si7021, який має хорошу точність вимірювань, високу швидкість роботи та низьке енергоспоживання. Зовнішній вигляд цього давача наведено на рис.4.3.

Проаналізуємо особливості вибраного нами давача на основі його параметрів, які наведені в табл.4.3.

Модуль Si7021 є комплексним давачем з підвищеною точністю вимірювань. Його основою є полімерний діелектрик у якості сенсора вологості оточуючого

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

середовища та кремнієвий сенсор температури. Така матеріальна база дозволяє виготовляти сам давач за твердотільною КМОП технологією у вигляді інтегральної мікросхеми. Крім цього до складу модуля входять блоки аналогово-цифрового перетворювача сигналів, високостабільного калібрування даних та формувач сигналів за стандартом I2C інтерфейсу.

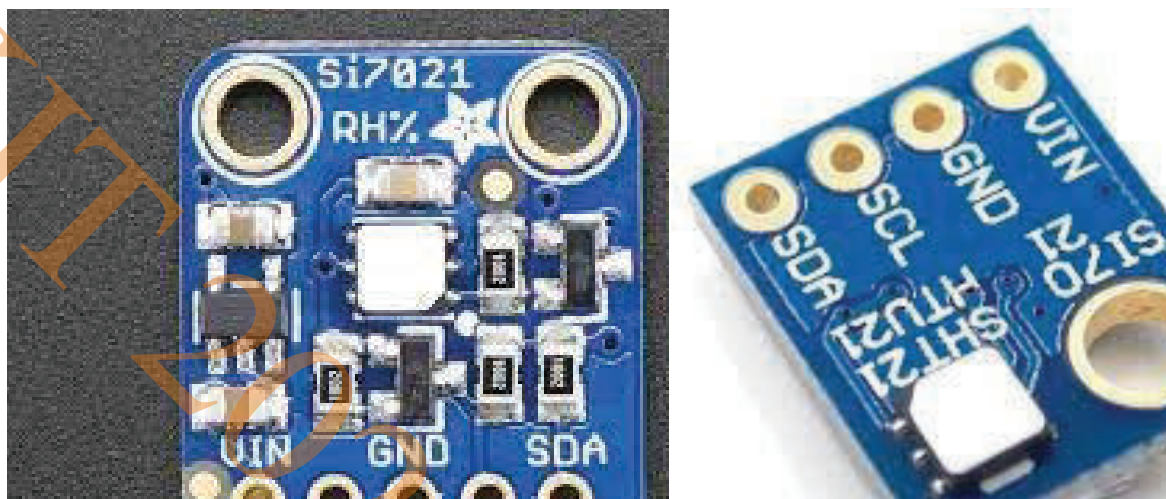


Рисунок 4,3 – Зовнішній вид давача Si7021 з обох сторін друкованої плати

Таблиця 4.3 – Основні параметри давача Si7021

Параметр	Значення параметра
Діапазон допустимих ЕРС живлення	Від 2 до 3,6 В
Вихідний сигнал	Цифровий
Діапазон вимірювання відносної вологості	Від 0 до 100 %
Точність вимірювання відносної вологості	± 3 %
Діапазон вимірювання температури	Від -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$
Точність вимірювання температури	$\pm 0,4^{\circ}\text{C}$
Роздільна здатність представлення величин	0,1
Поточне калібрування	Не потрібне

Визначальними особливостями модуля Si7021 є також малий дрейф нуля та гістерезис вихідних сигналів. Такі параметри забезпечують хорошу довгострокову стабільність показів даного модуля. Крім того, кожен давач індивідуально калібрується на заводі виробнику, а отримані калібрувальні дані зберігаються і його енергонезалежній пам'яті. Це забезпечує повну швидку взаємозамінність модулів Si7021 без необхідності нового калібрування та внесення змін у програму керування давачами.

4.5 Вибір давача концентрації окису вуглецю

Широко розповсюдженими є давачі концентрації чадного газу типу MQ-135. Вони відносяться до класу дешевих приладів і мають ряд суттєвих недоліків. Одним із них є велика сила струму споживання у робочому режимі – біля 150 мА. Крім того, сенсор даних датчиків реагує на присутність в оточуючому середовищі парів аміаку, хімічних сполук сірки, бензолу, сульфідів і диму. У результаті точність вимірювання концентрації чадного газу такими давачами є досить низькою і їх використання не рекомендується для промислових систем клімат-контролю.

Значно кращими за технічними параметрами є готові модулі давача концентрації окису вуглецю фірми Winsen типу MH-Z14 або MH-Z19. Зовнішній вигляд даного типу модулів із загальним розміщенням компонент наведено на рис.4.4, а основні експлуатаційні параметри та характеристики роботи наведені в табл.4.4.

Вибрані модулі характеризуються малим рівнем споживання електричної енергії та досить швидким виходом на робочий режим. Вони можуть надійно працювати у широкому діапазоні змін температури та вологості оточуючого середовища.

Модулі MH-Z19 мають інформаційні вихідні порти за двома стандартами: послідовний UART-інтерфейс та ШІМ вихід. Обидва вихідні інтерфейси мають

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

логічні рівні TTL-логіки за стандартною ЕРС +3,3 В. Однак вони можуть працювати і з відповідною логікою +5 В.

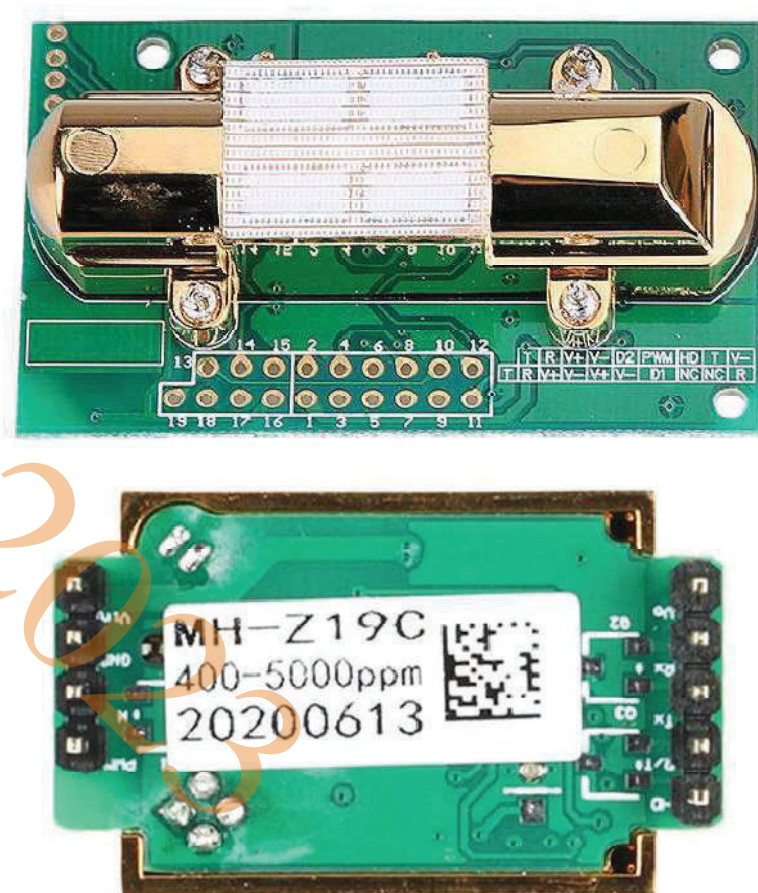


Рисунок 4,4 – Зовнішній вигляд давача концентрації чадного газу МН-Z19 зі сторони сенсора (зверху) та зі сторони друкованої плати

Модулі МН-Z19 передбачені для роботи у промислових приміщеннях в одному із двох діапазонів вимірювань: від 400 ppm до 2000 ppm або від 400 ppm до 5000 ppm. Вибір діапазону здійснюється програмно через UART-інтерфейс. У модулях передбачені електронні блоки термокомпенсації, що дозволяє їх використовувати у широкому діапазоні температур від -10 °С до +50 °С з мінімальними похибками вимірювань.

При використанні модулів МН-Z19 слід враховувати їхню інерційність – при вимірюванні концентрації окису вуглецю давачу потрібен деякий проміжок

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

часу (біля 1 хвилини) для стабілізації сигналу та видачі коректних результатів вимірювання.

Таблиця 4.4 – Основні експлуатаційні параметри давача МН-Z19

Параметр	Значення параметра
Діапазон допустимих ЕРС живлення	Від 3,6 В до 5,5 В
Напруга логічних рівнів вихідного сигналу	3,3 В
Середня сила споживаного струму	18 мА
Проміжок часу розігріву до робочого стану	3 хв
Проміжок часу одного вимірювання	Менше 60 с
Відносна похибка вимірювання концентрації	4 %
Термін напрацювання на відмову	Більше 5 років
Поточне калібрування	Не потрібне

Також слід звернути увагу на те, що на початку роботи модуля після подачі на нього енергії живлення необхідно дати можливість прогрітисся сенсору до встановленої робочої температури, що триватиме протягом не менше 3 хвилин. Під час прогріву проводити вимірювання концентрації окису вуглецю не рекомендується, оскільки отримані результати не будуть відповідати реальним умовам.

Таким чином, обраний нами модуль МН-Z19 є хорошим приладом для нашої автоматичної системи контролю клімату промислових приміщень. Дані давачі мають високу чутливість і хорошу роздільну здатність. Їхня вихідна характеристика близька до ідеальної лінійної, а стабільність і відтворюваність показів є рекордними для такого класу приладів.

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

4.6 Вибір давача для вимірювань рівня освітленості робочих місць

У якості давача рівня освітленості нами був обраний також професійний прилад німецької фірми Rixen типу LXT-401A. Його зовнішній вигляд наведено на рис.4.5, а основні технічні параметри наведені в табл.4.5. Даний датчик є сенсорною частиною багатьох сучасних люксметрів і може використовуватися як у промислових приміщеннях, так і поза ними. Корпус приладу має не тільки ергономічний дизайн, але й відповідає ступені захисту від вологи і пилу за стандартом IP65. Сенсором датчика є кремнієвий елемент з оптичним фільтром, який забезпечує хорошу відповідність світловому спектру різних джерел освітлення й має довготривалу стабільність вимірювань.



Рисунок 4.5 – Зовнішній вигляд давача рівня освітленості LXT-401A

Датчик LXT-401A має 3 діапазони вимірювання освітленості:

- від 0 до 2000 лк;
- від 0 – 20000 лк;
- від 0 до – 200000 лк.

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Він забезпечує швидкий результат вимірювання та може застосовуватися в різних галузях, де потрібна висока точність контролю рівня освітленості, а також у люксометрах.

Таблиця 4.5 – Основні експлуатаційні параметри давача LXT-401A

Параметр	Значення параметра
Діаметр приймача	16 мм
Діапазон змін величини вихідного сигналу	Струм від 4 мА до 20 мА
Відносна похибка проведення вимірювань	3 %
Час відгуку на зміну освітленості	Менше 0,3 с
Живлення від зовнішнього джерела з ЕРС у діапазоні	Від 9 В до 32 В
Споживаний струм	Більше 150 мА
Температура оточуючого середовища	Від -40 °С до +65 °С
Захист та стійкість водонепроникного корпусу	Клас IP65
Діаметр корпусу	90 мм

Калібрування давача RIXEN LXT-401A проводиться за двома параметрами: нуль відліку та значення діапазону вимірювань. При цьому обидва ці параметри регулюються в кожному діапазоні вимірювань окремими високоточними потенціометрами.

Точність вимірювань може бути перевірена за допомогою стандартної лампи розжарювання із температурою 2856 К, яка входить у комплект поставки давача за окремим замовленням. При цьому кожен давач поставляється каліброваними та забезпечений внутрішньою системою термостабілізації, що дозволяє швидко інтегрувати його у робочу систему контролю мікроклімату.

Описані вище елементи автоматичної системи контролю мікроклімату виробничих приміщень відносяться до інформаційних приладів. Крім них у дану

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

систему необхідно також ввести окремі модулі керування, які будуть розглянуті нами при проектуванні функціональних схем роботи елементів системи контролю.

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

5 ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОГО БЛОКУ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ

На основі розробленої структурної схеми та вибраних компонент спроектуємо електронний блок автоматичної системи контролю клімату виробничого цеху. Його особливості ілюструє електрична принципова схема, яка наведена в додатку В.

Індикаторну та сигнальну частину електронного блоку ілюструє рис.5.1. Вона містить чотири канали світлової індикації та канал вмикання звукового сигналу тривоги. При цьому канал включення звукової сигналізації нами реалізована на простому транзисторному ключі VT1 і 5-ти вольтовому зумері. Крім того, у інформаційну частину схеми введено кнопка підтвердження отримання сигналу тривоги S1. Вона відключає зумер у випадку її натискання оператором інформаційного пульта.

Індикатори включають три канали інформування про стан робочого середовища цеху за інтегральним показником:

- канал зеленого кольору інформує про комфортні робочі умови;
- канал жовтого кольору вказує на певні відхилення від комфортних умов праці за одним або кількома показниками;
- канал червоного кольору свідчить про наближення певного показника клімату приміщення до граничної межі.

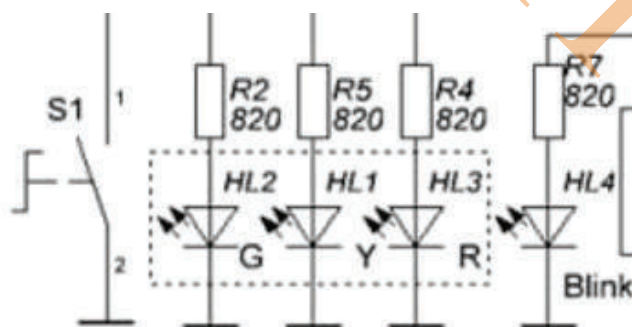


Рисунок 5.1 – Індикаторно-сигнальна частина електронного блоку

					KMP.AKIT.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Індикаторна частина містить також сигнальний канал на основі блимаючого світлодіода HL4. Цей канал вмикається, якщо в системі контролю виявляються певні неполадки, наприклад, не працює один із датчиків.

Концентрація вуглекислого газу в нашому пристрої визначається датчиком МН Z-19В, який передає виміряні дані керуючому МК через послідовний інтерфейс стандарту. Живлення цього датчика здійснюється джерелом ЕРС + 5 В, Але, відповідно із стандартом UART, вхідні та вихідні сигнали такого послідовного інтерфейсу працюють з рівнями 3,3 В. Перевищення даної напруги може призвести до руйнування інформаційних кіл датчика МН Z-19В. Для уникнення таких ситуацій, а також для узгодження логічних рівнів сигналів датчика з МК ми застосували спеціальний конвертер сигналних рівнів, який на рисунках будемо позначати як функціональний модуль «Converter». Дана частина електронного блоку наведена на рис.5.2.

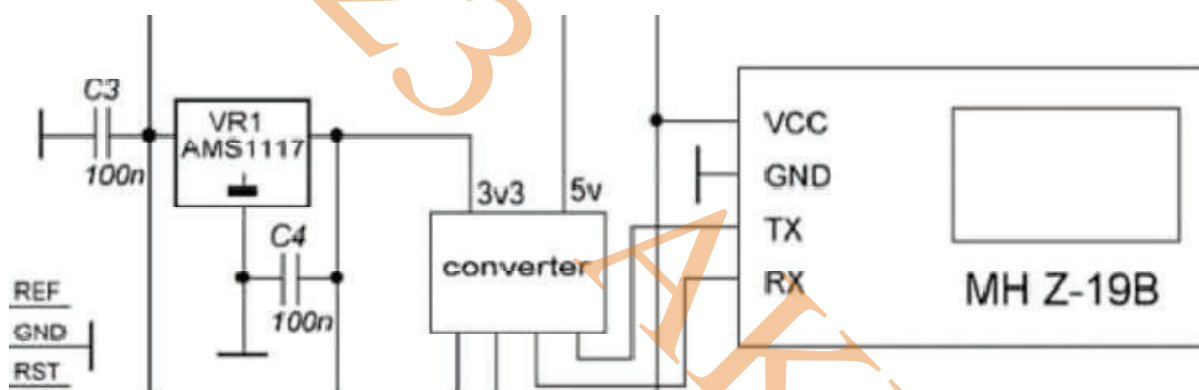


Рисунок 5.2 – Кола узгодження логічних рівнів сигналів датчика МН Z-19В та модуля UART

Як видно із наведеного рисунку, основну функцію цієї частини електронного блоку виконує перетворювач-стабілізатор напруги VR1 AMS1117. На його вхід подається ЕРС +5 В, а з виходу ЕРС +3,3 В подається на модуль конвертера.

Відповідно із прийнятою нами концепцією розробки системи контролю клімату, у приміщенні цеху розміщуються у різних зонах датчики температури та вологості оточуючого повітря. Інформація від них на МК передається через

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

радіочастотний канал. Дану функцію забезпечує стандартний радіомодуль nrf24L01. Частина схеми його підключення наведена на рис.5.3.

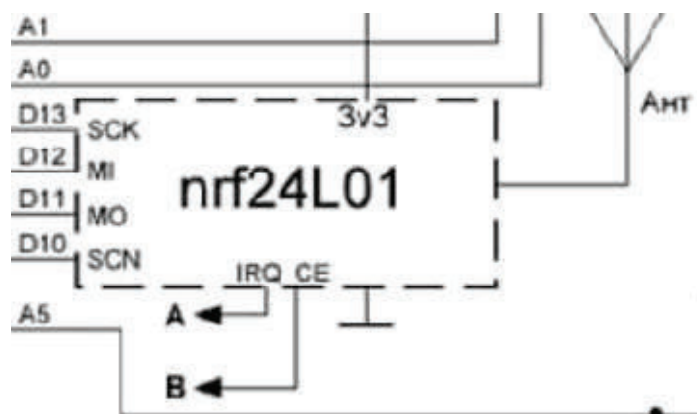


Рисунок 5.3 – Схема підключення радіомодуля до МК

Використаний нами радіомодуль дозволяє підключати по радіоканалу зв'язку п'ять зовнішніх пристроїв, які знаходяться на віддалі до 100 метрів від нього. Відповідно, через даний радіомодуль система керування кліматом буде отримувати дані від датчиків температури, вологості та концентрації вуглекислого газу.

Оскільки датчики будуть розміщуватися у різних точках встановлення у приміщенні цеху, то їх живлення організуємо автономно від акумуляторних батарей з необхідною величиною ЕРС для кожного з них. Живлення ж МК, інформаційного табло, сигнального модуля та радіомодуля забезпечимо від мережі змінного струму 220 В, оскільки їх доцільно встановити прямо на робочому місці оператора.

Для перетворення змінної напруги 220 В в необхідну постійну стабільну ЕРС +5 В використовується стандартний перетворювач із стабілізацією вихідної напруги.

Взаємодію годинника реального часу із МК організуємо на основі аналізу особливостей електричної принципової схеми модуля DS1307. Для цього використаємо дані сайту [18] у вигляді креслень, наведених на рис. 5.4 та 5.5. На цих же рисунках відображені сигнали інтерфейсних портів модуля годинника.

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ

Арк.

51

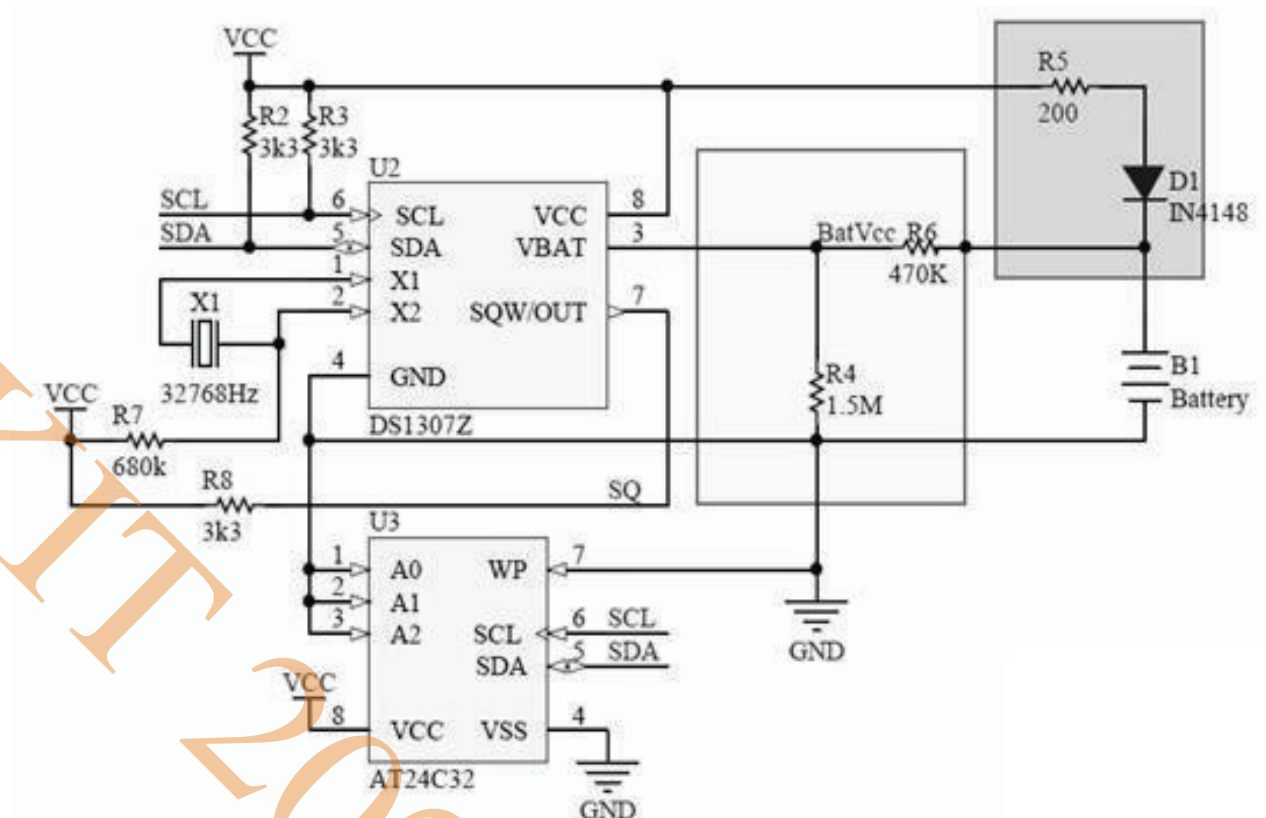


Рисунок 5.4 – Електрична принципова схема модуля DS1307 [18]

Як видно із наведених рисунків, функціональною основою модуля годинника є стандартна мікросхема U2. Обмін інформацією між нею та МК проходить через інтерфейс I2C. Для цього задіяні сигнальні виводи цієї мікросхеми 5 та 6, на яких формуються відповідно сигнали SCL і SDA. Дані сигнали є стандартними для протоколу обміну даними через послідовний інтерфейсу I2C.

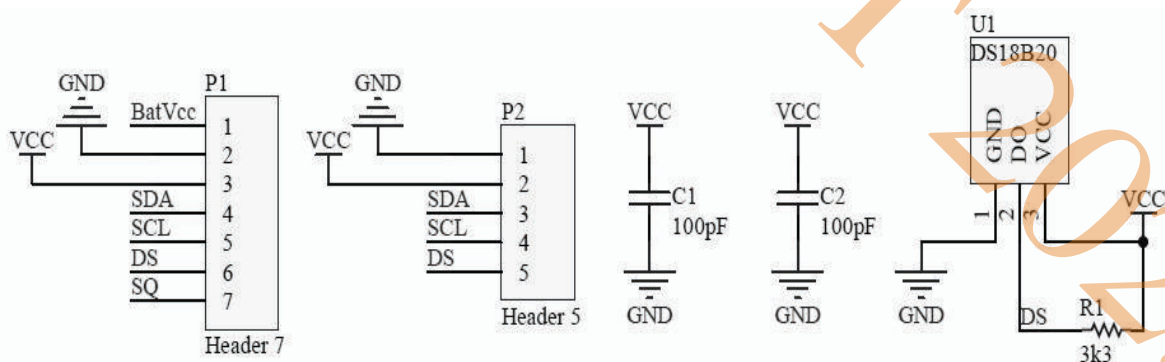


Рисунок 5.5 - Схема зовнішніх з'єднань з МК модуля DS1307 [18]

Зокрема, перший із сигналів – SCL (Serial Clock) забезпечує синхронізацію обміну даними за допомогою своїх тактових імпульсів. Другий же сигнал – SDA (Serial Data) містить ті дані, які передаються через вказаний інтерфейс.

Забезпечення логічних рівнів, які необхідні для сигналів SCL і SDA здійснимо за допомогою двох підтягуючих резисторів R2 та R3 з номіналом опору 3,3 кОм. Частота тактових імпульсів мікросхеми годинника DS1307 повинна мати високу стабільність. Для цього застосуємо у схемі кварцовий резонатор X1, який виконаний на резонансну частоту 32768 Гц.

Для метрологічної перевірки точності відліку часу модулем DS1307 можна використати його спеціальний вихід з номером 7. На цьому піні мікросхема генератора формує тестовий сигнал SQW з імпульсами прямокутної форми. При точному «ході» даного годинника частота слідування імпульсів має бути рівною 1 МГц.

Живлення модуля годинника реального часу може здійснюватися двома шляхами: від зовнішнього джерела з необхідною ЕПС через контракт Vcc або від вбудованої внутрішньої гальванічної батареї B1. Перекомутація живлення із одного електричного каналу на інший проходить автоматично. Дану функцію виконує діодний електронний ключ на базі компонента D1. До схеми живлення введено ряд резисторів – R4, R5 та R6. Вони визначають величину сили струму підзарядки внутрішньої гальванічної батареї від підключеного джерела зовнішнього живлення. Конденсатори стандартної зовнішньої комутації C1 і C2 виконують у модулі функції фільтру імпульсних завад, які можуть проходити по електричних колах живлення.

У модулі годинника також передбачено функцію збереження його даних для випадків відсутності обох каналів живлення. Таку процедуру забезпечує чіп енергонезалежної пам'яті U3 – сучасна мікросхема AT24C32 виробництва фірми Intel. Як видно із рис.5.4, адресні входи цієї мікросхеми A0, A1 та A2 постійно з'єднані із загальною шиною. У результаті логічний рівень низької напруги на цих пінах забезпечує постійний дозвіл на запис параметрів дати та часу годинника в пам'ять.

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Перед початком роботи системи контролю клімату слід провести налаштування дати та часу модуля годинника DS1307. Для цього необхідно провести їх редагування за допомогою спеціальної програми, взятої, наприклад, із бібліотеки комп'ютерної системи Arduino IDE. Для налаштування показів годинника слід здійснити відповіді зміни у скетчі того рядка програми, який починається із запису ***RTC.adjust***: Такі зміни полягають просто у видаленні знаку коментарію з початку даного рядка програми. Після цього необхідно завантажити точний час та дату у таймер МК та провести компілюцію до МК програми налаштування. У результаті ці дані перезапишуться і в пам'ять модуля годинника DS1307.

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

6 СТВОРЕННЯ АЛГОРИТМУ ПРОГРАМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ

Найпростіший підхід до розробки програм МК ґрунтується на використанні процедури нескінченного циклу, у середині якого проходить опитування станів різних використаних пінів та викликаються підпрограми виконання різних функцій та операторів. Однак, такий стиль програмування стилістично є досить заплутаним, лістинг програми не наочний, а саму програму складно, при необхідності, модифікувати.

Наведені недоліки відсутні у стилі програмування на основі аналізу системи подій (EDS-метод), що дозволяє реалізовувати у рамках даного стилю складну логіку. Тому в основу алгоритму роботи програми нашої автоматизованої системи контролю мікроклімату покладемо саме сучасний принцип підходу системи подій.

Базою методу система подій є один або кілька окремих модулів, які носять назву State Machine. Дані модулі постійно обробляють чергу подій, які виникають у МК. Під подією тут розуміється будь-яка зміна в контрольованій системі, яка вимагає обробки МК та певної його реакції. Джерелом події може бути різні об'єкти:

- периферійний модуль;
- зовнішня дія, наприклад, у вигляді натискання кнопки;
- виконання певної функції;
- виникнення переривання;
- закінчення процесу обчислення за деякою формулою;
- надходження інформації від зовнішніх давачів;
- інше.

Особливістю функціонування джерел подій системи є те, що для різних процесів вони асинхронні. Тобто, такі події відбуваються в довільні моменти часу по відношенню до різних джерел і навіть можуть виникати одночасно. Обробка МК таких асинхронних подій відбувається за принципом послідовної черги. Така

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

черга формується у вигляді лінійної структури даних, зміна якої організовується за простим принципом «хто перший до лінії увійшов, той першим із неї й вийде».

При роботі з подіями диспетчер МК вибирає подію з початку черги та викликає для її аналізу необхідний обробник. Обробник виконує свої функції, запрограмовані для відповідної події, та передає результат обробки МК. Після цього керування чергою подій знову надається диспетчеру. Диспетчер виконує свою роботу до тих пір, поки вся черга подій не вичерпається.

Якщо ж у системі виникають нові події, які вимагають обробки, то вони ставляться в кінець черги.

Обробник кожної події в системі керування будують у вигляді спеціальної функції, яка найчастіше працює за алгоритмом кінцевого віртуального автомата (FSM). Залежно від даних, які надходять на вхід такого автомата, на його виході генерується відповідний сигнал стану, зміст якого відповідає тій події, яку автомат обробляє. При цьому кількість можливих станів на виході автомата може бути досить велика.

Таким чином, поточний стан на виході автомата є результатом впливу на нього вхідних подій та того набору правил, які програмістом закладено в процес обробки вхідних подій.

Є багато можливих варіантів реалізації у програмі МК віртуальних автоматів. Найпростішим підходом є використання спеціального оператора мови C++ «switch». Саме на даному операторі побудуємо обробник черги подій у системі автоматичного контролю клімату цеху. Структура побудови такого обробника системи подій наведена на рис.6.1.

Зрозуміло, що у будь-який поточний момент часу МК має змогу обробляти із черги тільки одну подію. Щоб інші події у цей час не «загубилися», використовують кільцеву організація черги на основі кільцевого буфера. З голови цього буфера події вибираються для обробки, а до його хвоста надходять нові згенеровані події у системі контролю.

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

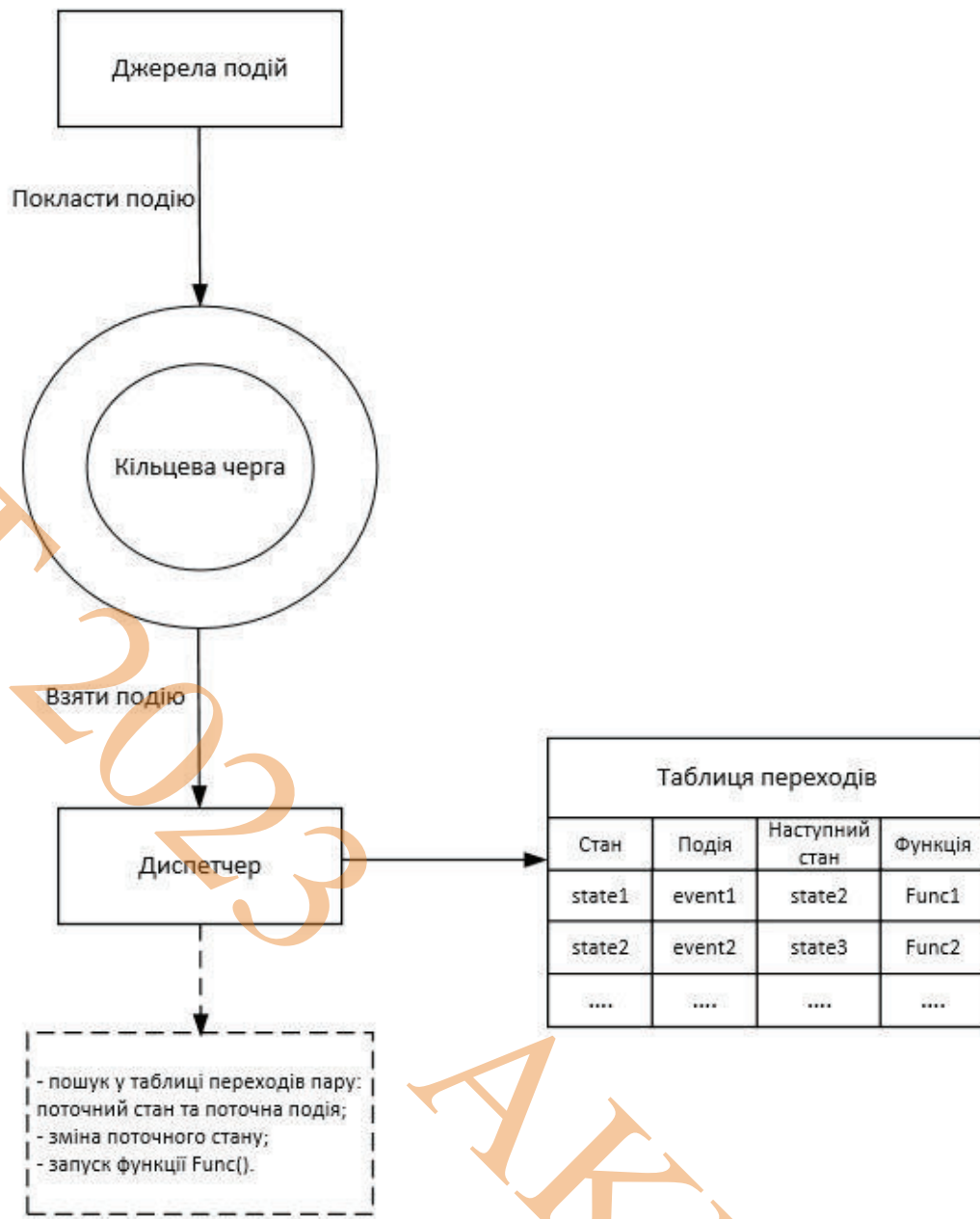


Рисунок 6.1 – Порядок роботи обробника подій на основі оператора «switch»

Для спрощення процесу роботи з чергою подій, кожній із них МК визначає свій номер. За даним визначенням номером дана подія поміщається в чергу шляхом використання спеціальної програмної функції «ввести подію». Відповідна функція «вибрати подію» витягує із кільцевої черги подію із найменшим на даний момент часу номером та передає її диспетчеру для обробки. У нашій системі клімат-контролю диспетчер побудований на простому операторі «switch-case».

Розроблений нами алгоритм можна умовно розбити на кілька функціональних частин (додаток Г).

Основою організації роботи МК є **головна програма**, алгоритм якої наведено на рис.6.2).

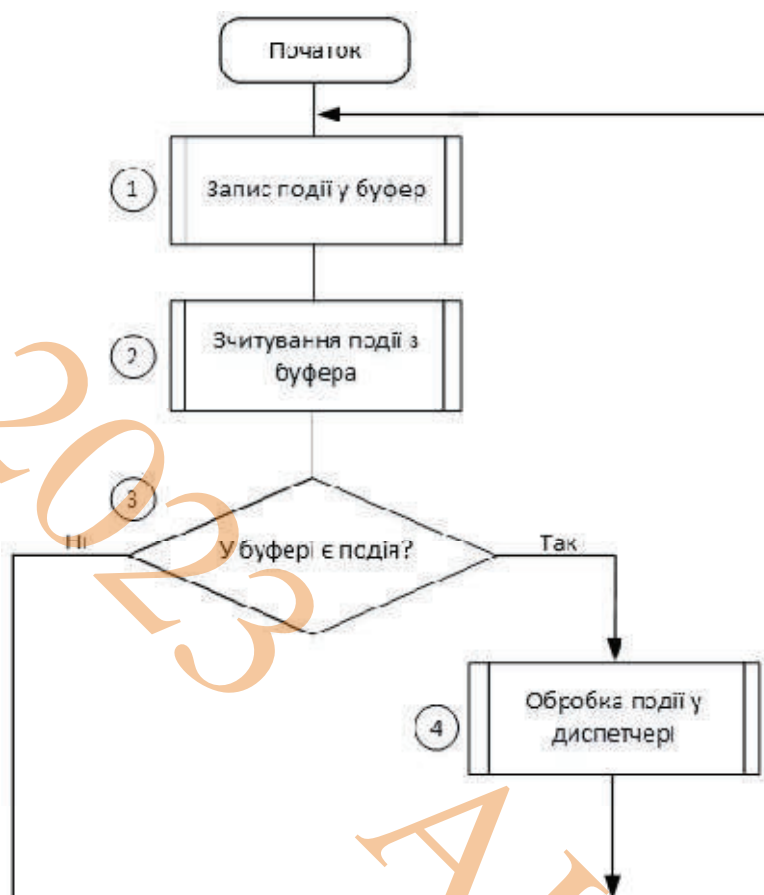


Рисунок 6.2 – Алгоритм головної програми системи керування

У алгоритм роботи головної програми введено:

- підключення бібліотеки готових підпрограм обробки сигналів від датчиків параметрів клімату оточуючого середовища (температури, вологості та вуглекислого газу);
- програма керування роботою зовнішнього годинника реального часу;
- програма таймера МК для генерації часових інтервалів обробки подій;
- задіяння внутрішнього АЦП МК для визначення величини освітленості;
- ініціалізація граничних меж параметрів клімату (мінімальний та максимальний рівні).

					Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	58

Таймер МК забезпечує генерацію часових «міток», за якими відбувається поточний збір інформації від різних давачів, її аналіз і подальша обробка, а також відправка інформаційного потоку на табло диспетчера та на зовнішні виконуючі пристрої. Усі виявлені за часовими «мітками» події додаються до черги кільцевого буфера, які потім надходять на обробку до диспетчера. Якщо подій у черзі буфера на даний момент часу немає, то диспетчер переходить у стан очікування.

Лістинг підпрограми «Запис події в буфер» наведено на рис.6.3.,

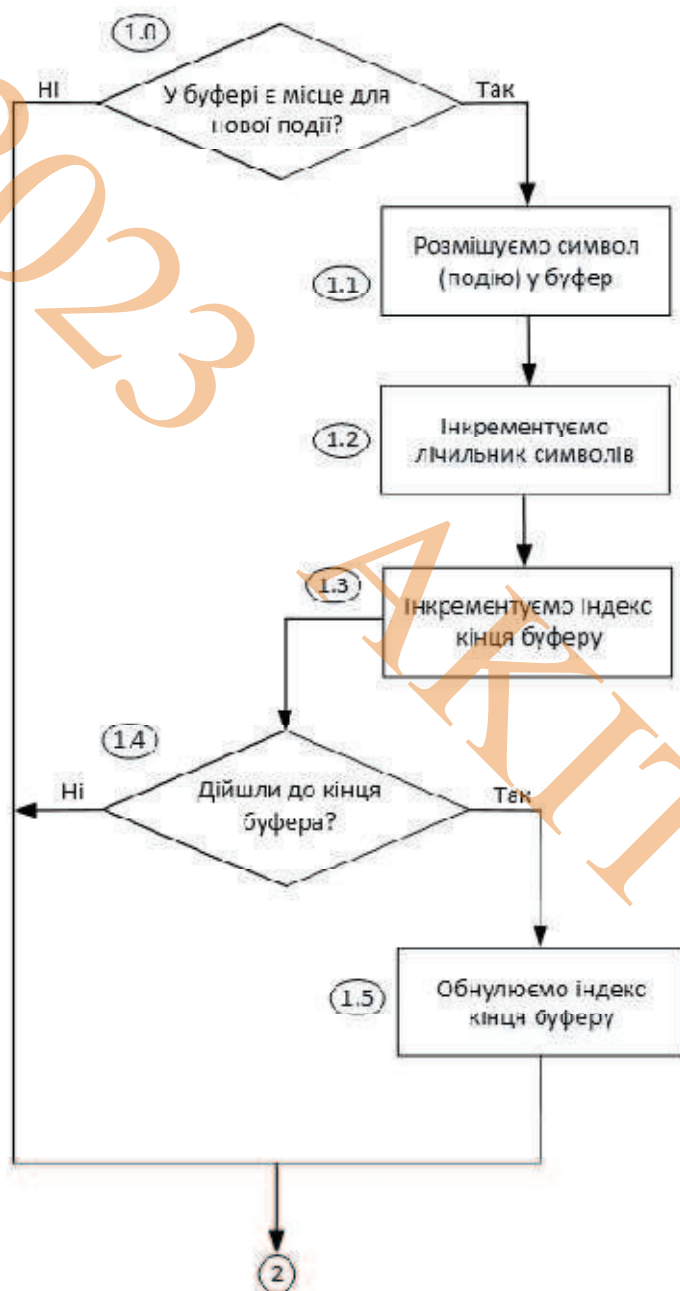


Рисунок 6.3 – Алгоритм підпрограми «Запис події в буфер»

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ

Арк.

59

Керує виконанням цієї підпрограми, як і інших підпрограм, головна програма системи керування.

Опишемо коротко дії першої підпрограми. Вона забезпечує спочатку перевірку наявності у пам'яті МК вільних комірок кільцевого буфера. Якщо в буфері є вільна комірка, то подія розміщується в ньому. Після запису нової події в буфер лічильник кількості подій черги інкрементується. При цьому дана подія записується в кінець черги буфера, а індекс кінця буфера збільшується на одиницю. Після таких проміжних дій виявлена подія зчитується з буфера та записується у створений диспетчер подій.

Наступна підпрограма «Зчитування події з буфера» перш за все перевіряє вміст кільцевого буфера. Якщо він не пустий, то перша подія з його черги зчитується в пам'ять МК. Після зчитування відповідної події лічильник кількості подій черги зменшується на одиницю. Одночасно декрементується й наявний індекс голови робочого буфера. Та подія, яка була зчитана в пам'ять з кільцевого буфера, направляється для обробки до диспетчера подій. Частина алгоритму, яка ілюструє роботу даної підпрограми наведено на рис.6.4.

Підпрограма обробки подій диспетчером ґрунтується на логіці оператора «case», який містить набір реалізацій у середині програмного конструктиву «switch-case». Кожна його реалізація відповідає результату обробки певної події із черги буфера.

Нами в алгоритм функціонування автоматичної системи контролю клімату введено такі події:

- а) опитування всіх давачів;
- б) порівняння отриманих величин контрольованих параметрів із встановленими межами;
- в) керування рівнем освітленості:
 - 1) збільшити;
 - 2) зменшити;
- г) керування температурним режимом;

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

- 1) підвищити температуру;
- 2) знизити температуру;
- д) керування рівнем вологості:
 - 1) увімкнути зволожувач;
 - 2) вимкнути зволожувач;
- е) керування концентрацією вуглекислого газу (вентиляцією):
 - 1) увімкнути;
 - 2) вимкнути.

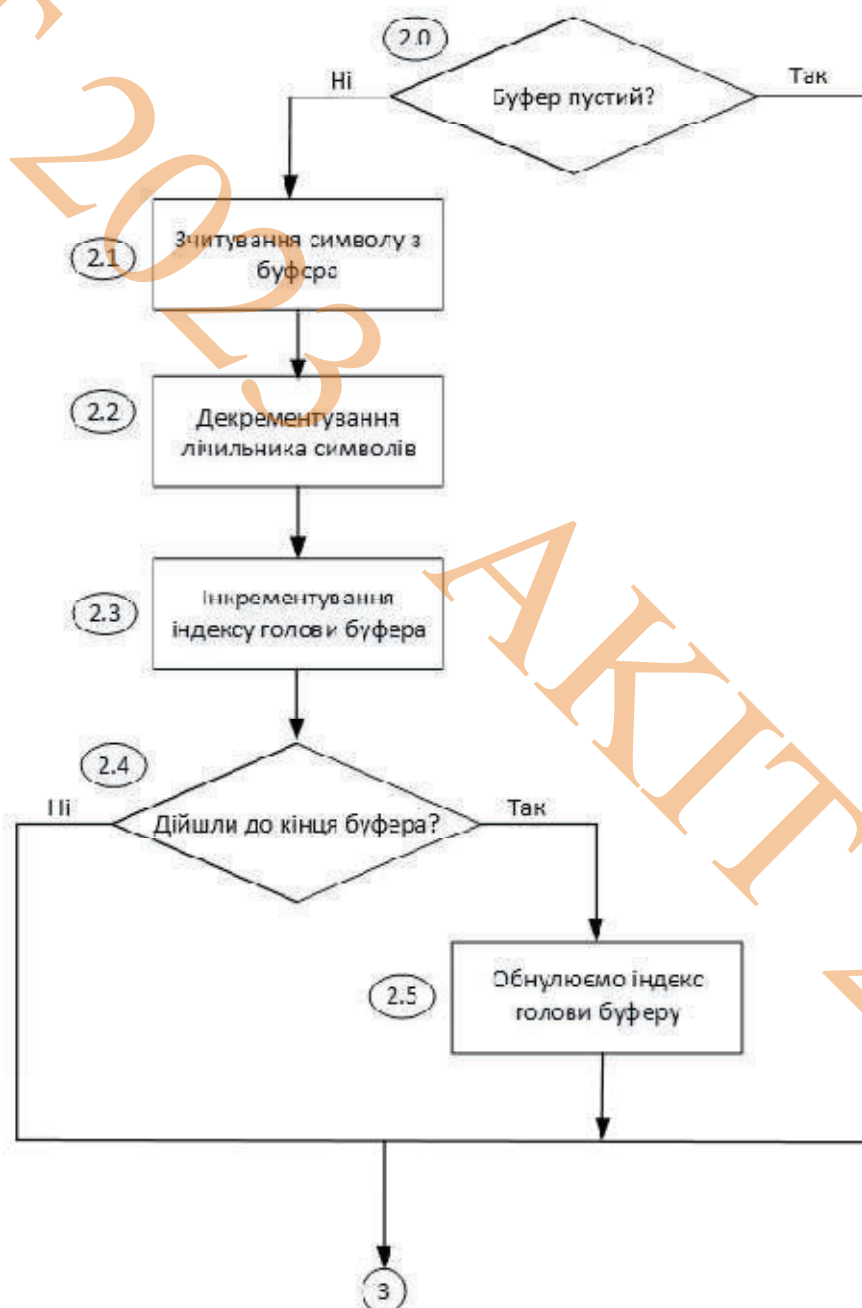


Рисунок 6.4 – Алгоритм реалізації підпрограми «Зчитування події з буфера»

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Відповідно з описаним набором введених нами подій, керуючись номером кожної із них, диспетчер передає керування системою відповідній функції програми. Наприклад, при надходженні нової події з її номером 1, диспетчер автоматично передає керування системою контролю клімату функції, яка забезпечує опитування всіх давачів. У «обов'язки» даної функція входить збір інформації від кожного давача системи та її комплексну обробку. Відповідно з отриманими результатами проведеної обробки генеруються сигнали надсилання інформації на інформаційний пульт та, при необхідності, сигнали оповіщення оператора обладнання забезпечення клімату про необхідність прийняття тих або інших мір. У критичних ситуаціях може також подаватися сигнал тривоги.

Відмітимо, що спеціальні сигнали оператору або сигнал тривоги системою керування видається лише при виході значень контрольованих параметрів клімату виробничого приміщення за встановлені при початковій інсталяції системи граничні межі.

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

ВИСНОВКИ

1. У результаті виконання магістерської роботи спроектована система автоматичного контролю клімату виробничих приміщень відповідно до вимог, поставлених у завданні до роботи. При цьому були вирішені такі задачі:

- аналіз сучасних систем контролю параметрі клімату виробничих приміщень;
- підбір електронних та інформаційних компонентів, які необхідні для розробки системи;
- спроектована структурна схема автоматичної системи контролю клімату;
- розроблено функціональну та електричну принципову схеми проведення автоматизації створеної системи контролю мікроклімату;
- проаналізовані шляхи підвищення енергозбереження при використанні спроектованої системи;
- створено алгоритм автоматичного функціонування системи контролю клімату виробничих приміщень.

2. Спроектована система автоматичного контролю клімату виробничих приміщень забезпечує:

- вимірювання та неперервний контроль температури та вологості виробничого приміщення у двох робочих зонах;
- постійний контроль рівня загального освітлення цеху;
- неперервний контроль концентрації вуглекислого газу в повітрі виробничих приміщень;
- виведення інформації про стан клімату виробничого приміщення на табло оператора;
- звукова та світлова сигналізація оператору про вихід контрольованих параметрів за допустимі граничні межі.

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

3. Алгоритм автоматичної роботи системи контролю клімату дозволяє реалізовувати програму керування для простих 8-ми бітних мікроконтролерів типу ATmega-328.

4. Основні технічні параметри спроектованої системи відповідають стандартним санітарним нормам України для виробничих приміщень.

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Крушельницька Я.В. Фізіологія і психологія праці: навчальний посібник. Київ : КНЕУ, 2006, 205 с.
2. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень, 1999.
3. Інтернет ресурс «Міжнародна організація праці». Режим посилання: <https://geneva.mfa.gov.ua/posolstvo/2609-labour>.
4. ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення». 2006.
5. Інтернет ресурс. Букієвський С.О. Інтелектуальна система клімат-контролю виробничого приміщення. Режим посилання: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/26181>.
6. Інтернет ресурс «Метеостанція La Crosse WS6825». Режим посилання: https://tech.com.ua/la-cosse-w685-bla/?gclid=Cj0KCQjwusunBhCYARIsAFBsUP_5O-GtuFkflsneVwVRnqZx5j6zuohkWZBmhAtgjFEJ0CbiKQm3ZZHAaAq5WEALw_wcB.
7. Інтернет ресурс «Термогігрометр Testo 608-H1 (10...95 %; 0...+50 °C)». Режим посилання: https://thermolab.net.ua/ua/p800743365-termogigrometr-testo-608.html?source=merchant_center&gclid=CjwKCAjw3dCnBhBCEiwAVvLcuz47IwwWS14oTfEZqdR2H_9C_x4L92jc2OaJ4OWEKUwlFpCMXeLefxoCRMIQAvD_BwE.
8. Інтернет ресурс «Комплект Xiaomi Mi Smart Home Security Kit». Режим посилання: https://elmir.ua/ua/smart_house/kit_xiaomi_mi_smart_home_security-kit_international_version_ytc4034ru_ytc4032gl.html.
9. Інтернет ресурс <https://ten24.com.ua/ua/blog/vidy-i-sposoby-formovaniya-plastikovykh-izdeliy/>
10. ДСН 3.3.9.037-03. Санітарні норми складу повітря виробничих приміщень, 2003.
11. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://robotchip.ua/obzor-chasov-realnogo-vremeni-ds1307/>.

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

12. Левченко Ю.Н., Голубев Л.П., Пипиленко Ю.Н., Дроменко В.Б.
Разработка микропроцессорной системы контроля и мониторинга влажности и
температуры в помещении. Технології та дизайн. №4, 2017. Режим доступу:
http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2017_4_16.

					КМР.АКІТ.10549871.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66