

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інститут інформатики та радіоелектроніки
Факультет радіоелектроніки та телекомунікацій
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра радіотехніки та телекомунікацій
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту (роботи)

(ступінь вищої освіти)

на тему ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ПРИ ПІДВИЩЕНИХ
ТЕМПЕРАТУРАХ

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи РТ-210м

Спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
«Радіотехніка»

Калюжний А.Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник Костенко В.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Касьян М.М.

(прізвище та ініціали)

2021 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Інститут інформатики та радіоелектроніки, ФРЕТ
Кафедра Радіотехніка та телекомунікації
Ступінь вищої освіти Магістр
Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) «Радіотехніка»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри РТТ
Морицавка С.В.
« » грудня 2021 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Калюжного Андрія Геннадійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Вимірювання вологості при підвищених температурах

керівник проєкту (роботи) Костенко Валер'ян Остапович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «01» 11 2021 року №411

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) _____

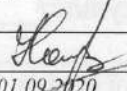
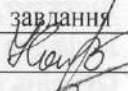
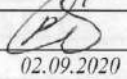
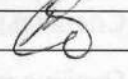
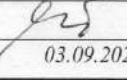
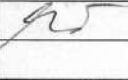
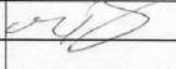
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Тестування наявних електронних датчиків вологості, відбір найкращих за вимірами та найбільш термостійких датчиків, створення готового пристрою на основі отриманих даних 4

. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вологість повітря та її вимірювання. Побудова вимірювачів вологості повітря з використанням датчиків: DS18B20, AHT10, SEN0193, DHT11, MH-RD. Об'єднання всіх датчиків для тестування їх можливостей. Створення готового пристрою для вимірювання вологості при підвищених температурах

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

Презентація роботи в Microsoft PowerPoint з поясненням алгоритму проведення досліджень, схемами пристроїв для виміру вологості, графіків по отриманим результатам виміру з датчиків та схема запропонованого готового приладу

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-8	Костенко В.О., доцент	 01.09.2020	
9	Севастьянов Р.В., доцент	 02.09.2020	
10	Якімцов Ю.В., доцент	 03.09.2020	
нормоконтроль	Мороз Г.В., ст.викладач		

7. Дата видачі завдання « 01 » вересня 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналіз наявних способів виміру вологості	3-й тиждень	виконано
2	Створення психрометричного датчика вологості на основі датчиків температури DS18B20	4-й тиждень	виконано
3	Створення гігрометра на основі датчика АНТ10	4-й тиждень	виконано
4	Створення гігрометра на основі датчика SEN0193	5-й тиждень	виконано
5	Створення гігрометра на основі датчика DHT11	5-й тиждень	виконано
6	Створення гігрометра на основі датчика МН-RD	5-й тиждень	виконано
7	Об'єднання всіх датчиків для тестування їх можливостей	7-й тиждень	виконано
8	Створення готового пристрою для вимірювання вологості при підвищених температурах	10-й тиждень	виконано
9	Робота над економічною частиною.	12-й тиждень	виконано
10	Розробка рекомендацій з охорони праці	13-й тиждень	виконано
11	Оформлення пояснювальної записки та презентації	14-й тиждень	
12	Проходження нормконтролю, рецензування, анти-плагіату, оформлення дублінського ядра		

Студент(ка)


(підпис)

Калужний А.Г.
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Костенко В.О.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 89 сторінок, 43 рисунки, 15 таблиць, 7 джерел, 2 додатки

Об'єкт дослідження: вимірювання вологості повітря при високих температурах з застосуванням сучасної елементної бази.

Мета роботи: провести дослідження якості виміру вологи різноманітними датчиками керованими налагоджувальною платою Arduino Nano. Визначити метод виміру, на який найменше впливають високі температури.

У даній роботі застосовуються різноманітні датчики, що відрізняються за принципом роботи. Розроблено програмне забезпечення для Arduino Nano, щоб працювати з датчиками вологи. Після дослідів проведено їх порівняння та опис виявлених особливостей кожного датчика. Створено прилад для виміру вологи в широкому температурному діапазоні.

ВОЛОГІСТЬ, ГІГРОМЕТР, ARDUINO NANO, ARDUINO IDE,
ПСИХРОМЕТРИЧНА ТАБЛИЦЯ, АНТ10, SEN0193, DHT11, MH-RD,
DS18B20

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП	9
1 ВОЛОГІСТЬ ПОВІТРЯ ТА ЇЇ ВИМІРЮВАННЯ	11
1.1 Вологість повітря.....	11
1.2 Вимірювання вологи	11
2 ПСИХРОМЕТРИЧНИЙ ДАТЧИК ВОЛОГИ.....	15
2.1 Принцип роботи	15
2.2 Побудова психрометричного датчика вологи на базі Arduino Nano та датчика DS18B20.....	15
2.2.1 Опис Arduino Nano	16
2.2.2 Програмування Arduino Nano	17
2.3.1 Підбір оптимальних датчиків температури DS18B20	18
2.3.2 Створення програми зчитування адрес датчика DS18B20.....	19
2.3.3 Вибір близьких за показами датчиків.....	21
2.3.4 Створення психрометричного датчика вологи	23
3 ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРИ ТА ВОЛОГОСТІ АНТ10.....	28
3.1 Побудова датчика вологи на базі Arduino Nano та датчика АНТ10 ...	30
3.2 Створення програми зчитування показів датчика АНТ10.....	30
4 ЄМНІСНИЙ ДАТЧИК ВОЛОГОСТІ SEN0193	32
4.1 Побудова датчика вологи на базі Arduino Nano та датчика SEN0193....	33
4.2 Створення програми зчитування показів датчика SEN0193	33
5 ДАТЧИК ВОЛОГОСТІ НА БАЗІ ДАТЧИКА DHT11	37
5.1 Підключення датчика вологості DHT11 до arduino nano.....	38

5.2 Створення програми зчитування показів датчика DHT11.....	38
6 РЕЗИСТИВНИЙ ДАТЧИК ВОЛОГОСТІ МН-RD	40
6.1 Підключення датчика вологості МН-RD до Arduino Nano.....	40
6.2 Створення програми зчитування показів датчика МН-RD	42
7 ОБ'ЄДНАННЯ ВСІХ ДАТЧИКІВ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ ЇХ МОЖЛИВОСТЕЙ	44
7.1 Підключення датчиків DHT11, DS18B20, SEN0193 та МН-RD до Arduino Nano.....	44
7.2 Написання програми для роботи з датчиками	45
7.3 Робота з отриманими даними	45
7.3.1 Покази психрометричного датчика вологи на базі Arduino Nano та датчика DS18B20	46
7.3.2 Покази датчика DHT11.....	48
7.3.3 Покази ємнісного датчика вологості SEN0193.....	49
7.3.4 Покази резистивного датчика вологості МН-RD	50
8 СТВОРЕННЯ ГОТОВОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГИ ПРИ ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ.....	53
8.1 Створення схеми приладу	53
9 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК	57
9.1 Розроблення ринкової стратегії проекту	57
9.2 Планування робіт	60
9.3 Побудова мережного графіку	63
9.4 Розрахунок витрат.....	64
9.5 Розрахунок економічної ефективності НДР.....	68
10 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ...	72

10.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки	72
10.3 Заходи з забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці	74
10.4 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	78
10.4.1 Заходи з пожежної безпеки	78
10.4.2 Заходи з цивільного захисту	80
ВИСНОВКИ	83
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	84
Додаток А	85
Додаток Б	87

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ГДК – гранично допустима концентрація

ТР – точка роси

USB – Universal Serial Bus

ВСТУП

Вологість повітря та температура – це важливі показники стану навколишнього середовища. Термометри для виміру температури є у кожного вдома, а гігromетри для вимірювання вологи натомість не стали такими популярними у повсякденному житті людей.

Знання вологості може знадобитись в багатьох ситуаціях. Так, наприклад, занадто вологе повітря в жиллому будинку може призвести до появи грибка, який буде руйнувати будинок та побутові речі. Але псуванням майна проблеми не обмежуються, адже підвищена вологість викликає простудні захворювання у жильців таких помешкань.

Дуже пересушене повітря також додає проблем здоров'ю людини так-як зневоднена слизова оболонка носоглотки позбавлена своїх захисних властивостей.

Влітку вологість в квартирі легко регулювати просто відкривши вікно, та взимку такий метод не зовсім може підходити. В подібних ситуаціях і потрібні гігromетри. Адже в випадку якщо в квартирі живуть діти, хворі на бронхіт/астму чи просто літні люди, проблема контролю рівня вологи стає не на останнє місце.

Рівень вологи потрібно знати і в багатьох інших випадках. Наприклад, високий рівень вологи в погребях пришвидшить псування овочів, а сухе повітря також може їх зіпсувати, в результаті чого продукти не будуть придатними до вживання. Якщо приміщення для зберігання овочів має промисловий характер, то вимір вологи особливо важливий.

Більшість побутових гігromетрів, що знаходяться зараз на ринку, не здатні правильно вимірювати вологу при високих температурах через особливості своєї будови. Проте необхідність в приладах, які би могли вимірювати вологу в умовах підвищених температур дійсно присутня.

Так в копильній камері для м'яса, не знаючи відсоток вологи, неможливо контролювати весь виробничий процес як того вимагають

технічні умови. В результаті можна втратити зайву вагу продукту через не достатню вологу. В свою чергу надмірна волога може сповільнити процес приготування.

Схожа ситуація і з пароконвектоматом. В пароконвектоматі страва готується як і в духовці, але при застосуванні парів води та примусової конвекції. Більшість виробників пароконвектоматів змушена просто вираховувати кількість поданого пару в внутрішню камеру для різноманітних режимів готування страв, що не забезпечує точного вираховування вологи.

Вимірювання вологи при підвищених температурах також необхідна в лазнях, адже, не знаючи вологи, можна нанести шкоду організму людини навіть при невеликих температурах. Так, наприклад, при вологості до 30% та температурі 100-110 °C людина може цілком комфортно себе почувати, а з вологістю 80-85% вже при 60 °C багатьом буде здатися зайвим така температура.

Варто зазначити, що вже існують промислові пристрої для виміру вологи при високих температурах, які, наприклад, використовують зворотну залежність вмісту кисню від вмісту вологи або пристрої, в основі, яких лежить принцип пошуку ТР для визначення рівня вологи. Проте такі пристрої мають високу ціну, через що вони не використовуються в широких масах. Тому в ході роботи спробуємо визначити, як краще створити гігрометр з доступної та сучасної елементної бази.

1 ВОЛОГІСТЬ ПОВІТРЯ ТА ЇЇ ВИМІРЮВАННЯ

1.1 Вологість повітря

Вологість повітря – це величина, яка відображає кількість водяних парів в атмосфері. Кількість вологи вимірюється за двома способами, а саме за абсолютною вологістю та відносною.

Абсолютна вологість відображає скільки водяної пари утримується в одиницях об'єму повітря.

Відносна вологість являє собою відсоткове відношення абсолютної вологості до максимального значення вологості при певній величині температури (точки роси) навколишнього середовища. Якщо вологість досягне свого максимуму в 100%, то можна буде спостерігати такі явища як туман чи дощ. Температура, яка зафіксована на момент коли умовно був туман, і є ТР.

Для повсякденної життєдіяльності людини вважається бажаною вологість в рамках від 40 до 60%.

1.2 Вимірювання вологи

Гігрометр (чи вологомір) – це прилад для вимірювання вмісту вологості в повітрі.

Раніше найпоширенішими пристроями для вимірювання вологи були волосяні гігрометри та психрометри (рис. 1.1). З розвитком технологій все більше популярності отримують електронні гігрометри з принципом роботи заснованим на вимірюванні ємності або опору, на які впливає зміна вологи. Спеціалісти, в свою чергу, використовують оптичні конденсаційні датчики вологи, ціна та складність конструкції яких набагато вища від попередніх. Трохи детальніше розглянемо кожен з методів.

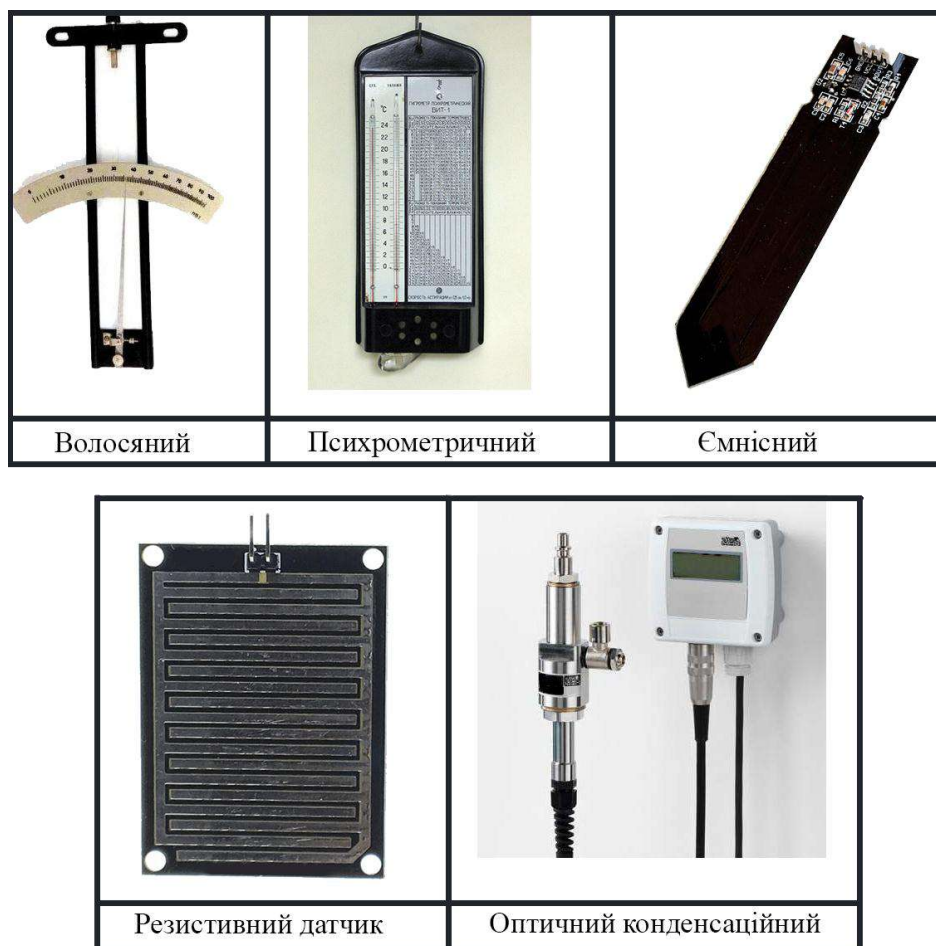


Рисунок 1.1 – Популярні типи гігрометрів

Волосяний гігрометр має діапазон робочих температур від мінус 35 до плюс 45 °С. Принцип його дії полягає в властивостях людської волосини змінювати свою довжину під впливом вологи. Волосся повинне бути обезжиреним та під'єднаним до стрілки, яка рухається по відповідній шкалі для відображення вологості. Чим більше вологість, тим довшим стає волосся та сильніше відхиляється стрілка пристрою. Існують і промислові варіанти схожих пристроїв як, наприклад, FG80H з тією лише різницею, що в ньому застосовується декілька синтетичних ниток, а ціна сягає майже 15 тисяч гривень на кінець 2021 року [1].

Психрометричний гігрометр має малий діапазон робочих температур, через особливості своєї конструкції. Залежно від моделі пристрою, діапазон становить від 0 до 50 °С. Принцип дії полягає в вирахуванні різниці показів

двох термометрів. Один термометр вимірює температуру навколишнього середовища. Другий хоч і знаходиться поруч з першим, але огорнений в вологу тканину, яка його охолоджує. Знаючи температуру середовища та різницю показів датчиків, скориставшись психрометричною таблицею, можна дізнатись виміряний відсоток вологи. На точність вимірів сильно впливають багато факторів: швидкість повітря, що обдуває термометр; чистота води та тканини, що огортає термометр; атмосферний тиск. Далі в дипломній роботі буде більш детально розглянуто цей метод виміру вологи.

Ємнісний датчик вологості має діапазон робочих температур, що відрізняється залежно від способу його виробництва, та в середньому складає від 0 до 85 °C. Принцип його будови нагадує конденсатор з повітряним зазором, або ще й з діелектриком в цьому повітряному зазорі, який змінює свою діелектричну проникність під дією вологи. Також існують ємнісні тонкоплівкові гігрометри, що мають структуру двох гребінчастих електродів. З ємнісними датчиками вологості, як і з резистивними, ми ще зустрінемось в практичній частині роботи.

Резистивний датчик вологості має просту конструкцію, який дозволяє використовувати його при досить високих температурах. Знову таки, варіанти виготовлення бувають різні, від чого трохи змінюються характеристики здавалося однакових за типом датчиків. Так є варіант виготовлення підкладки, на яку нанесені два електроди, поверх яких наносять матеріал з низьким опором (наприклад, оксид алюмінію), який при поглинанні вологи змінює свій опір. Також є ще більш простий та доступний датчик, що нагадує друковану плату з гребінчастими двома близько розташованими доріжками. Волога, потрапляючи на датчик, замикає між собою доріжки. В результаті чого, опір датчика зменшується, а за допомогою перетворювача сигналів отримуємо значення з такого датчику.

Оптичний конденсаційний гігrometer має складну будову, тому відносно багато коштує, але він один з найточніших. Принцип роботи полягає в знаходженні ТР. Всередині приладу знаходиться дзеркальце, на яке

світить лазерний промінь. Відбиваючись від дзеркальця, промінь потрапляє на фоторезистор. Для пошуку ТР, дзеркальце підігрівують чи охолоджують. При знаходженні ТР дзеркальце запотіває, що, в свою чергу, збиває лазерний промінь. Пристрій фіксує це та в подальшому намагається стабілізувати даний стан. На основі температури середовища, при якій дзеркальце запотіло, пристрій може зробити розрахунок відсотку вологості. Якщо брати пристрій до 7500 гривень, як NOVOTEST KTP-1, то його робоча температура від мінус 20 до плюс 40 °С. На виміри сильно впливає забруднення дзеркальця.

2 ПСИХРОМЕТРИЧНИЙ ДАТЧИК ВОЛОГИ

2.1 Принцип роботи

Психрометричний датчик вологи представляє собою два термометра, а в нашому випадку два термодатчика типу DS18B20 в захисному корпусі. Один з датчиків («сухий») вимірює температуру навколишнього середовища. Другий датчик («вологий») призначений для виміру температури парів над поверхнею води. «Вологий» датчик, огорнений батистовою тканиною, один край якої знаходиться в резервуарі з водою для забезпечення кращої температурної проникності.

Сенс роботи психрометричного датчика вологи заснований на тому, що «вологий» датчик буде вимірювати температури нижчі відносно «сухого» датчика. Це обумовлено першим законом термодинаміки, згідно якому температура буде падати зі зменшенням внутрішньої енергії при випаровуванні. Вирахував різницю температур «сухого» та «вологого» датчиків, потрібно скористатися психрометричною таблицею для вирахування вологості. Для цього по горизонталі знаходимо вирахувану різницю температур, а по вертикалі температуру повітря. На перехресті цих показів буде знаходитись значення вологи. Приклад розрахунку буде наведений після отримання фактичних даних.

2.2 Побудова психрометричного датчика вологи на базі Arduino Nano та датчика DS18B20

Оскільки всі тести датчиків та кінцевий прилад буде створено з застосуванням налагоджувальної плати Arduino Nano, то має сенс спочатку пояснити, що вона собою представляє та як з нею працювати. Після цього розглянемо безпосередньо роботу з датчиками DS18B20.

2.2.1 Опис Arduino Nano

Arduino Nano – це відносно компактна налагоджувальна плата (розмір 4.3см. x 1.85см.) , призначена для роботи з макетною платою або для застосування в повноцінних проектах. Вона працює на базі мікроконтролера ATmega328 чи Atmega168, які відрізняються розміром вбудованої флеш-пам'яті в 32 та 16 кілобайт відповідно (2 кілобайта в будь-якому випадку будуть зайняті завантажувачем). Плата Arduino Nano з її основними компонентами наведена на рис. 2.1.

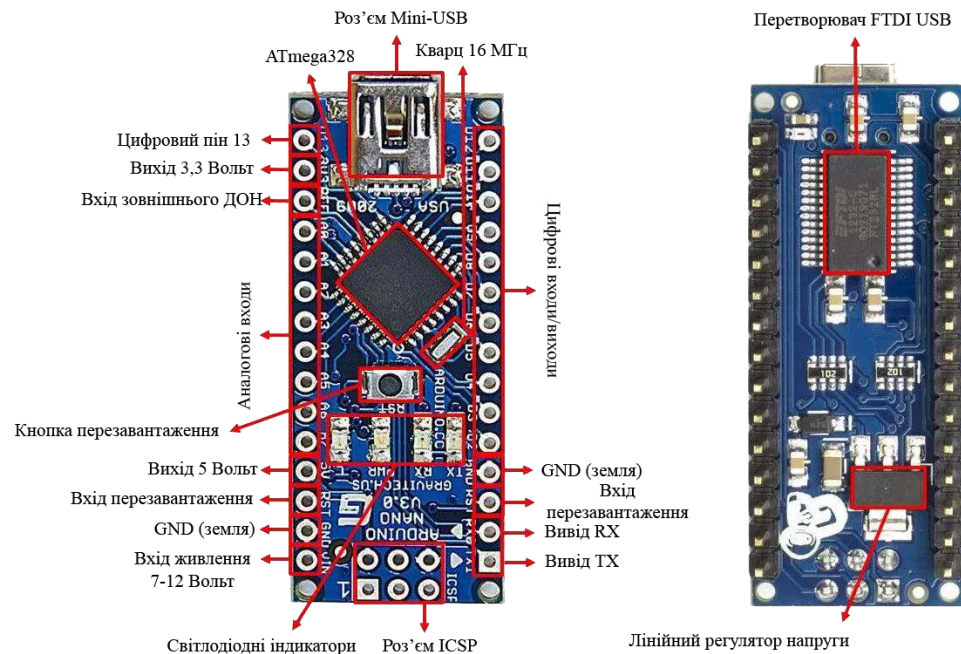


Рисунок 2.1 – Arduino Nano з основними компонентами

Плата Arduino Nano з мікроконтролером ATmega328P має наступні характеристики:

- ядро - 8-бітний AVR;
- тактова частота - 16 МГц;
- EEPROM-пам'яті - 1 КБ;
- SRAM-пам'ять - 2 КБ;

- Flash-пам'ять - 32 КБ;
- портів введення-виведення разом – 20;
- портів із ШІМ – 6;
- розрядність ШІМ - 8 біт;
- портів з АЦП – 8;
- розрядність АЦП - 10 біт;
- апаратних інтерфейсів I²C/TWI – 1;
- апаратних інтерфейсів SPI – 1;
- апаратних інтерфейсів UART/Serial – 1;
- номінальна робоча напруга - 5 В;
- максимальний вихідний струм піна 3V3 - 50 мА;
- максимальний вихідний струм піна 5V - 800 мА;
- максимальний струм із піна або на пін - 40 мА;
- рекомендована вхідна напруга від зовнішнього джерела - 7–12 В;
- гранична вхідна напруга від зовнішнього джерела - 6–20 В.

2.2.2 Програмування Arduino Nano

Для програмування плати Arduino Nano буде застосовуватись безкоштовне програмне забезпечення під назвою «Arduino IDE» версії 1.18.16. Ця програма існує на різних операційних системах : Windows, macOS та Linux.

Інтерфейс Arduino IDE зображено на рис. 2.2 . Робота в програмі починається з створення нового файлу для прошивки Arduino сумісних плат. Після того, як відкриється новий файл, можна приступати до написання безпосередньо коду в текстовому редакторі цієї програми. Написавши код, потрібно перевірити його на помилки відповідною кнопкою (рис. 2.2). Якщо код не має помилок, то попередньо вибравши в налаштуваннях свою плату, можна приступити до завантаження коду програми на Arduino. Для

завантаження коду потрібно підключити до комп'ютера плату Arduino за допомогою кабелю USB. Після того, як потрібні драйвери встановляться, можна почати завантаження створеної програми в мікроконтролер кнопкою завантаження прошивки.

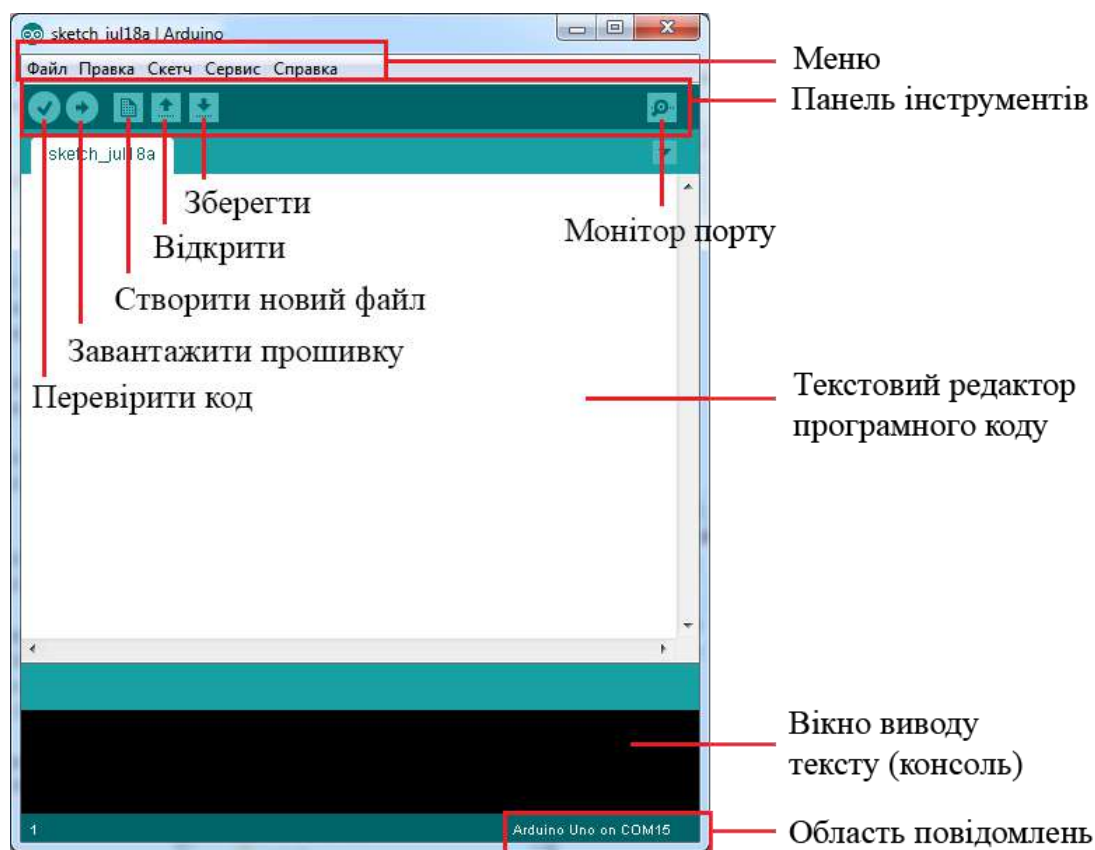


Рисунок 2.2 – Інтерфейс програми Arduino IDE

2.3.1 Підбір оптимальних датчиків температури DS18B20

В якості термометра будемо використовувати цифровий датчик температури DS18B20 в захисному корпусі. Цей датчик здатен вимірювати температуру в діапазоні від -55 до $+125$ °C.

Покази двох датчиків з однієї партії можуть відрізнятися більш ніж на 1 градус по Цельсію, тому потрібно перш за все відібрати два датчика з найбільш схожими показаннями. Для цього створюємо невеликий макет з

застосуванням п'яти датчиків DS18B20, Arduino Nano та одного резистора номіналом 4,7 кОм [2].

Збираємо стенд згідно схеми на рис. 2.3.

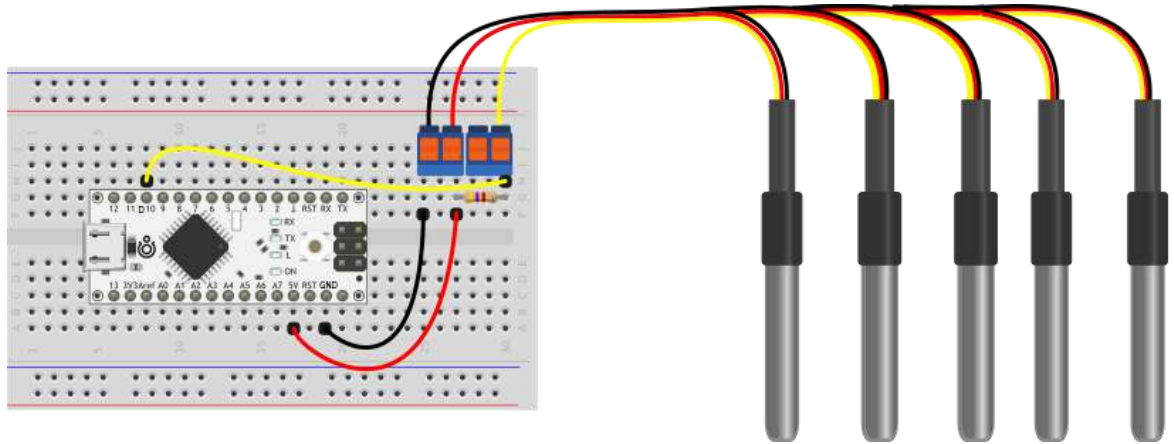


Рисунок 2.3 – Схема підключення датчиків DS18B20

Червоним кольором позначено дріт +5 вольт живлення, який підключається до піну «5V» на платі. Чорний дріт до мінусу живлення на пін «GND». Жовтий дріт призначений для передачі вимірянних даних та підключається на пін «D10». Резистор підключено між кабелем +5 вольт та інформаційним кабелем, він необхідний для стабільної передачі даних.

Всі датчики мають в своїй пам'яті унікальні адреси, це дозволяє підключати їх до одного інформаційного піну, що в свою чергу, дозволить підключати більше інших пристроїв до Arduino в рамках дипломної роботи.

2.3.2 Створення програми зчитування адрес датчика DS18B20

Як і описувалось в пункті 2.2.2, програмування Arduino буде проводитись в інтегрованому середовищі розробки «Arduino IDE» . версії 1.18.16 .

Програма для зчитування адрес датчиків має наступний вигляд (рис 2.4):

```

#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

// лінія даних підключена до цифрового виводу 2 Arduino
#define ONE_WIRE_BUS 10

// настройка об'єкта oneWire для зв'язку з будь-яким пристроєм OneWire
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);

// передати посилання на oneWire бібліотеці DallasTemperature
DallasTemperature sensors(&oneWire);

// змінна для зберігання адрес пристроїв
DeviceAddress Thermometer;

int deviceCount = 0;

void setup(void)
{
    // запустити послідовний порт
    Serial.begin(9600);

    // запустити бібліотеку
    sensors.begin();

    // знайти пристрої на шині
    Serial.println("Locating devices...");
    Serial.print("Found ");
    deviceCount = sensors.getDeviceCount();
    Serial.print(deviceCount, DEC);

    Serial.println(" devices.");
    Serial.println("");

    Serial.println("Printing addresses...");
    for (int i = 0; i < deviceCount; i++)
    {
        Serial.print("Sensor ");
        Serial.print(i+1);
        Serial.print(" : ");
        sensors.getAddress(Thermometer, i);
        printAddress(Thermometer);
    }
}

void loop(void)
{}

void printAddress(DeviceAddress deviceAddress)
{
    for (uint8_t i = 0; i < 8; i++)
    {
        Serial.print("0x");
        if (deviceAddress[i] < 0x10) Serial.print("0");
        Serial.print(deviceAddress[i], HEX);

        if (i < 7) Serial.print(", ");
    }
    Serial.println("");
}

```

Рисунок 2.4 – Код програми для зчитування адрес

Після завантаження прошивки в Arduino, потрібно відкрити монітор порту в Arduino IDE та не відключати USB-кабель від комп'ютера поки йде

сканування пристроїв. Через декілька секунд програма видає результат, який можна спостерігати на рис. 2.5.

```
Locating devices...
Found 5 devices.

Printing addresses...
Sensor 1 : 0x28, 0xD4, 0xF5, 0x07, 0xD6, 0x01, 0x3C, 0xE5
Sensor 2 : 0x28, 0xBC, 0x6C, 0x07, 0xD6, 0x01, 0x3C, 0xC3
Sensor 3 : 0x28, 0x2E, 0x37, 0x95, 0xF0, 0x01, 0x3C, 0x5A
Sensor 4 : 0x28, 0xC5, 0xAC, 0x75, 0xD0, 0x01, 0x3C, 0x91
Sensor 5 : 0x28, 0x35, 0x06, 0x95, 0xF0, 0x01, 0x3C, 0xB0
```

Рисунок 2.5 – Результати сканування адрес пристроїв

2.3.3 Вибір близьких за показами датчиків

Тепер, маючи адреси всіх датчиків, необхідно перевірити їх покази одночасно в одному середовищі задля зменшення похибок під час роботи психрометричного датчика вологи. Для цього, не змінюючи схему підключення пристрою (рис. 2.3), створюємо та завантажуюмо нову прошивку (рис. 2.6).

```
#include <OneWire.h>//підключення бібліотеки
#include <DallasTemperature.h>//підключення бібліотеки

//лінія даних підключена до цифрового виходу 10 Arduino
#define ONE_WIRE_BUS 10

//настройка об'єкта oneWire для зв'язку з будь-яким пристроєм OneWire
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);

// передати посилання на oneWire бібліотеці DallasTemperature
DallasTemperature sensors(&oneWire);
```

```

// адреси п'яти термо-датчиків DS18B20
uint8_t sensor1[8] = { 0x28, 0xD4, 0xF5, 0x07, 0xD6, 0x01, 0x3C, 0xE5 };
uint8_t sensor2[8] = { 0x28, 0xBC, 0x6C, 0x07, 0xD6, 0x01, 0x3C, 0xC3 };
uint8_t sensor3[8] = { 0x28, 0x2E, 0x37, 0x95, 0xF0, 0x01, 0x3C, 0x5A };
uint8_t sensor4[8] = { 0x28, 0xC5, 0xAC, 0x75, 0xD0, 0x01, 0x3C, 0x91 };
uint8_t sensor5[8] = { 0x28, 0x35, 0x06, 0x95, 0xF0, 0x01, 0x3C, 0xB0 };

void setup(void)
{
    Serial.begin(9600); //відкриваємо порт для роботи з монітором порту
    sensors.begin();
}

void loop(void)
{
    sensors.requestTemperatures(); //запит температур з датчиків

    Serial.print("температура 1 "); //друк в монітор порту слова
    Serial.println(sensors.getTempC(sensor1)); //друк в монітор порту даних з першого датчика
    Serial.print(" - температура 2 "); //друк в монітор порту слова
    Serial.println(sensors.getTempC(sensor2)); //друк в монітор порту даних з другого датчика
    Serial.print(" - температура 3 ");
    Serial.println(sensors.getTempC(sensor3));
    Serial.print(" - температура 4 ");
    Serial.println(sensors.getTempC(sensor4));
    Serial.print(" - температура 5 ");
    Serial.println(sensors.getTempC(sensor5));
    Serial.println("-----");
    delay(3000); //затримка 3 секунди перед наступним повтором
}

```

Рисунок 2.6 – Код програми для виводу температури з всіх датчиків за їх адресами

Відкриваємо монітор порту та отримуємо результати вимірів, які оновлюються кожні три секунди (рис. 2.7). Виходячи з отриманих результатів, найменшу різницю між показами було отримано з першого та п'ятого датчика, їх і будемо використовувати в подальшому як «вологий» та «сухий» термометри.

```

=====
температура 1 23.62
- температура 2 23.06
- температура 3 24.25
- температура 4 23.25
- температура 5 23.69
=====
температура 1 23.62
- температура 2 23.06
- температура 3 24.25
- температура 4 23.31
- температура 5 23.75

=====
температура 1 23.62
- температура 2 23.06
- температура 3 24.25
- температура 4 23.25
- температура 5 23.75

=====
температура 1 23.62
- температура 2 23.00
- температура 3 24.31
- температура 4 23.25
- температура 5 23.75

```

Рисунок 2.7 – Результати вимірів з датчиків

Щоб визначити де потрібні нам датчики, по черзі нагріваємо кожен з них. По зростанню показів температури в моніторі порту, навпроти кожного з датчиків, відслідкували під якими номерами всі датчики.

2.3.4 Створення психрометричного датчика вологи

Датчики з другого по четвертий відключаємо від Arduino, а в іншому залишаємо схему без змін. Перший датчик обгортаємо в вологу батистову тканину (рис. 2.8).

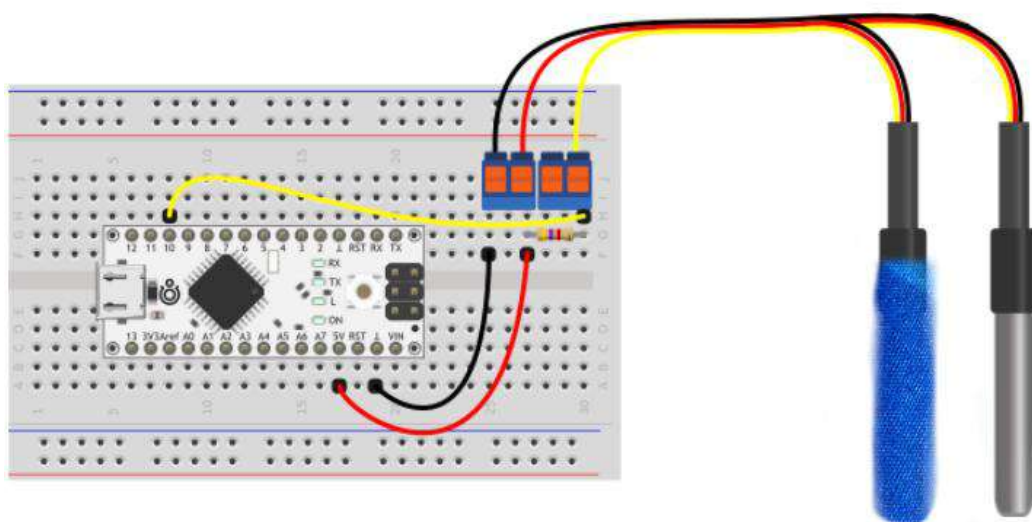


Рисунок 2.8 – Схема психрометричного датчика вологи

Для вирахування вологи за допомогою психрометричного гігрометру необхідно враховувати крім температури зволоженого та сухого термометру, також атмосферний тиск в середовищі і швидкість потоку повітря, що обдуває вимірювальний пристрій. В психрометричній таблиці беруться усереднені данні, тому можна обійтись без барометра та анемометра, та данні при такому випадку будуть менш точними.

Для роботи з Arduino беремо невелику психрометричну таблицю (рис. 2.9).

Показання волог. термометра, °C	різниця сухого / вологого										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
20	90	81	71	63	54	0	0	0	0	0	0
21	90	81	72	64	55	47	0	0	0	0	0
22	91	82	73	64	56	48	41	0	0	0	0
23	91	82	74	65	58	50	42	0	0	0	0
24	91	83	74	66	59	51	44	0	0	0	0
25	91	83	75	67	60	52	45	38	0	0	0
26	92	84	76	69	61	54	49	41	35	29	23
27	92	84	77	69	62	55	50	43	36	30	25
28	92	84	77	70	63	56	51	44	38	32	27
29	92	85	78	71	64	57	52	45	39	34	28
30	92	85	78	71	65	58	53	46	41	35	30
31	93	85	78	72	65	59	54	47	42	36	31
32	93	86	79	72	66	60	55	48	43	38	33
33	93	86	79	73	67	61	56	49	44	39	34
34	0	86	80	73	67	61	57	50	45	40	35
35	0	86	80	74	68	62	57	51	46	41	36
36	0	87	80	74	68	63	58	52	47	42	38
37	0	87	81	75	69	63	59	53	48	43	39
38	0	87	81								

Тс – температура сухого датчика;

Тв – температура зволоженого датчика.

Приступаємо до написання програми (рис. 2.10).

```
#include <OneWire.h> // підключення бібліотеки
#include <DallasTemperature.h> // підключення бібліотеки

// лінія даних підключена до цифрового виходу 10 Arduino
#define ONE_WIRE_BUS 10

// настройка об'єкта oneWire для зв'язку з будь-яким пристроєм OneWire
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);

// передати посилання на oneWire бібліотеці DallasTemperature
DallasTemperature sensors(&oneWire);

// адреси двох термо-датчиків DS18B20
uint8_t sensor1[8] = { 0x28, 0xD4, 0xF5, 0x07, 0xD6, 0x01, 0x3C, 0xE5 };
uint8_t sensor2[8] = { 0x28, 0x35, 0x06, 0x95, 0xF0, 0x01, 0x3C, 0xB0 };

void setup(void)
{
    Serial.begin(9600); // відкриваємо порт для роботи з монітором порту
    sensors.begin();
}

int masiv [21][11]={ // масив з психрометричною таблицею
{90,81,71,63,54,0,0,0,0,0,0},
{90,81,72,64,55,47,0,0,0,0,0},
{91,82,73,64,56,48,41,0,0,0,0},
{91,82,74,65,58,50,42,0,0,0,0},
{91,83,74,66,59,51,44,0,0,0,0},
{91,83,75,67,60,52,45,38,0,0,0},
{92,84,76,69,61,54,49,41,35,29,23},
{92,84,77,69,62,55,50,43,36,30,25},
{92,84,77,70,63,56,51,44,38,32,27},
{92,85,78,71,64,57,52,45,39,34,28},
{92,85,78,71,65,58,53,46,41,35,30},
{93,85,78,72,65,59,54,47,42,36,31},
{93,86,79,72,66,60,55,48,43,38,33},
{93,86,79,73,67,61,56,49,44,39,34},
{0,86,80,73,67,61,57,50,45,40,35},
{0,86,80,74,68,62,57,51,46,41,36},
{0,87,80,74,68,63,58,52,47,42,38},
{0,87,81,75,69,63,59,53,48,43,39},
{0,87,81,75,70,64,59,54,49,44,40},
{0,87,81,76,70,65,60,55,50,45,41},
{0,88,82,76,70,65,61,55,51,46,42}
};
```

```

void loop(void)
{
  sensors.requestTemperatures(); //запит температур з датчиків
  Serial.print("температура 1 "); //друк в монітор порту слова
  Serial.println(sensors.getTempC(sensor1)); //друк в монітор порту даних з першого датчика
  Serial.print(" - температура 2 "); //друк в монітор порту слова
  Serial.println(sensors.getTempC(sensor2)); //друк в монітор порту даних з другого датчика

  //призначаємо перемінній "Tsuxoy" даних з першого сенсора
  float Tsuxoy=sensors.getTempC(sensor1);
  //призначаємо перемінній "Tvlagniy" даних з другого сенсора
  float Tvlagniy=sensors.getTempC(sensor2);
  float dT=(Tsuxoy-Tvlagniy); //знаходимо дельту

  //округлюємо та мінус температура початкова таблиці
  Row = round(Tsuxoy)-20;
  Col = round(dT)-1; //округлюємо та мінус 1 через нумерацію з нуля
  int H=masiv[Row][Col]; //присвоєння змінній "H" значень з масиву психрометричної таблиці
  Serial.print("Волога "); //друк в монітор порту слова
  Serial.println(H); //друк в монітор порту отриманої вологості
  Serial.println("-----");
  delay(3000); //затримка 3 секунди перед наступним циклом
}

```

Рисунок 2.10 – Програма психрометричного датчика вологи

В моніторі порту отримуємо результати роботи програми (рис. 2.11):

```

температура 1 19.19
- температура 2 23.37
Волога 65
-----
температура 1 19.19
- температура 2 24.12
Волога 59
-----
температура 1 19.12
- температура 2 24.94
Волога 52

```

Рисунок 2.11 – Відображення вологи

Данні кажуть про те, що алгоритм програми працює правильно. Покази температури округлюються функцією «round» до цілих чисел, через те що масив не включає проміжків з знаком після коми. Є можливість розширити масив проміжними значеннями, що дозволить визначати вологу більш точно,

але тоді розмір програми буде займати більше місця, а її написання займе більше часу. В якості швидкого отримання даних розрахунків вологи, можна скористатися сторонніми психрометричними таблицями з більшим діапазоном температур. Але використання психрометричного методу вимірювання вологи нам не підходить по причинах, які будуть пояснені пізніше.

3 ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРИ ТА ВОЛОГОСТІ АНТ10

Наступним варіантом приладу для вимірювання вологості стане Arduino Nano в зв'язці з датчиком АНТ10.

АНТ10 – це високоточний датчик температури та вологості. Він відкалібрований з заводу та має швидкий відгук. Його короткі характеристики:

- напруга живлення від 1,8в до 3,6 В;
- вимір температури від -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$;
- роздільна здатність при виміру температури складає 0.01°C ;
- точність при вимірюванні температури $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$;
- діапазон вимірювання відносної вологості від 0% до 100%;
- роздільна здатність при виміру вологості складає 0,024%;
- точність вимірювання відносної вологості: $\pm 2\%$ при температурі 25°C ;
- швидкість шини I²C від 0Гц до 400 КГц;
- рекомендована частота опитування датчика складає від 8 до 30 секунд.

Схема датчика наведена на рис. 3.1 . Для зручності підключення до зовнішніх пристроїв датчик змонтований на плату, яка має вигляд маленького модуля з розмірами 15х11 міліметрів (рис. 3.2) [3].

При довготривалому використанні датчика за вологості більше 80% може спостерігатися дрейф в показаннях вимірів. Ця проблема вирішується висушуванням датчика при температурі від 80 до 85°C і відносній вологості менше 5% протягом 10 годин. Після такої процедури покази вимірів повернуться до тих, які були закладені при калібруванні з заводу.

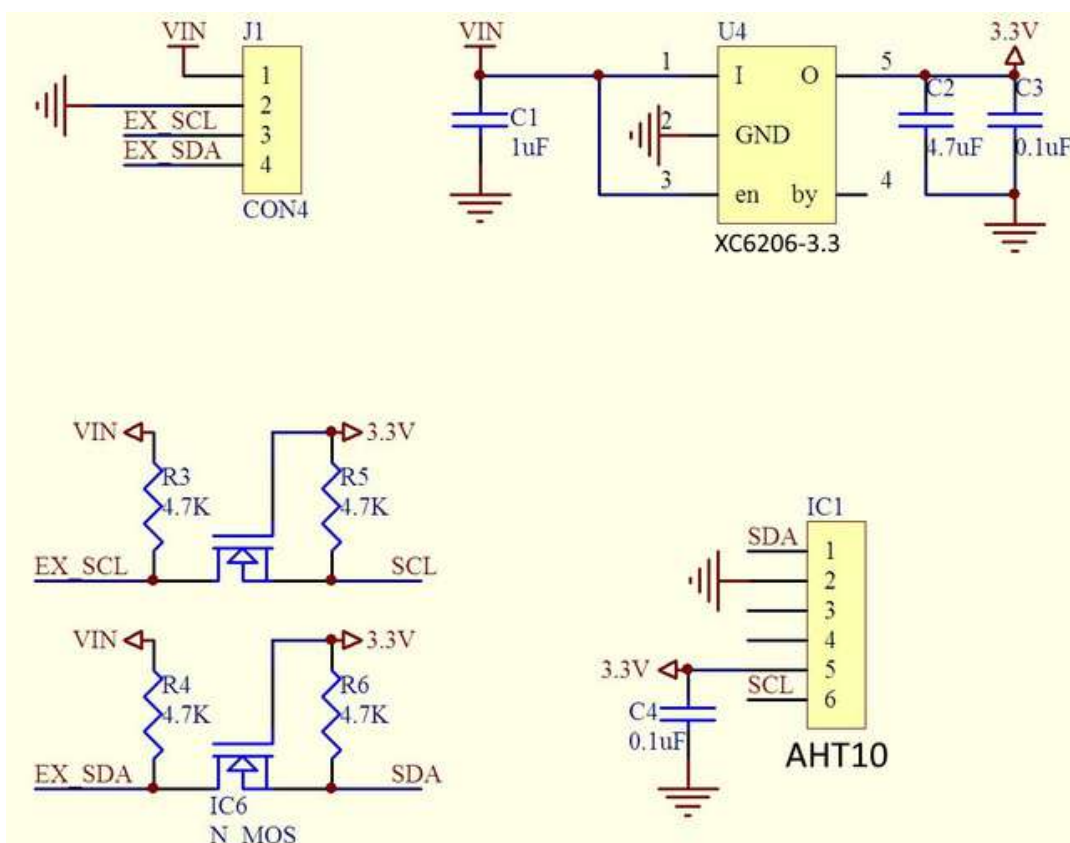


Рисунок 3.1 – Схема платы з датчиком АНТ10

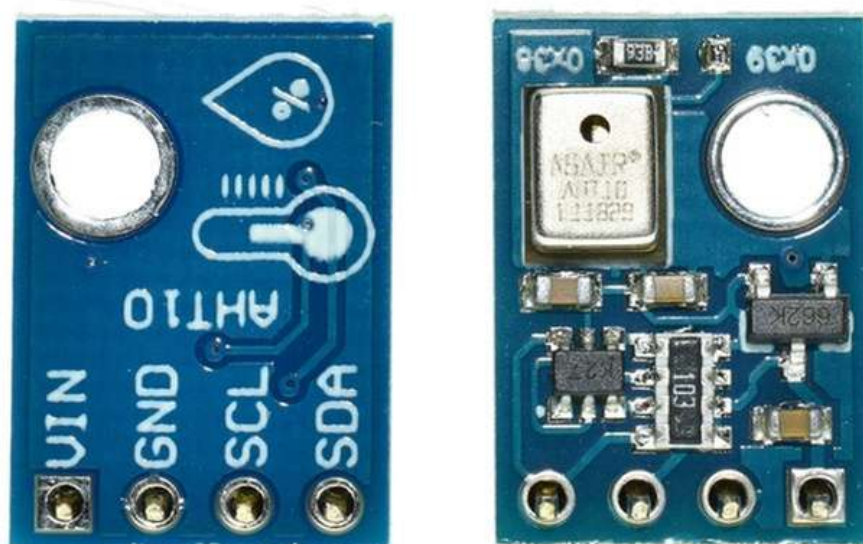


Рисунок 3.2 – Плата з датчиком АНТ10

3.1 Побудова датчика вологи на базі Arduino Nano та датчика АНТ10

Підключаємо датчик АНТ10 до Arduino за схемою на рис. 3.3 .

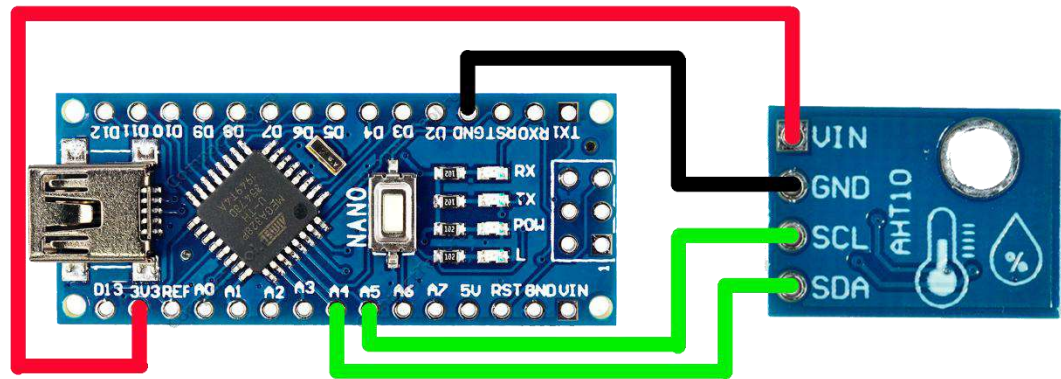


Рисунок 3.3 – Схема підключення датчика АНТ10

Датчик має інтерфейс I2C, за допомогою якого і підключається до інших пристроїв для передачі інформації. Контакти SDA і SCL підключаються до контактів A4 та A5 відповідно на Arduino , по ним передається інформація. Плюс живлення VIN підключено до контакту 3V3 (3,3 Вольт). Мінус живлення від GND до відповідного на Arduino.

3.2 Створення програми зчитування показів датчика АНТ10

Пишемо відносно просту програму, яка буде виводити покази з датчика до монітору порту результати вимірів через кожні 8 секунд (рис. 3.4).

```
//підключаємо потрібні для роботи бібліотеки
#include <Thinary_AHT10.h>
#include <Wire.h>
```

```

ANT10Class ANT10;

void setup()
{
  Serial.begin(9600); //відкриваємо монітор порту
  Wire.begin(); //підключаємо Ардуіно до шини I2C
  ANT10.begin(); //підключаємо датчик
}

void loop()
{
  //вивід в монітор порту температури
  Serial.println(String("")+"Темп."+ANT10.GetTemperature()+"°C");
  //вивід в монітор порту вологи
  Serial.println(String("")+"Влжн."+ANT10.GetHumidity());
  Serial.println("-----");
  delay(8000); //затримка рекомендованих 8 секунд
}

```

Рисунок 3.4 – Програма для роботи датчика АНТ10

Після завантаження програми в мікроконтролер відкриваємо монітор порту, де бачимо результати роботи створеного приладу (рис. 3.5).

Темп.24.93°C	Темп.25.38°C
Влжн.46.30	Влжн.53.60
-----	-----
Темп.25.09°C	Темп.25.02°C
Влжн.46.19	Влжн.52.21

Рисунок 3.5 – Данні з монітору порту

При обдуванні датчика вологим повітрям він, як і варто очікувати, фіксує найменші зміни.

4 ЄМНІСНИЙ ДАТЧИК ВОЛОГОСТІ SEN0193

SEN0193 - це аналоговий ємнісний датчик вологості. Перевірка рівня вологи відбувається за допомогою ємнісного зондування. Виготовлений з корозійно-стійкого матеріалу, через що його часто застосовують для виміру рівня вологи в ґрунті та подібних середовищах. Він має наступні характеристики:

- робоча напруга від 3,3 до 5,5 вольт постійного струму;
- вихідна напруга від 0 до 3,0 Вольт постійного струму;
- інтерфейс: PH2,0-3P;
- розмір: 99х16 міліметрів/3,9х0.63.

Його схема зображена на рис. 4.1.

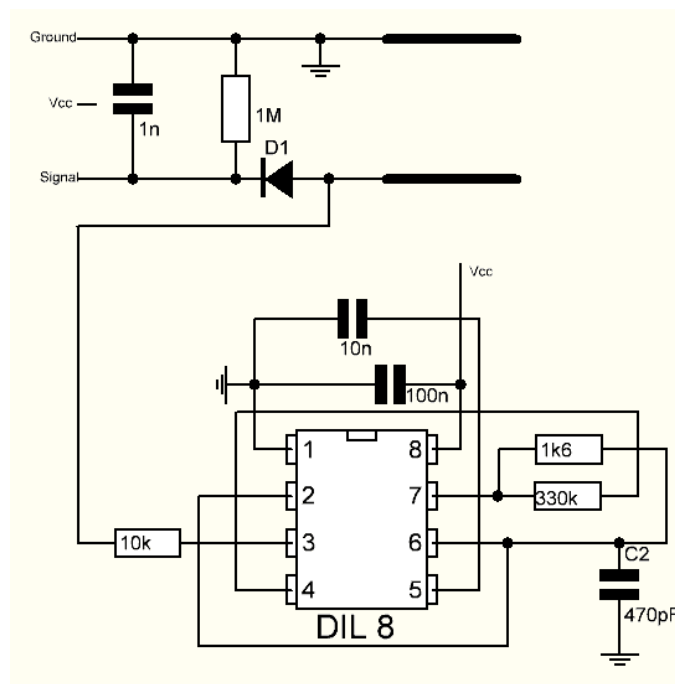


Рисунок 4.1 – Схема датчика SEN0193

На основі мікросхеми таймера 555 побудований генератор прямокутної хвилі. Вона подається на датчик через дільник напруги, як на конденсатор, що в свою чергу, має реактивний опір. Чим більше волога, тим більше

ємність датчика, а реактивний опір на прямокутну хвилю буде зменшуватись та зменшувати напругу на сигнальній лінії. Ця напруга вимірюється на аналоговому контакті Arduino.

4.1 Побудова датчика вологи на базі Arduino Nano та датчика SEN0193

Збираємо прилад за наступною схемою (рис. 4.2).

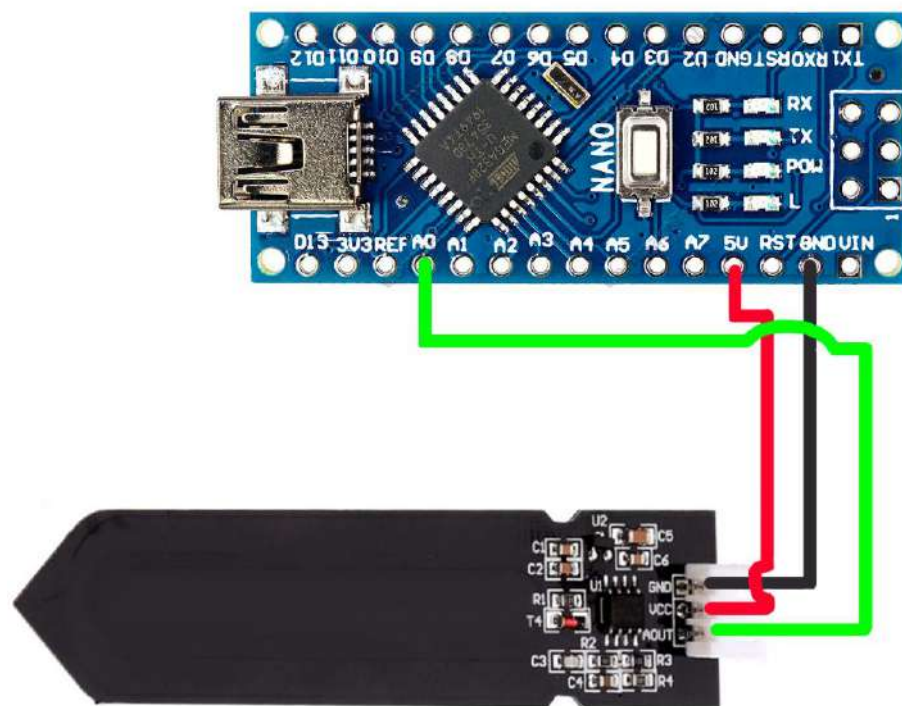


Рисунок 4.2 – Схема підключення SEN0193 до Arduino

Живлення +5 В – це контакт VCC датчика, що підключається до контакту 5V на Arduino. Мінус живлення – контакти GND як на датчику, так і на Arduino. Виміряні данні передаються через контакт AO_{UT} датчика на контакт A0 Arduino [4] .

4.2 Створення програми зчитування показів датчика SEN0193

Для початку потрібно дізнатися, які покази видає датчик будучи сухим та мокрим. Напишемо просту програму (рис. 4.3).

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  Serial.println(analogRead(A0));
  delay(100);
}
```

Рисунок 4.3 – Програма зчитування даних датчика SEN0193

В моніторі порту отримали результати, згідно яким датчик видає значення в 644 одиниць (будучи сухим) при вологості в кімнаті 48%, згідно показів раніше зібраного гігрометра (на основі датчика АНТ10).

Після занурення датчика SEN0193 в воду отримали результат в 282 одиниці. Візьмемо отримані данні та спробуємо створити програму для відображення отриманої вологи в відсотках (рис. 4.4).

```
const int suho = 644; // низ датчика 32% вологості
const int nesuho=282; //датчик занурений в воду

void setup()
{
  Serial.begin(9600); //відкрили порт
}

void loop()
{
  int sensorV=analogRead(A0); //зчитуємо покази з датчика
  int vologaProcent=map(sensorV, nesuho, suho, 100, 32); //покази в відсотках
  Serial.println(analogRead(A0));
  Serial.println(vologaProcent);
  Serial.println("-----");
  delay(5000);
}
```

Рисунок 4.4 – Відображення вологи в відсотка датчика SEN0193

Тепер перевіримо чи правильно працює наша програма, спираючись на паралельні данні, які отримані з відкаліброваного з заводу датчика АНТ10.

Для цього також в код програми додаємо код для АНТ10 (пункт 3.2). Отримані данні перенесли в Microsoft Excel та побудували діаграму (рисунок 4.5). Виміри проводились за температури від 25 до 33°C над ємністю з окропом.

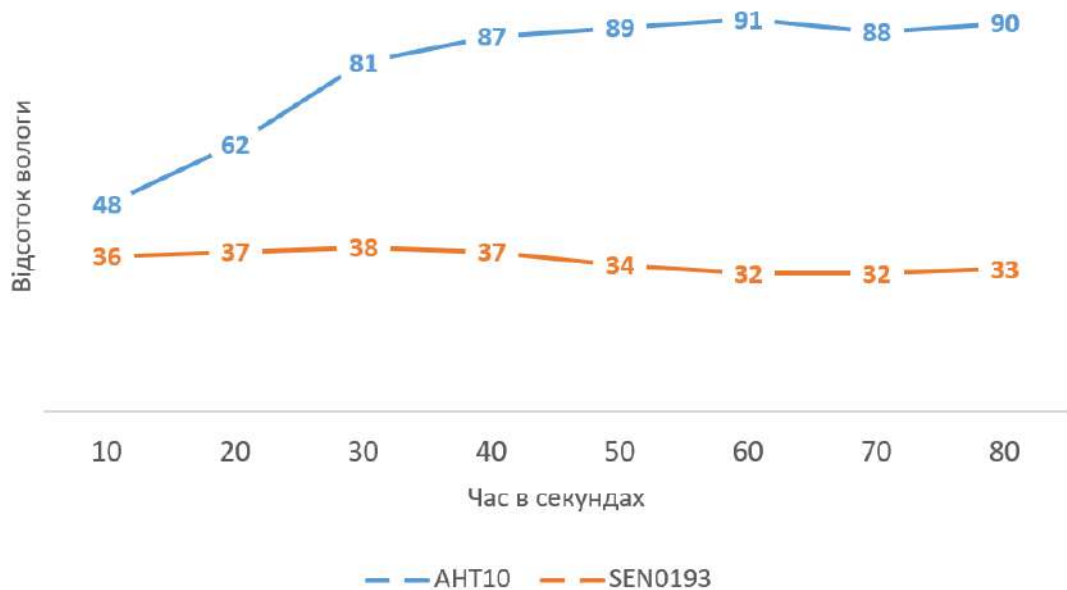


Рисунок 4.5 – Порівняння показів датчиків

Датчики знаходились поруч, а данні з них зчитувались одночасно. На графіку хоч і можна спостерігати певну криву з показів SEN0193, проте відсоток вологості розрахований не вірно. Це спричинено тим, що датчик працював в менш широкому робочому діапазоні.

Якщо датчик огорнути в тканину, яка буде щільно його облягати, то волога, ввібрана в тканину, вже зможе змусити працювати SEN0193 в повному діапазоні. Проведемо повторне тестування. Дійсно, тепер датчик показує зміни рівня вологості (рис. 4.6).

635	468
34	66
=====	=====
585	432
44	73
=====	=====
546	395
51	79
=====	=====
507	361
58	86
=====	=====

Рисунок 4.6 – Покази з монітору порту

Перші цифри показують данні, отримані з датчика напряму, друга цифра відображає прораховане програмою значення вологи у відсотках. Тканина, якою огорнутий датчик, вже була заздалегідь змочена в воді.

Як виявилось, такий метод має велику проблему, адже покази залежать від швидкості намокання та висихання тканини, що огортає датчик. До того ж не виключена потреба додатково відкалібрувати нижній та верхній поріг вологості для датчика, огорнутого в тканину. Далі в роботі для покращення точності вимірів при роботі з цим датчиком спробуємо використовувати менший діапазони його показів.

5 ДАТЧИК ВОЛОГОСТІ НА БАЗІ ДАТЧИКА DHT11

Датчик DHT11 (рис. 5.1) складається з гігрометра та ємнісного датчика температури. Чип всередині датчика видає цифровий сигнал виконуючи аналого-цифрові перетворення.

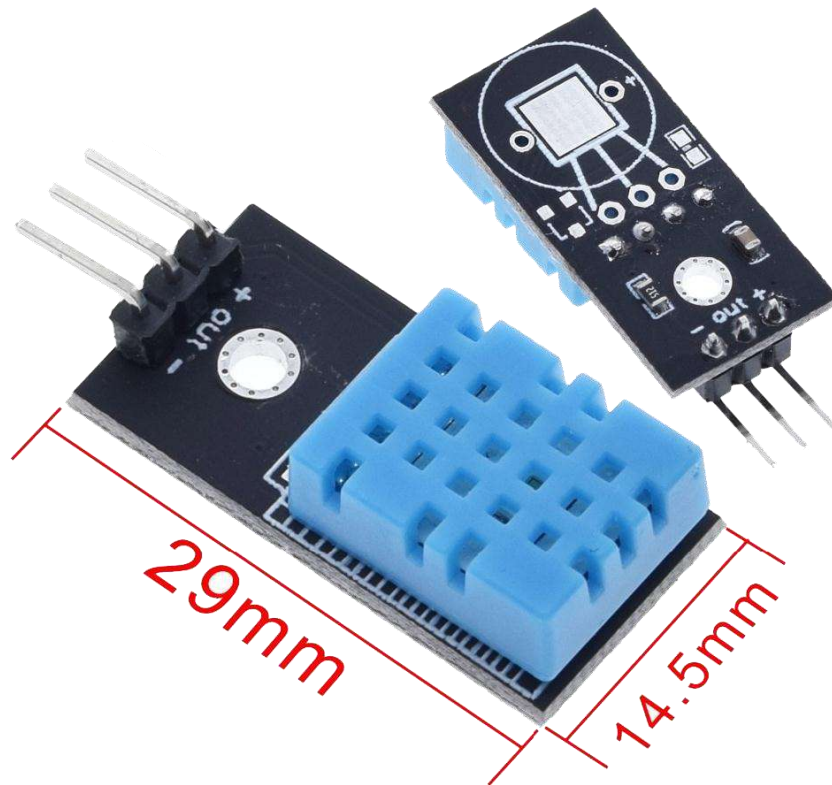


Рисунок 5.1 – Датчик DHT11

Він має наступні характеристики:

- напруга живлення від 3,3В до 5В
- вимір температури від 0°C до + 50°C
- точність при вимірюванні температури $\pm 2^\circ\text{C}$
- діапазон вимірювання відносної вологості від 20% до 95%
- точність вимірювання відносної вологості: $\pm 5\%$
- підключення по цифровому каналу

5.1 Підключення датчика вологості DHT11 до arduino nano

Підключення датчика не сильно відрізняється від вже раніше описаних. Схеми підключення наведені на рис. 5.2.

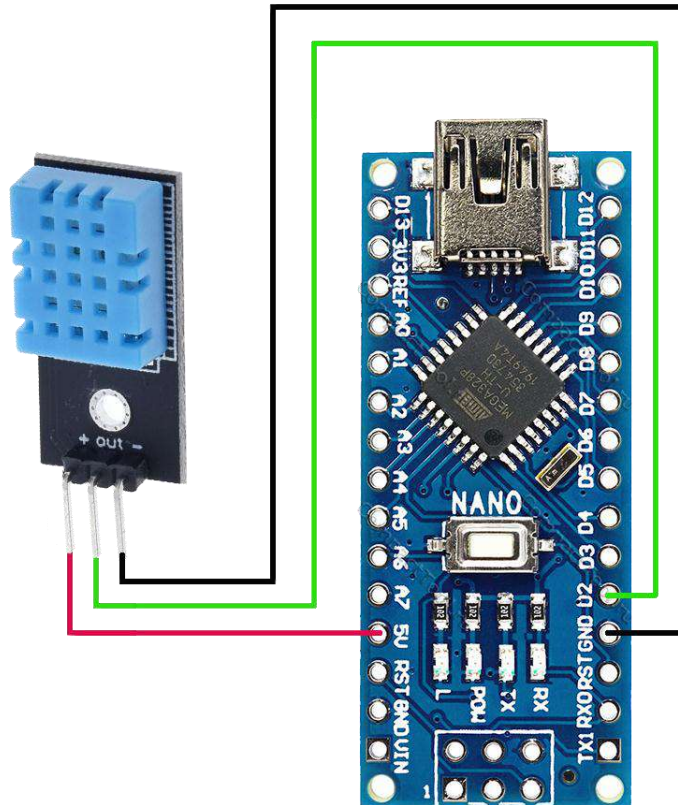


Рисунок 5.2 – Схеми підключення датчика DHT11

Плюс та мінус живлення промаркировані відповідними символами на датчику та підключаються до контактів 5V та GND на Arduino відповідно. Данні вимірів передаються з піну OUT датчика на пін D2 на Arduino [5].

5.2 Створення програми зчитування показів датчика DHT11

Напишемо не складну програму для роботи з датчиком (рис. 5.3).

```

#include "DHT.h" //підключення бібліотеки для роботи з датчиком
#define DHTPIN 2 //вказуємо пін до якого підключено датчик
DHT dht(DHTPIN, DHT11); // вказуємо бібліотечці модель датчика

void setup() {
    Serial.begin(9600); // відкриваємо монітор порту
    dht.begin(); // підключаємо датчик
}

void loop() {
    delay(2000); // затримка 2 секунди
    float h = dht.readHumidity(); //вимір вологи
    Serial.print("Волога: ");
    Serial.println(h); //друк в монітор порту вимірів
}

```

Рисунок 5.3 – Програма для зчитування вологості датчиком DHT11

В моніторі порту отримуємо виміри (рис. 5.4).

```

Волога: 57.00
Волога: 57.00
Волога: 57.00
Волога: 57.00
Волога: 65.00
Волога: 67.00
Волога: 66.00
Волога: 66.00

```

Рисунок 5.4 – Результати роботи програми

При зміні вологи датчик дійсно реагує на її зміни, отже програма працює правильно.

6 РЕЗИСТИВНИЙ ДАТЧИК ВОЛОГОСТІ MH-RD

Датчиком виступає двостороння друкована плата з багатьма доріжками (рис. 6.1) принцип дії якої нагадує змінний резистор. Волога, потрапляючи на плату, замикає між собою доріжки, це спричиняє зміну опору.

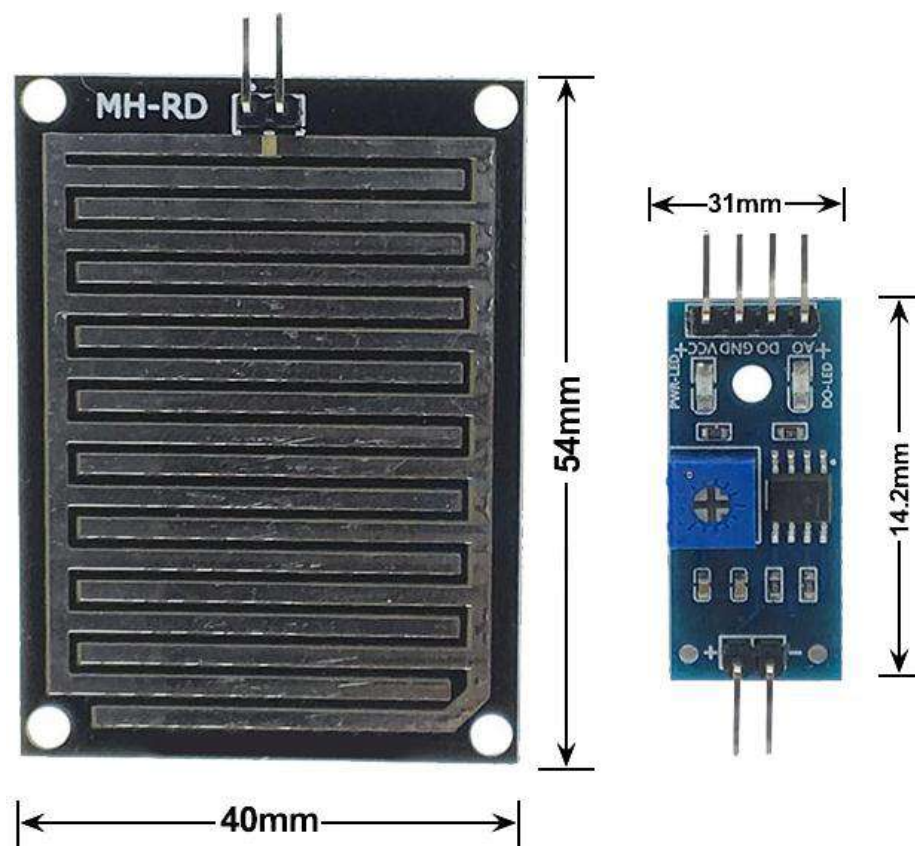


Рисунок 6.1 – Датчик MH-RD з здвоєним компаратором

Для перетворення показів з датчика в сигнал від 0 до 5 вольт використовуємо здвоєний компаратор (LM393). Живиться датчик напругою від 3,3 до 5 вольт [6].

6.1 Підключення датчика вологості MH-RD до Arduino Nano

Підключаємо датчик за наступною схемою (рис. 6.2).

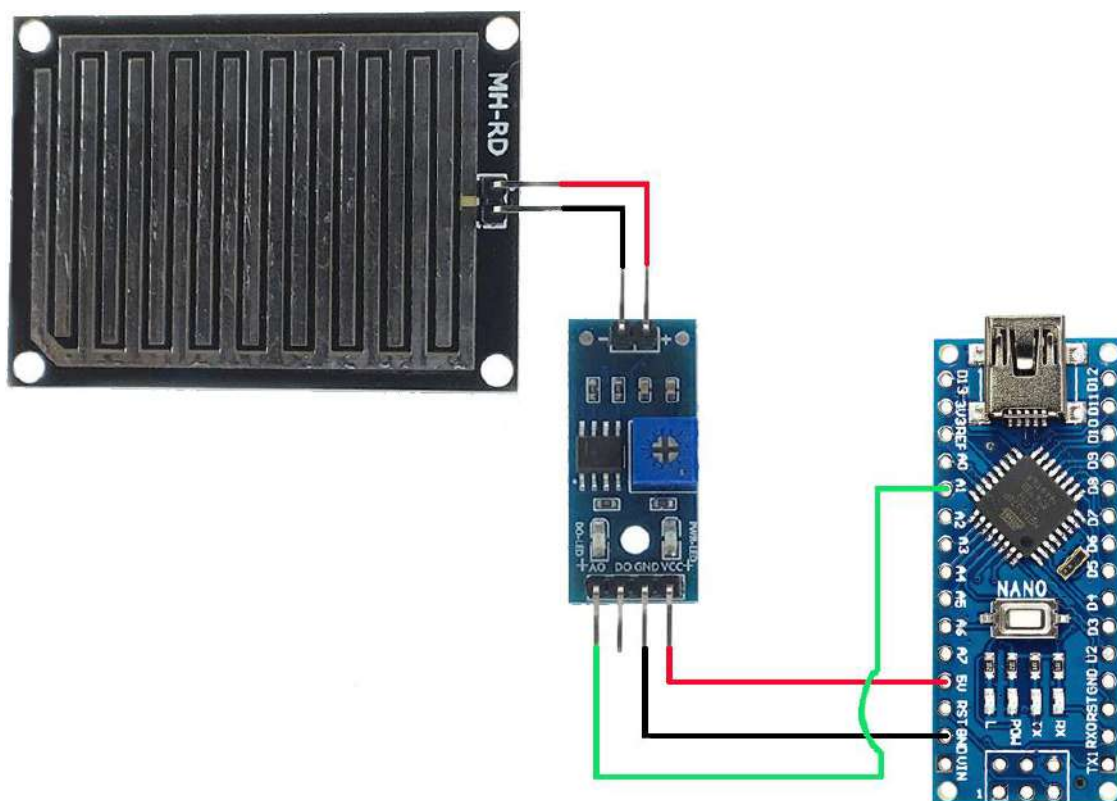


Рисунок 6.2 – Схема підключення датчика MH-RD

Підключення відбувається за схемою, подібною до раніше описаних. Контакти компаратора VCC, GND, A0 підключаються до контактів на Arduino – 5V, GND, A1 відповідно. Виміряні данні передаються в аналоговому вигляді до контакту A1 на Arduino. 5V, GND слугують для живлення компаратора. До контактів компаратора «+» та «-» підключений безпосередньо датчик MH-RD.

Даний компаратор дозволяє виконати підключення по цифровому порту D0 на компараторі, в такому випадку датчик буде подавати високу чи низьку напругу (логічну 1 чи 0) на відповідний цифровий контакт Arduino (наприклад на D6). Поріг спрацювання компаратору можна налаштувати за допомогою підстроювального резистора на його платі. Та нам підходить саме аналоговий метод зчитування показів, адже він видає данні в діапазоні від 0 до 1023 одиниць, що і дозволить перевести кількість вологи в потрібні нам відсотки, як вже робили в випадку з датчиком SEN0193.

6.2 Створення програми зчитування показів датчика MH-RD

Створюємо та завантажуюмо наступну програму (рис. 6.3).

```
#define PIN_ANALOG_RAIN_SENSOR A1 // вказуємо що датчик на аналоговому вході A1

void setup() {
  Serial.begin(9600); //відкриваємо монітор порту
}
void loop() {
  int sensorValue = analogRead(PIN_ANALOG_RAIN_SENSOR); // Зчитуємо дані з аналогового входу
  Serial.print("Значення датчику: ");
  Serial.println(sensorValue); // Виводимо аналогове значення в монітор порту
  delay(1000); // затримка 1 секунда перед повтором програми
}
```

Рисунок 6.3 – Програма для зчитування аналогових даних з датчика MH-RD

Зануривши датчик в воду, отримаємо данні при умовній 100% вології. В середньому ця цифра склала 190 пунктів. Для сухого датчика данні становлять 1012 пунктів (волога в приміщенні складала 61% згідно з показами датчика DHT11).

Виходячи з отриманих даних, створюємо відповідні правки в програмі для відображення вологи в відсотках, як раніше робили в випадку датчика SEN0193 (рис. 6.4).

```
#define PIN_ANALOG_RAIN_SENSOR A1 // вказуємо що датчик на аналоговому вході A1

const int suho = 1012; // низ датчика 61% вологості
const int nesuho=190; //датчик занурений в воду

void setup() {
  Serial.begin(9600); //відкриваємо монітор порту
}
void loop() {
  int sensorV = analogRead(PIN_ANALOG_RAIN_SENSOR); // Зчитуємо дані з аналогового входу
  int vologaprocent=map(sensorV, nesuho, suho, 100, 61); //покази в відсотках
  Serial.print("Значення датчику: ");
  Serial.println(vologaprocent); //друк в монітор порту вимірів MH-RD в відсотках
  Serial.println(sensorV); // Виводимо аналогове значення в монітор порту
  Serial.println("-----");
  delay(2000); // затримка 2 секунди перед повтором вимірі
}
```

Рисунок 6.4 – Модифікація програми для відображення відсотків
ВОЛОГИ

7 ОБ'ЄДНАННЯ ВСІХ ДАТЧИКІВ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ ЇХ МОЖЛИВОСТЕЙ

Для коректного порівняння можливостей датчиків та їх програм роботи необхідно об'єднати всі минулі напрацювання в один проект.

Нажаль, після настроювання датчика SEN0193 згідно пункту 4.2 датчик АНТ10 через декілька днів перестав видавати данні. Через це можемо завчасно зробити висновки, що датчик нездатний витримувати навіть короточасні потоки гарячої водяної пари. Такий датчик не може задовільнити мету даної роботи, тому в наступних випробуваннях не будемо його використовувати. Висновки по іншим датчикам зробимо після їх спільного тестування.

7.1 Підключення датчиків DHT11, DS18B20, SEN0193 та MH-RD до Arduino Nano

Об'єднаємо всі датчики за схемою на рис. 7.1. Датчики мають живлення 5 Вольт та підключаються до спільних пінів живлення, а саме, 5V та GND на Arduino Nano. Живлення плати Arduino відбувається від 5 В, яке надходять в її mini USB порт.

Детальне підключення всіх модулів описане в пунктах 2.3.4, 4.1, 5.1 та 6.1, тому описувати їх повторно не має сенсу.

Датчики закріплені на одному рівні. Дистанція між кожним з них 4 сантиметри. Всі датчики знаходяться в закритій зверху та по всіх боках стінками випробувальній камері. Знизу камери знаходиться нагрівна поверхня без відкритого вогню. Поступово камера буде наповнюватись гарячим повітрям. Конструкція тестової камери дозволяє в будь-який час додати краплі води на нагрівну поверхню для підвищення вологості в камері з датчиками. Всі данні з датчиків будуть виведені в монітор порту та перенесені в програмне забезпечення Microsoft Excel для подальшої побудови графіків.

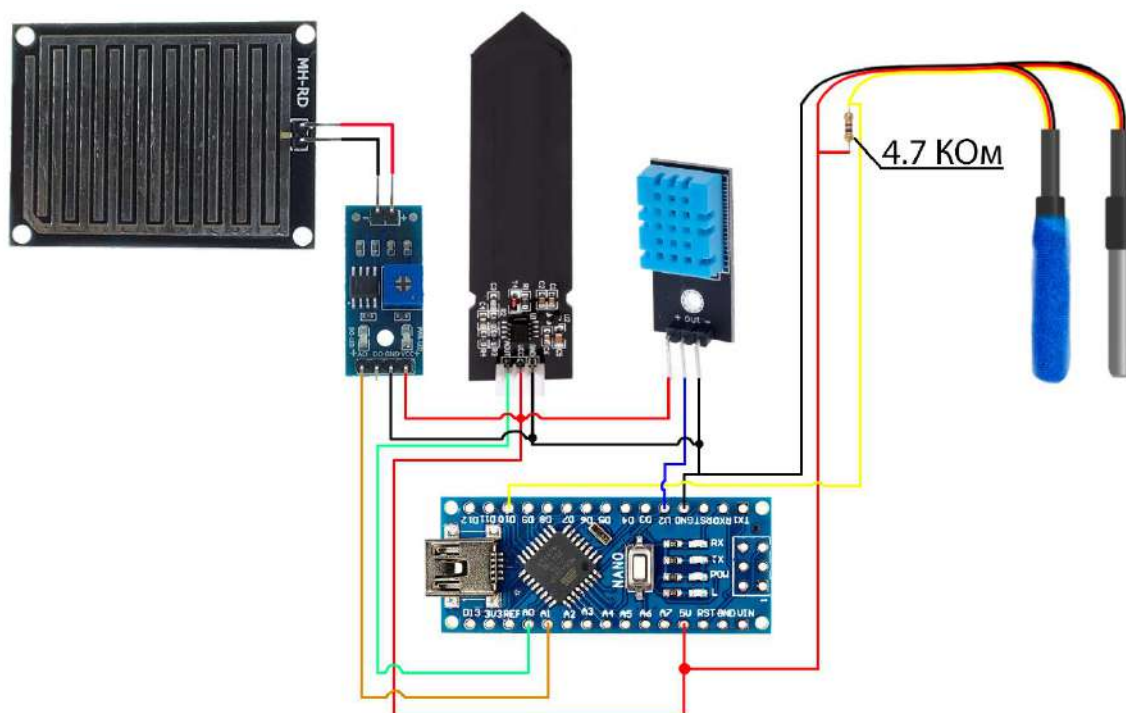


Рисунок 7.1 – Схема підключення датчиків DS18B20, SEN0193, DHT11 та MH-RD до Arduino Nano

7.2 Написання програми для роботи з датчиками

В цьому пункті ми об'єднаємо раніше створені програми в одну для майже одночасного зчитування даних з всіх датчиків. Датчик SEN0193 перекалібруємо по датчику DHT11. Данні в монітор порту виводяться без текстового супроводу та в одну строку для простоти переносу вимірів в Microsoft Excel. Затримка між вимірами 5 секунд. Код програми наведено в додатку А.

7.3 Робота з отриманими даними

Тестування датчиків відбувалось на протязі 15 хвилин 30 секунд. За час тестування було досягнуто максимальної температури в камері 73,44 градусів по Цельсію (згідно з вимірами сухого датчика DS18B20). Після досягнення температури 50 градусів по Цельсію (час на графіку - 4 хвилини 30 секунд) було почато додавання води на нижню нагрівну поверхню для запобігання пересушення повітря. Після досягнення температури в 73,44 градусів по Цельсію, нижня нагрівна поверхня була демонтована, через що можна спостерігати різке падіння температури після 10 хвилин 30 секунд на рис. 7.2.

7.3.1 Покази психрометричного датчика вологи на базі Arduino Nano та датчика DS18B20

В результаті експерименту отримали наступні результати.

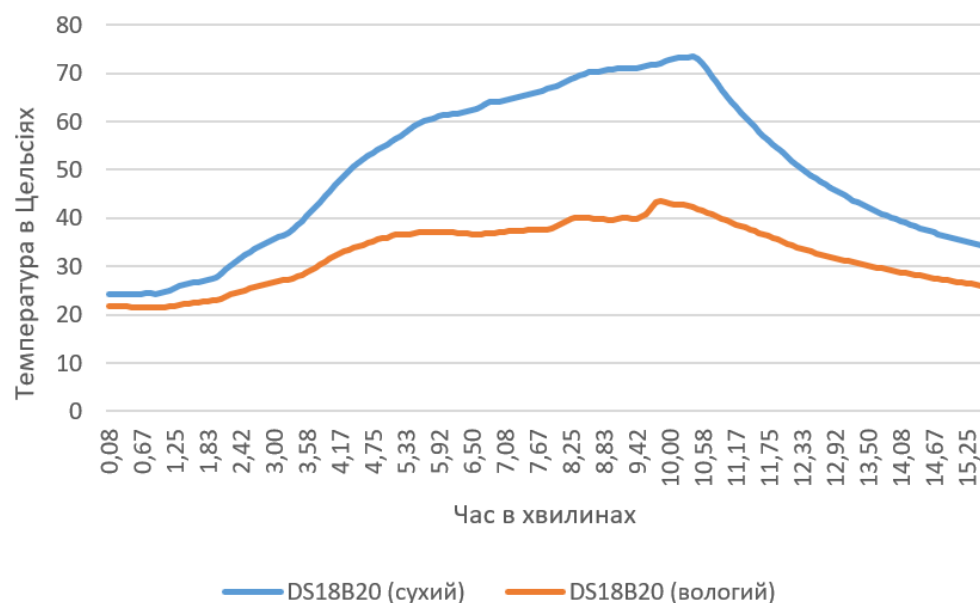


Рисунок 7.2 – Виміри температур DS18B20

Розраховували вологу психрометричним датчиком (рис. 7.3).

Як можемо спостерігати, вологий датчик стабілізував свої покази після досягнення температури в камері на рівні 50 градусів по Цельсію. Через даний фактор розрив показів між сухим та вологим датчиком почала різко збільшуватись аж до 31,18 градусів по Цельсію на дев'ятій хвилині експерименту. Даний фактор заважає правильно вираховувати вологість.

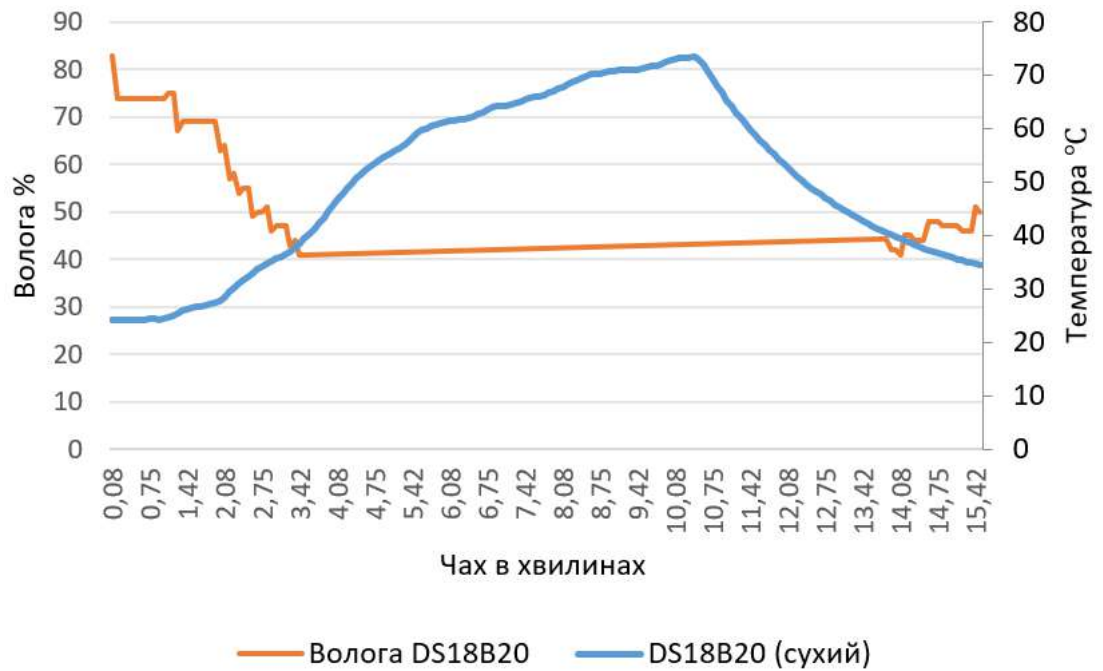


Рисунок 7.3 – Розрахунок вологи психрометричного датчика

Як бачимо, після досягнення температури вище 40 °C вимір вологи не розраховується, адже різниця показів сухого і вологого датчика вже складала 12 °C, а більшість психрометричних таблиць розраховані на температуру не більше 60 °C, або на різницю температур не більше 16,5 °C (у нашому випадку спостерігалось збільшення різниці показів до 31,18 °C).

Даний метод вимірів вологи не залежить від агресивності середовища, в якій він знаходиться, адже датчик знаходиться в захисній капсулі. Та він не позбавлений проблем окрім розрахунку вологи при занадто високих температурах. Так, наприклад, вологий датчик потребує частого підбавляння води в резервуар для змочування тканини, що його огортає. Навіть якщо

автоматизувати даний процес, встановивши датчик рівня води та умовний клапан для поповнення резервуару, з якого зволожується тканина, нам ніяк не уникнути того фактору, що при 100 °С вода просто закипить, що унеможливить виміри взагалі, навіть якщо ми матимемо розширену психрометричну таблицю.

7.3.2 Покази датчика DHT11

Так як датчик АНТ10 завчасно показав себе нездатним вимірювати вологу в умовах підвищених температур, то було прийнято рішення замінити його іншим відкаліброваним з заводу датчиком, а саме DHT11. Нижче розглянемо його покази (рис. 7.4). Далі в графіках будемо використовувати датчик DS18B20 (сухий) для відображення температури в випробувальній камері.

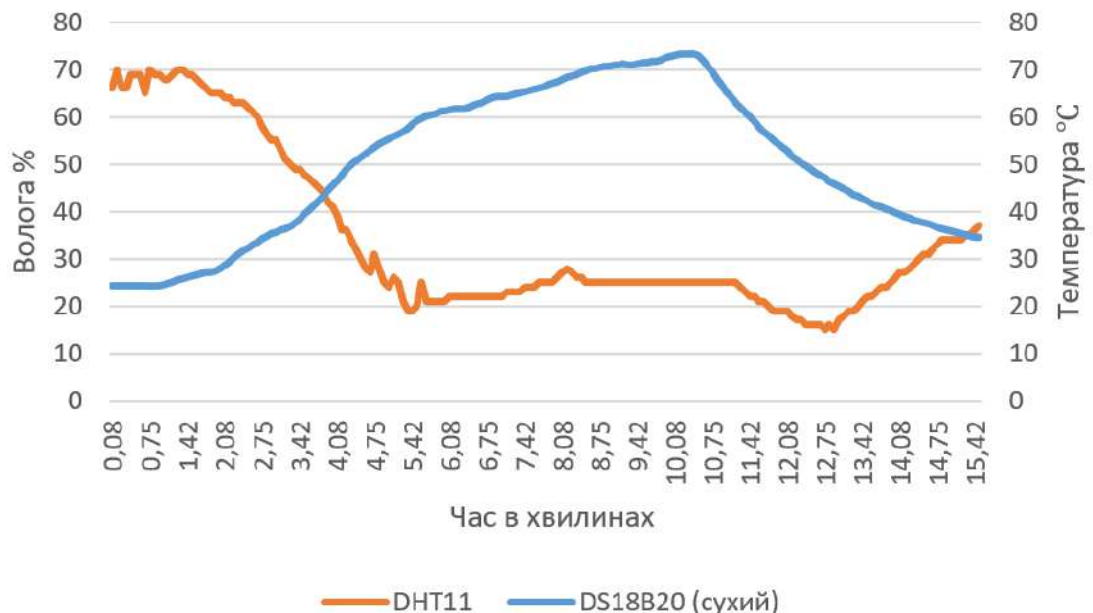


Рисунок 7.4 – Виміри вологи датчиком DHT11

Даний датчик показав себе доволі стабільно. За весь час вимірів з 186 показів він лише декілька разів видавав хибні дані (різкі зміни показів), які

були виключені з графіку. Так як цей датчик видає правдоподібні данні, то з ним будуть порівнюватись наступні датчики, адже їх налаштування при зануренні в воду не дало на практиці бажаного результату. Датчики SEN0193 та MH-RD повинні були накопити на собі конденсат, щоб їх покази змінились суттєво. Та ми можемо працювати навіть з тим, що отримали, адже прямі зняття вимірів з цих двох датчиків також відображають зміну вологості, без використання їх повного діапазону .

7.3.3 Покази ємнісного датчика вологості SEN0193

Оскільки датчик показує високі значення при високій вологості та низькі значення при низькій, то графік виглядає перевернутим в порівнянні з DHT11 (рис.7.5).

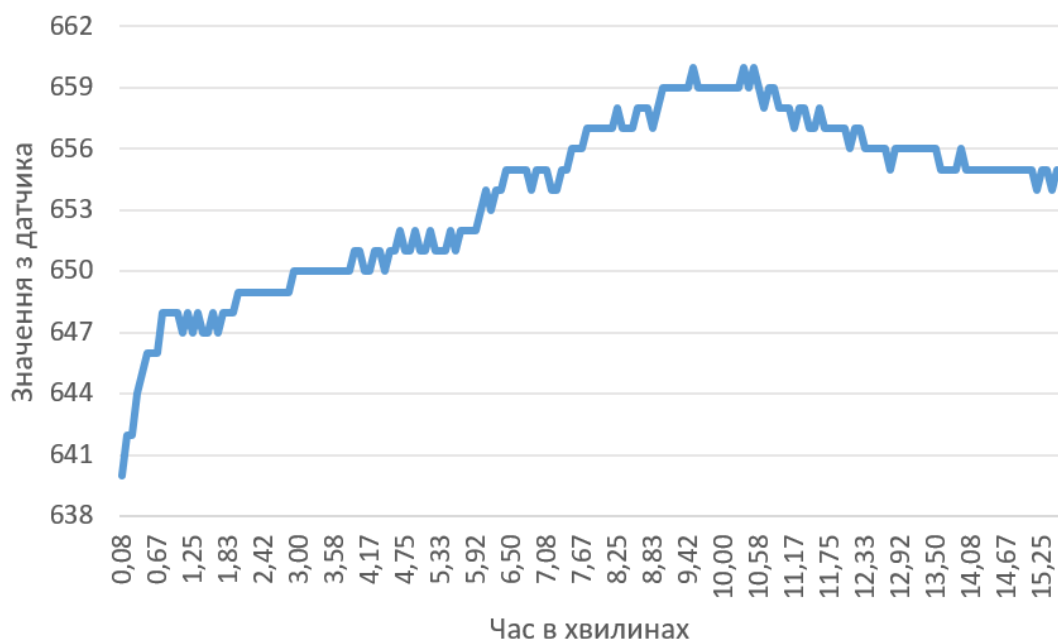


Рисунок 7.5 – Прямі виміри з датчика SEN0193

Для кращого порівняння перевернемо графік та накладемо на покази DHT11 (рис. 7.6). Як бачимо , форма вимірів обох датчиків має дуже схожу тенденція зростань та падінь, хоч в показах SEN0193 і прослідковується

менш швидка реакція на зміни вологи ніж у DHT11. Не можна не відмітити що датчик також має більший розкид по верхнім і нижнім показам вологи та неплавну лінію вимірів з невеликими скачками, а ці фактори вказують на меншу його точність. Якщо змінити в коді програми нижню та верхню шкалу вологи в відсотках на основі отриманих вимірів, то такий датчик має право бути. Особливості його будови дозволяють використовувати його в більш екстремальних умовах, та звісно, він більше підходить для виміру вологи в матеріалах, з якими має безпосередній контакт (наприклад будь-які сипучі суміші).

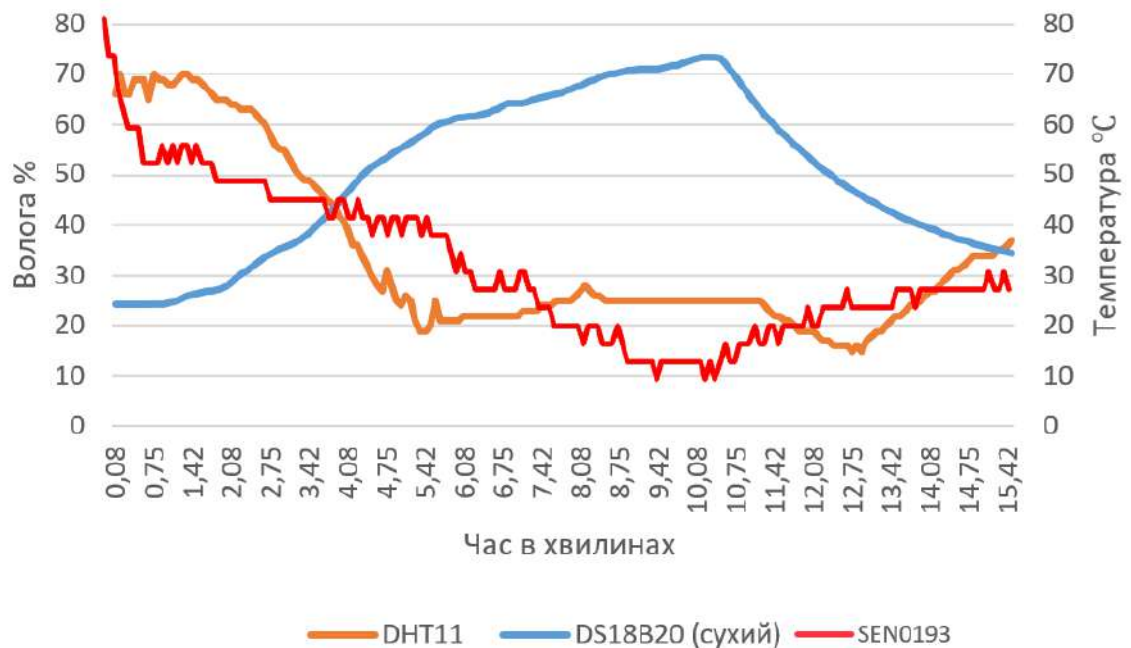


Рисунок 7.6 – Порівняння вимірів SEN0193 та DHT11

7.3.4 Покази резистивного датчика вологості MH-RD

Як і в випадку SEN0193, датчик MH-RD не використовував повний свій діапазон, на який ми розраховували калібруючи його на 100% вологість занурюючи в воду. Та завдяки тому, що в монітор порту ми виводили і прямі

покази з датчика, то можемо без проблем спостерігати тенденцію на зміну вологи при підвищених температурах, як і в минулому пункті, порівнюючи з показами DHT11 (рис. 7.7, 7.8).

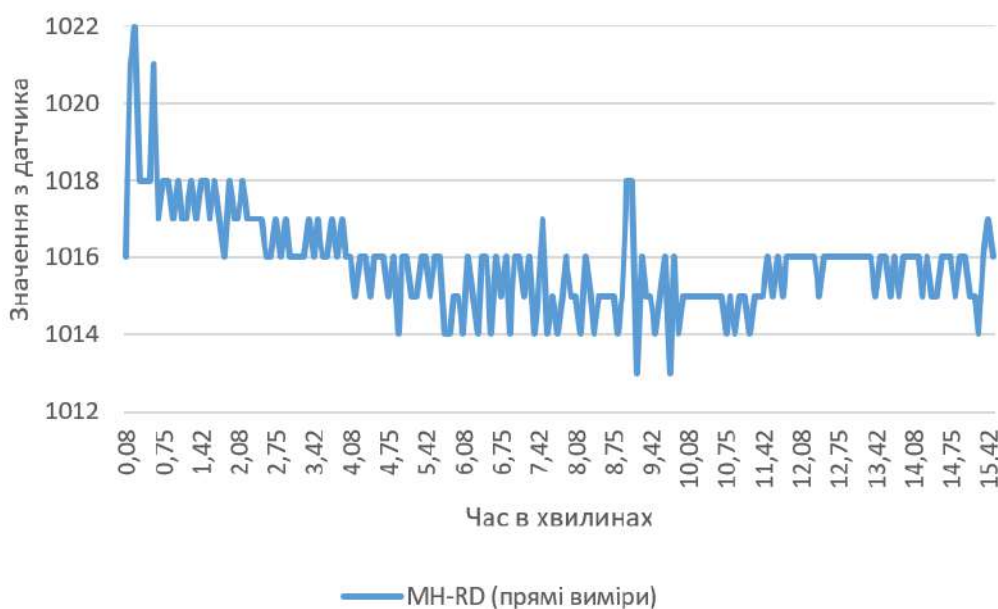


Рисунок 7.7 – Прямі виміри з датчика МН-RD

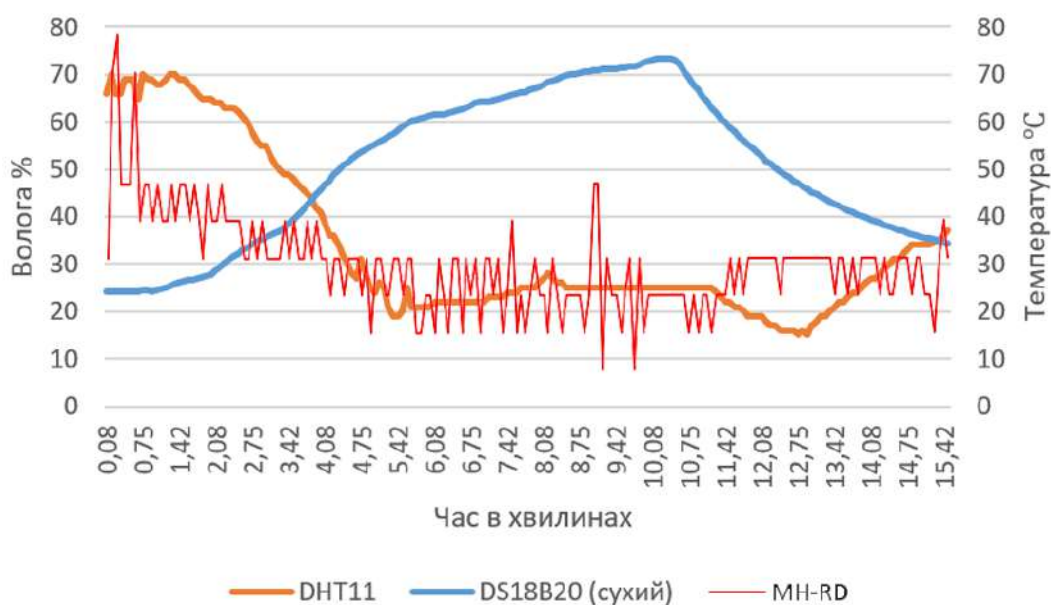


Рисунок 7.8 – Порівняння МН-RD з DHT11

Як бачимо, датчик MH-RD був дуже близький до показів DHT11 в середині вимірів, але в початку і під кінець виміри досить неточні. Його суттєва проблема - це високі скачки показів на протязі всього експерименту. Їх амплітуда навіть перевищує аналогічні скачки, які спостерігались у датчика SEN0193. За допомогою програмного коду на Arduino Nano можна розбити виміри на певні ділянки, які потім усереднити для згладжування вихідних даних. Проте, враховуючи графік на рис. 7.7, з 11 хвилини по 14 хвилину датчик не помітив жодних змін в вологості, а отже навіть при згладжуванні ми би отримали майже пряму лінію на графіку в тому проміжку часу.

Не зважаючи на простоту конструкції, яка дозволяє використовувати датчик MH-RD при температурах більших за 100 °C, він нажаль, показав найгірші результати.

8 СТВОРЕННЯ ГОТОВОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГИ ПРИ ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Через те, що кожен датчик має вузький діапазон точного виміру вологи, було запропоновано використання двох різних датчиків в одному приладі. На основі отриманих даних можемо підібрати найкращі рішення для виготовлення приладу. Так, наприклад, найстабільніші данні були отримані з датчика DHT11. Згідно з його технічною специфікацією точність цього датчику знижується за температури більше 50 °C.

За допомогою датчика DS18B20 буде відслідковуватись перевищення допустимого значення температури. До фіксації показів менше 50 °C програма буде фіксувати та виводити на дисплей покази з датчика DHT11. Після перевищення температурного порогу прилад починає виводити данні з другого датчику, а саме з ємнісного датчика вологості SEN0193, так-як він не боїться підвищених температур, хоч і не такий точний як DHT11.

Таким чином отримаємо готовий пристрій за допомогою якого можна буде дізнаватись вологу в реальному часі навіть за високих температур.

8.1 Створення схеми приладу

Для проекту необхідно використати Arduino Nano, датчики DS18B20, DHT11, SEN0193 та LCD дисплей 1602A з I2C модулем для зменшення кількості портів, які займе дисплей на Arduino. Живлення від стабілізованих 5 вольт по miniUSB кабелю, або як альтернатива від 6-20 вольт нестабілізованої напруги поданої на 30 вивід VIN та GND. Таким чином буде створений гігрометр з комбінованим методом вимірювання вологи та з демонстрацією температури. Схема підключення модулів наведена на рисунку 8.1 .

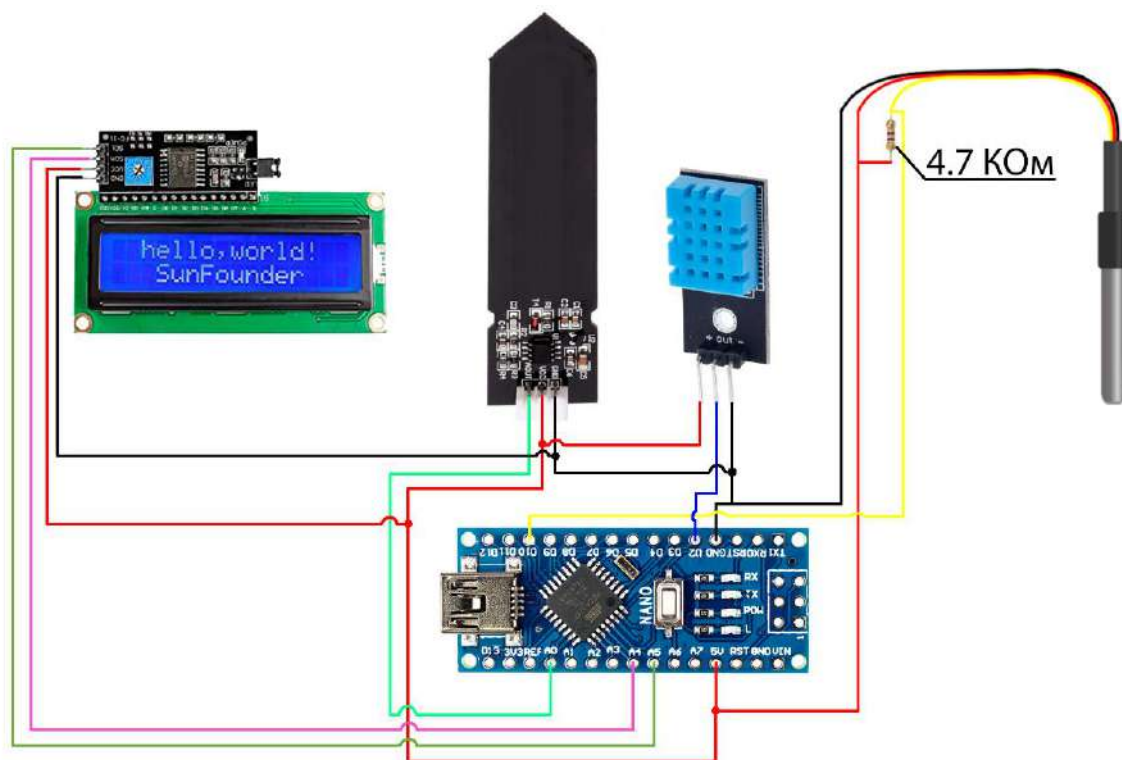


Рисунок 8.1 – Схема готового приладу

Підключення аналогічне як і в пункті 7.1 . Змінилось лише те, що було відключено один вологий термометр DS18B20 та датчик MH-RD. Також був доданий дисплей, який працює через модуль I2C.

LCD дисплей 1602A з I2C підключається по чотирьом контактам. VCC з I2C модуля до 5V на Arduino Nano. GND до GND. SDA та SCL на I2C до A4 та A5 відповідно на Arduino Nano.

Варто зазначити, що рамки показів SEN0193 були знову відредаговані, враховуючи данні з рисунку 7.6 . Нові граничні рамки справедливими тільки при підвищеній температурі, яка була досягнута при тестах. Якщо локально нагріти датчик DS18B20 до температури більше 50 °C, щоб переключити виміри на датчик SEN0193, то покази будуть далекі від дійсності. Але навіть в одній партії можуть бути різні покази з однакових на перший погляд датчиків, тому їх потрібно калібрувати в індивідуальному порядку. За бажанням можна використати в проекті більш дорогі і точні датчики, як для

першого датчика вологи (для низьких температур), так і для другого датчику (для високих температур). В такому разі потрібно трохи змінити програму роботи з датчиками та підрахувати чи буде такий пристрій мати сенс з економічної сторони.

Для стабільнішої роботи приладу необхідно розділити керуючу систему та датчики в різні корпуси з з'єднанням по кабелю типу вита пара FTP с.5Е 4 x 2 x 0.51 мм² (рис. 8.2). В блоці №1 знаходиться Arduino Nano та LCD дисплей. В блоці №2 винесені датчики DHT11, SEN0193 та термодатчик DS18B20.

Живлення відбувається через кабель miniUSB, що підключений до гнізда Arduino Nano, а з іншої сторони до переносного джерела живлення 5 В. Згідно з вимірами, пристрій споживає 5 В та 0,02 А.

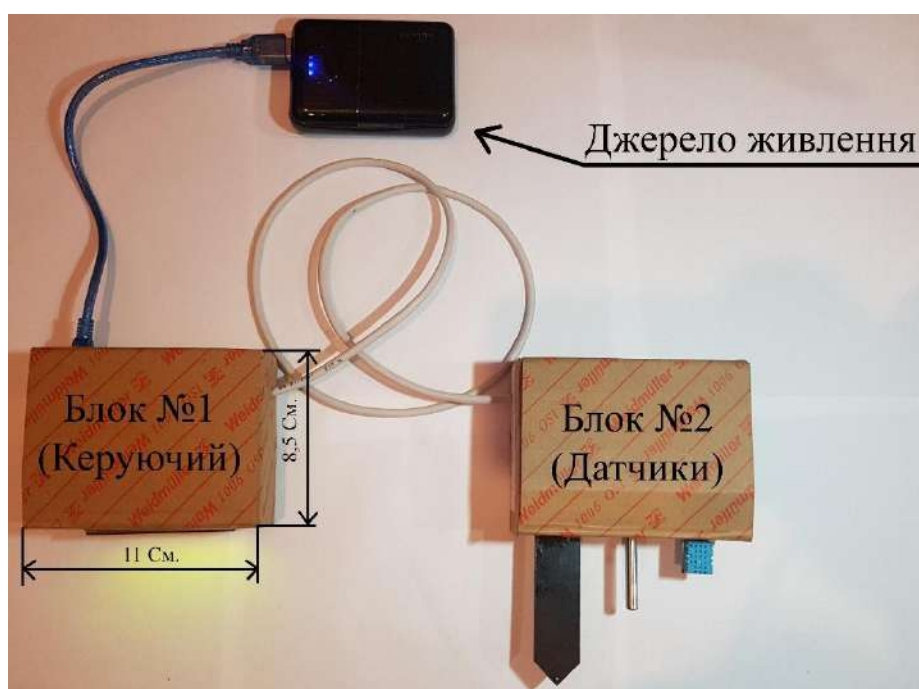


Рисунок 8.2 – Приклад готового приладу

Покази температури та вологи оновлюються на дисплеї (рис. 8.3) кожні 5 секунд.



Рисунок 8.3 – Покази на LCD дисплеї

Програма для роботи приладу з коментарями коду знаходиться в додатку Б.

9 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

9.1 Розроблення ринкової стратегії проекту

В табл. 9.1 розглянемо зміст ідеї виробу, що виготовляється, напрямки його застосування та вигоди для користувача.

Таблиця 9.1. – Опис ідеї

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Вимірювач вологи при підвищених температурах	1. Лазні	Відслідковування рівня вологи, для комфортного проведення процедур
	2. Харчові копильні	Підтримка правильного рівня вологи, для дотримання технічних умов

Проаналізуємо характеристику потенційного ринку (табл. 9.2).

Таблиця 9.2 – Попередня характеристика потенційного ринку

№	Показники стану ринку	Характеристика
1	Головні конкуренти	Дешеві китайські електронні гігрометри
		Дорога професійна продукція
		Класичні гігрометри
2	Динаміка ринку	стагнує
3	Наявність обмежень для входу	Важкодоступність високоточних, термостійких датчиків
4	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Вимоги до виміру вологи в жилих приміщеннях та в харчовій промисловості

Визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та сформуємо орієнтовний перелік вимог до товару (табл. 9.3).

Таблиця 9.3 – Попередня характеристика потенційних клієнтів

№ з/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів (користувачів)
1	Потреба в точному вимірі вологи при підвищених температурах	Власники оздоровчих комплексів Харчова промисловість	Клієнт має мати замкнену камеру в якій проходитимуть виміри , пріоритетною буде високий діапазон робочих температур та низька собівартість.	Висока ефективність, простота використання, низька вартість.

Проведемо SWOT- аналіз середовища реалізації інноваційного проекту (табл. 9.4).

Таблиця 9.4 – SWOT- аналіз

Сильні сторони:	Слабкі сторони:
– Низька ціна в порівнянні з промисловими вимірниками вологи – Відносна простота конструкції що збільшує надійність приладу	– Менша мобільність в порівнянні з конкурентами (через особливості конструкції) – Відсутність вбудованого джерела живлення
Можливості:	Загрози:

– Використання більш точних та термостійких датчиків в схемі приладу – Зменшення собівартості за рахунок серійного виробництва	– Робоча температура понад 120 °C – Дешевші гігрометри на ринку (менш точні)
---	---

Розроблюємо ринкову стратегію проекту (табл. 9.5).

Таблиця 9.5 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ з/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
	Власники каптилень Власники та відвідувачі лазень /бань	Завдяки низькій ціні та простоті використання, клієнти будуть готові прийняти даний проект	Високий	Середній, оскільки на ринку майже відсутня подібна продукція в цьому ціновому діапазоні.	Деякі потенційні клієнти не усвідомлюють необхідність вимірювати вологу, проте за допомогою успішного маркетингу, можна досягти великого попиту
Які цільові групи обрано: всі з вище перерахованих.					

За допомогою аналізу стейкхолдерів можна визначити та оцінити важливість ключових груп людей або організацій (табл. 9.6).

Таблиця 9.6 – Матриця стейкхолдерів

Група	Інтереси стейкхолдерів
-------	------------------------

стейкхолдерів	
Клієнти та споживачі	Наявність товару в продажі, можливість контролювати вологість в широкому робочому діапазоні температур
Постачальники	Збут товару, вчасна оплата їхніх послуг
Співробітники	Можливість отримувати заробітну плату – фінансова стабільність.
Суспільство	Розширення асортименту, забезпечення населення своїми товарами на певній території.
Державні органи	Сплата податків
Страховальники	Фінансова вигода у кожному клієнті

Карта стейкхолдерів – це спосіб наочного відображення різних відносин зі стейкхолдерами.

Таблиця 9.7 - Карта стейкхолдерів

		Рівень інтересу	
		низький	високий
Рівень впливу	низький	Страховальники	Співробітники і суспільство
	високий	Державні органи	Постачальники, клієнти та споживачі

9.2 Планування робіт

Перш за все необхідно оцінити наявні альтернативи на ринку тієї продукції, що збираємось випускати. Не зробивши це, є ризик що продукція буде не затребувана, а затрачені ресурси потрачені даремно.

В цій роботі будемо оцінювати економічний ефект від створеного вологоміра. Пристрій створений з застосуванням мікроконтролера та трьох датчиків (температури і вологи) іноземного виробництва.

Проект розділено на декілька етапів наведених у табл. 9.8.

Таблиця 9.8 – Тривалість виконання етапів НДР

Етапи НДР	Тимчасові оцінки			Дисперсія	Виконавці	
	t_{min} днів	t_{max} днів	$t_{ож}$ днів		Спеціальність	Кількість (чол.)
Проектування	10	18	13,8	2,56	інженер-радіотехнік	1
Реалізація	9	12	10,2	0,36	інженер-радіотехнік	1
Дослідження роботи пристрою	3	4	3,4	0,04	інженер-радіотехнік, інженер-програміст	2
Доопрацьовування і усунення недоліків	5	6	5,4	0,04	інженер-радіотехнік	1
Оформлення документації	2	6	3,6	0,64	інженер-програміст	1
Разом	29	46	35,8	-	-	-

Проектування забирає велику кількість часу. Це спричинено необхідністю в проведенні аналізу ринку; наявних проблем та їх вирішення. Також необхідно провести підготовку до виготовлення обраного варіанту проекту.

При виготовленні пристрою, потрібно дотримуватись плану виконання робіт, адже без цього неможливо оптимально розподіляти робочі сили між задачами і в результаті буде затрачено більше грошових ресурсів та часу.

Після виготовлення приладу, його необхідно протестувати і в випадку виявлення недоліків, виправити їх. Коли прилад пройшов всі тестування без проблем, він вважається закінченим. В кінці залишається тільки підготувати технічну документацію та звітності по проробленій роботі.

Формула для розрахунку очікуваного часу виконання етапу:

$$t_{ож} = (3 * t_{min} + 2 * t_{max}) / 5 \quad (9.1)$$

$$t_{ож 1} = (3 * 10 + 2 * 18) / 5 = 13,2$$

Для розрахунку розкиду між мінімальною і максимальною оцінкою часу, розрахуємо дисперсію :

$$\sigma^2 = ((t_{max} - t_{min}) / 5)^2 \quad (9.2)$$

$$\sigma^2_1 = ((18 - 10) / 5)^2 = 2,56$$

Повторимо розрахунки для кожного з етапів :

$$t_{ож 2} = (3 * 9 + 2 * 12) / 5 = 10,2$$

$$\sigma^2_2 = ((12 - 9) / 5)^2 = 0,36$$

$$t_{ож 3} = (3 * 3 + 2 * 4) / 5 = 3,4$$

$$\sigma^2_3 = ((4 - 3) / 5)^2 = 0,04$$

$$t_{ож 4} = (3 * 5 + 2 * 6) / 5 = 5,4$$

$$\sigma^2_4 = ((6 - 5) / 5)^2 = 0,04$$

$$t_{ож 5} = (3 * 2 + 2 * 6) / 5 = 3,6$$

$$\sigma^2_5 = ((6 - 2) / 5)^2 = 0,64$$

9.3 Побудова мережного графіку

Мережний графік є необхідною частиною проекту, адже дозволяє отримати необхідну для керівної ланки підприємства, модель процесу, яка за необхідності дає змогу ефективно коректувати та вносити зміни до виконуваних робіт, і стежити за ходом виконання.

Мережевий графік зведено у табл. 9.9 та рис. 9.1.

Таблиця 9.9 – Перелік робіт мережевого графіка

№	Код робіт	Найменування роботи	Тривалість, днів
1	0–1	Аналіз технічного завдання	4
2	1–2	Узгодження і затвердження ТЗ	2
3	2–3	Вивчення існуючих аналогів	4
4	3–4	Вибір датчиків доступних на ринку	5
5	4–5	Розробка алгоритму роботи	3
6	5–6	Розробка принципової схеми пристроїв (під кожен датчик)	7
7	6–7	Створення макетного варіанту пристроїв, та їх тестування у лабораторних умовах	10
8	7–8	Аналіз отриманих результатів	1
9	8–9	Створення оптимального приладу на основі отриманих тестів та минулих напрацювань	6

№	Код робіт	Найменування роботи	Тривалість, днів
10	9–10	Тестування роботи підсумкового приладу	1
11	10–11	Оформлення документації	3
12	11–12	Здача в експлуатацію	1

	Всього		47
--	--------	--	----

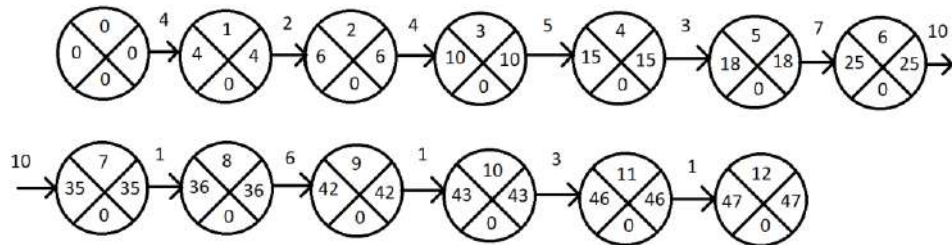


Рисунок 9.1 – Мережевий графік створення електронного гігрометра

9.4 Розрахунок витрат

На виготовлення кінцевого продукту потрібно багато витрат, я то на заробітну платню робітникам, закупка електронних компонентів і тому подібне. Ціни взяті станом на 01.09.2021 р.

Витрати на основні матеріали знаходяться з розрахунку їх кількості та вартості. Витрати транспортно-заготівельні становлять 5% від вартості матеріалів.

Склавши загальну калькуляцію витрат необхідних матеріалів, заносимо її в табл. 9.10.

Таблиця 9.10 – Розрахунок витрат на матеріали

Матеріал / деталь / компонент	Витрата матеріалу, шт.	Ціна за одиницю, грн.	Сума витрат, грн.
Резистор	1	0,3	0,3
Arduino NANO V3.0 CH340	1	95	95

Датчик температури DS18B20 (вологозахищений)	1	45	45
Датчик вологи DHT11	1	45	45
Датчик вологи SEN0193	1	67	67
LCD дисплей з модулем I2C	1	70	70
Корпус	2	30	60
Кабелю типу вита пара (FTP c.5E 4 x 2 x 0.51 мм²)	1 м.	16	16
Припій марки ПОС-61	5 г.	1	1
Флюс	5 мл.	2	2
Термоусадкова трубка	0,5 м.	3	3
Разом:	-	-	404,3
Транспортно-заготівельні витрати (5%)	-	-	20,22

Витрати на електричну енергію E_c визначаються за формулою:

$$E_c = \frac{M_y \Phi_{\text{еф}} K_n \text{Ц}_e}{\text{КПД}}, \quad (9.3)$$

де M_y – потужність, споживана електроприладом, кВт;

$\Phi_{\text{еф}}$ – ефективний фонд часу роботи даного виду обладнання;

K_n – коефіцієнт використання енергетичних установок по потужності і часу, що дорівнює 0.8;

Ц_e – ціна 1 кВт*год електроенергії;

ККД – коефіцієнт корисної дії, приймається рівним 0.9.

Калькуляцію витрат на електроенергію обладнання заносимо до табл. 9.11.

Таблиця 9.11 – Розрахунок вартості енергоресурсів

Обладнання	Вид енергоресурсів	Потужність обладнання кВт	$\Phi_{эф}$, год.	Тариф, грн.	Вартість, грн.
Паяльник CXG 936d	Електроенергія	0,06	12	3,2	2,30
Принтер Canon PIXMA Ink Efficiency E414	Електроенергія	0,150	1	3,2	0,48
Ноутбук Lenovo IdeaPad 3	Електроенергія	0,135	12	3,2	5,18
Всього	-				7,97

В наступну статтю включається заробітна плата всіх категорій працівників, які безпосередньо зайняті у процесі проведення всіх етапів розробки. Сума заробітної плати розраховується на основі зайнятості виконавців по окремих етапах робіт. Розрахунок основної заробітної плати зведений в табл. 9.12.

Таблиця 9.12 – Розрахунок основної заробітної плати

Посада	Кіл-ть, чол.	Оклад, грн.	Середньо-денна зарплата, грн.	Зайнятість НДР, днів	Підсумкова сума зарплати, грн.
Інженер-програміст	1	6900	328,57	17	5585,69
Інженер-радіотехнік	1	9600	457,14	30	13714,20

Разом	2	-	-	47	19299,89
-------	---	---	---	----	----------

Додаткова заробітна плата дорівнює 12% від основної заробітної плати, що становить :

$$C_{\text{дод}} = 0.12 * C_{\text{осн}} \quad (9.4)$$

$$C_{\text{дод}} = 0.12 * 19299,89 = 2315,99 \text{ грн.}$$

Сумарна заробітна плата, таким чином, складе :

$$C_{\text{заг}} = 19299,89 + 2315,99 = 21615,88 \text{ грн.} \quad (9.5)$$

До підсумкової суми основної зарплати робітників додається премія за становищем та всі доплати до річного фонду в встановлених на робочому місці розмірах.

Відрахування до Фонду соціального страхування визначаються у відсотковому співвідношенні від повної суми виплат працівникам (з урахуванням додаткової заробітної плати, усіх премій та надбавок).

Відрахування на соц. Страхування ($C_{\text{фсс}}$) становлять 22%, та при 50% премії складатиме :

$$C_{\text{пр}} = 0.5 * C_{\text{осн}} = 0.5 * 19299,89 = 9649,95 \text{ грн.} \quad (9.6)$$

$$C_{\text{фсс}} = (C_{\text{заг}} + C_{\text{пр}}) * 0.22 = (21615,88 + 9649,95) * 0,22 = 6878,48 \text{ грн.} \quad (9.7)$$

До списку витрат додаються накладні витрати, які пов'язані з організацією, керуванням та обслуговуванням підприємства. Накладні витрати становлять від 60 до 100 % від основної заробітної плати виконавців.

$$C_{\text{накл}} = 0.8 * C_{\text{осн}} = 0,8 * 19299,89 = 15439,91 \text{ грн.} \quad (9.8)$$

Загальні фінансові витрати на реалізацію пристрою становитимуть суму усіх порохованих вище витрат :

$$B_{\text{заг}} = C_{\text{мат}} + C_{\text{ел.ен}} + C_{\text{осн}} + C_{\text{дод}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{фсс}} + C_{\text{накл}} \quad (9.9)$$

$$B_{\text{заг}} = 404,3 + 7,97 + 19299,89 + 2315,99 + 9649,95 + 6878,48 + 15439,91 = 53996,49 \text{ грн.}$$

Кошторис витрат на вивчення і аналіз завдання, а також на проектування та виготовлення спеціалізованого технологічного обладнання наведена в таблиці 9.13.

Таблиця 9.13 – Кошторис витрат на реалізацію поставленої задачі

Статті витрат	Сума, грн.	Питома вага до підсумку, %
Витрати на матеріали	404,3	0,75
Заробітна плата основна	19299,89	35,74
Заробітна плата додаткова	2315,99	4,29
Нараховані премії	9649,95	17,87
Відрахування на соц. страхування	6878,48	12,74
Витрати на електроенергію	7,97	0,01
Накладні витрати	15439,91	28,59
Разом	53996,49	100

9.5 Розрахунок економічної ефективності НДР

Результативність НДР можна визначити по повноті рішень поставленого завдання: отриманий результат відповідає плановому, задовільний (часткове рішення) чи негативний.

Аналіз залежності між цими показниками й витратами на їхнє досягнення дає можливість кількісної оцінки техніко-економічної ефективності теоретичних НДР по формулі:

$$K_{\text{НДР}} = \frac{J^n \cdot R \cdot T}{B_{\text{НДР}} \cdot t_{\text{НДР}}}, \quad (9.10)$$

де $K_{\text{НДР}}$ – рівень ефективності дослідження (коефіцієнт техніко-економічної ефективності НДР);

J – важливість роботи;

R – результативність роботи;

T – технічна складність виконання НДР;

$B_{\text{НДР}}$ – витрати на проведення НДР;

$t_{\text{НДР}}$ – час проведення НДР, років;

n – показник використання результатів НДР.

$$t_{\text{НДР}} = 47/2,5 = 18,8 \quad (9.11)$$

При значенні $K_{\text{НДР}} \geq 1$ дослідницька робота вважається ефективною.

Таблиця 9.14 – Значення оціночних факторів

Оціночні фактори	J	R	T	$B_{\text{ндр}}$	$t_{\text{ндр}}$	n
допустимі значення	2..5	1..4	1..3	-	-	1..8
прийняті значення	4	3	1,5	53996,49	18,8	5

Отже, розрахуємо $K_{\text{НДР}}$:

$$K_{\text{ндр}} = \frac{4^5 \times 3 \times 1,5}{53996,49 \times 18,8} = 1,6 \quad (9.12)$$

Розрахуємо фінансовий результат.

Взявши місячну зарплатню одного робітника 7 000 грн. помножимо її на трьох робітників та на 12 місяців. Отримаємо 252000 грн. на зарплату робітникам в рік. В році 1000 робочих годин, а на виготовлення одного приладу в трьох робітників (разом) витрачається 30 хвилин (або 41,66 грн.*3 робітників = 125 грн.). Підрахуємо собівартість одного приладу (Ц_{пр1}) склавши витрати на матеріали, зарплату 3 робітників (за 30 хвилин) та витрати на електроенергію.

$$Ц_{\text{пр1}} = 404,3 + 125 + 7,97 = 537,27 \text{ грн.} \quad (9.13)$$

Закладемо прибуток в 30% та отримаємо ціну приладу.

$$Ц_{\text{пр2}} = 537,27 + 30\%(\text{становить } 161,18) = 698,45 \text{ грн.} \quad (9.14)$$

Вирахуємо дохід всієї партії помноживши ціну за одиницю товару на обсяг реалізації.

$$\text{Дох.} = 698,45 \times 2000 = 1\,396\,900 \quad (9.15)$$

Розрахуємо фінансовий результат реалізації всієї партії вирахувавши різницю між доходом та витратами на виробництво.

$$\Phi_{\text{рез.}} = 1\,396\,900 - (537,27 \times 2000) = 322\,360 \text{ грн.} \quad (9.16)$$

Таблиця 9.15 – Розрахунок фінансового результату

№ пе-	Обсяги	Обсяги	Залишок	Ціна	Дохід	Витрати	Фінан-
-------	--------	--------	---------	------	-------	---------	--------

ріоду	вироб- ництва (послуг)	реаліза ції	нереа- лізованої продукції	за одини цю проду кції	за весь обсяг продук ції	за одини- цю продук- ції	совий результ тат
1 рік	2000 шт.	Повний	-	698,45	1 396 900	537,27	322 360

Можемо підвести підсумки. На ринку дуже мало аналогів вимірювачів вологи при підвищених температурах, а ті що можуть скласти конкуренцію в плані якісних характеристик – мають більш високу ціну. Крім того є дійсно багато потенційних клієнтів, що забезпечить високі продажі при умові правильного маркетингу.

За рік планується випускати 2000 готових приладів, що будуть реалізовані в повному обсязі, адже ринок не насичений даним товаром. З таким розрахунком, при ціні одного приладу 695,45 грн. , віднявши всі витрати, підприємство отримає дохід 322 360 грн./рік. Такий результат достатньо гарний для малого підприємства.

Кошторис витрат на розробку приладу склав 53 996,49 грн. Основна частина розходів склала заробітна плата працівникам та накладні витрати. При об'ємі реалізації в 2000 штук, ми отримали фінансовий результат, який покриває витрати на розробку, тому розробка та виготовлення приладу є економічно доцільно.

10 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

10.1 Аналіз потенційних небезпек

Проектування, виготовлення, випробування та налаштування проходять в лабораторії.

В робочій зоні знаходяться декілька обчислювальних пристроїв для програмування та налагодження продукції що випускається. Також використовуються інші електроінструменти для монтажу елементів в корпусі та з'єднання між собою. Всі ці електронні прибори створюють електромагнітне випромінювання.

По природі виникнення небезпечних та шкідливих факторів їх поділяють на категорії:

- біологічні з підвищеним вмістом мікроорганізмів в повітрі та хімічні з підвищеним вмістом шкідливих речовин;
- фізичні, що представляють високі чи низькі рівні температури повітря, високу запиленість чи загазованість повітря;
- психофізіологічні пов'язані з розумовим та нервово-емоційним перевантаженням.

Враховуючи невелике приміщення та умови праці для робітника, можна зробити висновок відносно найбільш значимих аспектів що впливають на роботу персоналу. Найбільшу небезпеку можуть становити: ураження струмом при використанні електричних приборів; погана ергономічність робочого місця; недостатнє освітлення чи погана вентиляція хоч і не здаються дуже значимими, проте це не так, адже також є причиною проявів хвороби пов'язаних з зором чи імунітетом працівника відповідно.

10.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

Як вже зазначалось, електрика становить одну з найбільших небезпек при виробництві електронних приладів в невеликому приміщенні.

Електроживлення електрообладнання в приміщенні з ПК відбувається за допомогою мережі змінного струму 220 Вольт та частотою 50 Герц. Згідно з вимогами «ПУЕ», електрообладнання в приміщенні з ПК, характеризується як електроустановки до 1000 В, виходячи з цього, за вимогами глави 1.7 «ПУЕ», величина опору контуру захисного заземлення електрообладнання приміщення з ПК має не перевищує – 4 Ом при будь-якій порі року. В нашому випадку опір в робочій кімнаті склав 3,5 Ом. В приміщенні присутні вимикачі, пристрої заземлення контуру.

Для зменшення небезпеки при експлуатації електронних пристроїв, всі вони мають заземлення та використовують систему TN через що потрапляють в категорію I захисту від ураження струмом.

Живлення приладів відбувається за допомогою спеціального кабелю з подвійною ізоляцією, трифазною проводкою а сам кабель має чотири жили. Вся електропроводка розміщена в спеціальних протипожежних коробах. Всі розетки знаходяться на висоті одного метра від підлоги, а вимикачі на висоті 1,2 метри. Все живлення вмикається та вимикається рубильником. Данні міри електробезпеки цілком відповідають міжнародному стандарту СЕ для побутових приладів

Відповідно до ДСТУ 7237:2011 «СИСТЕМА СТАНДАРТІВ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА», були розроблені заходи для підтримання електробезпеки.

Щоб запобігти ураження електричним струмом працівника при виконанні робочих завдань, необхідно використовувати наступне:

- персональні розетки на кожне робоче місце з електронно обчислювальною машиною;
- захисне заземлення;
- триполюсні вилки та розетки для підключення електронних пристроїв з заземленням;

- мережевий фільтр з підключеними до нього блоками живлення всіх електронних пристроїв;
- шунтуючий конденсатор під'єднаний на дріт заземлення для боротьби з високочастотними перешкодами в випадку підключення декількох пристроїв в один мережевий фільтр;
- ізольована підлога за допомогою лінолеуму;
- спеціальний провід на загальному контурі для ліквідації проблеми з різницею потенціалів.

Перед початком роботи та через певний період повторно повинен проводитись інструктаж персоналу з правил технічної безпеки при використанні електроустановок. Особи що не пройшли відповідний інструктаж не мають права приступати до роботи з використанням електроінструментів.

10.3 Заходи з забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці

Згідно з вимогами ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» та МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» були прийняті правила та норми поведінки працівника на робочому місці при роботі з обчислювальною технікою з охопленням аспектів щодо гігієни праці та виробничої санітарії.

Робота всіх працівників в більшу частину робочої зміни проходить за одним робочим місцем та сидячи. Специфіка робочого процесу не передбачає тяжких фізичних навантажень та має тип операторської роботи який входить в категорію 1а. Робочі місця кожного працівника персональні

для кожного та постійні. Оскільки робота може проводитись в різні пори року, то потрібно підтримувати один оптимальний мікроклімат.

Відповідно до ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» для забезпечення правильних повітряних характеристик в робочому приміщенні, приймаємо наступні параметри мікроклімату: в холодну пору року температура повітря від 22 °С до 24 °С з відносною вологістю від 40% до 60%; в теплу пору року температура повітря від 23 °С до 25 °С з відносною вологістю від 40% до 60%. Бажана швидкість повітря складає 0,1 м/с.

Розрахуємо повітрообмін по вмісту шкідливих речовин

За формулою можемо розрахувати необхідний об'єм повітря для розбавлення шкідливих речовин:

$$L = y / A1 - A2, \quad (10.1)$$

де: L – кількість повітря за одиницю часу, необхідне для зменшення шкідливої речовини, $\text{м}^3/\text{год}$;

y – виділена у приміщенні за годину кількість шкідливої речовини, $\text{мг}/\text{год}$;

$A1$ – виділена концентрація шкідливої речовини у повітрі ($\leq$ ГДК), $\text{мг}/\text{м}^3$;

$A2$ – подане в приміщення концентрація шкідливої речовини у повітрі ($A2 \leq 0,3$ ГДК), $\text{мг}/\text{м}^3$ ($A2 = 0,3 \cdot A1$)

$$L = \frac{12000}{50 \cdot 0,7} = 12000 \cdot 35 = 342,8 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}, \quad (10.2)$$

Розрахував повітрообмін за газовиділенням, розрахуємо кратність повітрообміну K :

$$K = \frac{L}{V}, \quad (10.3)$$

де K – кратність повітрообміну (год^{-1})

L – припливне повітря ($\text{м}^3/\text{год}$)

V – об'єм приміщення (м^3)

$$V = a * b * h = 5 * 9 * 3,2 = 144 \text{ м}^3, \quad (10.4)$$

$$K = \frac{342,8}{144} = 2,3 \text{ год}^{-1}, \quad (10.5)$$

Можемо зробити висновок що протягом години необхідно три рази замінити все повітря в кімнаті для досягнення нормального мікроклімату.

Згідно з ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень» існують норми рівня негативних та позитивних іонів (n^- та n^+ відповідно) у повітрі в робочій кімнаті де встановлена вимірювальна апаратура та високовольтні прилади. Для позитивних іонів цей рівень становить 1500-30000 (шт. на 1см^3), а для негативних 3000-5000 (шт. на 1см^3). За допомогою біполярних коронних аероіонізаторів підтримується оптимальний рівень легких позитивних і негативних аероіонів у повітрі в робочому приміщенні. В разі зниження температур нижче норми в холодну пору року, використовується система водяного опалення.

Приміщення оснащене по вимогам ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», пристроями вентиляції, кондиціонування, дезодорації повітря та опалювання.

Оскільки площа кімнати складає 45 м^2

Згідно з ДСН 3.3.6-039-99. «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» та ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» необхідно забезпечувати оптимальний рівень шумів та звукового тиску в октавних смугах частот на робочому місці. Оскільки при надмірному рівні шумі у працівника зменшується увага, можуть порушитись фізіологічні функції, з'явиться втома через підвищенні втрати енергії чи навіть може погіршитись мовна комутація. Отже, для підтримання оптимального рівня шумів для робочого персоналу, потрібно дотримуватись наступних пунктів:

- розмістити високовольтну апаратуру спільного використання, окремо від основного скупчення робочих місць та на максимально доступному віддаленні;
- використовувати найбільш сучасне обладнання;
- використовувати ту апаратуру, блоки живлення якої обладнані охолоджувальними вентиляторами на гумових підвісах, або тільки на радіаторному охолодженні.

Однією з причин появи професійних захворювань є постійне інтенсивне електромагнітне випромінювання підчас роботи персоналу з випробувальною та вимірювальною технікою. Данна техніка за визначенням потрапляє в 5-й діапазон що представляє низькі частоти. Для зниження шкідливого випромінювання від моніторів, потрібно використовувати сучасну техніку основану на технології рідких кристалів.

Відповідно з вимогами регламентованими в ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» прийняті відповідні дії по забезпеченню якісного освітлення робочого приміщення персоналу. Приміщення має природне освітлення яке надходить з вікон, та доповнене штучним, щоб компенсувати слабе природне освітлення, спричинене погодними умовами чи іншими факторами. Таким чином в робочому приміщенні освітлення суміщене. Коефіцієнт природного освітлення в середньому становить 1,1%

згідно з ДБН В.2.5-28:2018 . Для запобігання відблисків та для постійності в освітленні, робочі місця розташовані таким чином, щоб робітнику в поле зору не потрапляли світильники чи світло відбивні поверхні.

10.4 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

10.4.1 Заходи з пожежної безпеки

Найбільша загроза для електронних приладів в робочій кімнаті – це пожежа. Оскільки через пожежу може бути знищено велику кількість майна, а це в свою чергу спричинить високі матеріальні втрати [7].

Пожежа може бути спричинена різноманітними факторами: несправне електрообладнання (кабель чи розетка), коротке замикання, порушення правил пожежної безпеки чи використання не справного електроустаткування.

Періодично проводять профілактичні інструктажі, для того щоб персонал знав правила поведінки при пожежі, міг запобігти небезпечні ситуації та в разі необхідності знав як безпечно локалізувати та ліквідувати джерела поширення пожежі.

Робоча кімната, де проводиться виготовлення та налагодження приладу, згідно з ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», відноситься до категорії «П-Па». Клас можливості виникнення пожежі «А» та «Е». згідно ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».

Категорія виробництва по вибухопожежній небезпекі – «Г», а вогнетривкості споруди – III. Для ліквідації пожежі на початковому етапі, персонал застосовує первинні засоби пожежогасіння.

Робоче приміщення має площу 45 м², то згідно з вимогами п. 3.8 розділу «Типові норми належності вогнегасників» ДСТУ 4297:2004

«Пожежна техніка. Технічне обслуговування вогнегасників. Загальні технічні вимоги» для того щоб загасити електроустановки, які під напругою, потрібно мати 1-2 вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-3,5 та порошковий ВП-3 (один вогнегасник з вогнегасною речовиною 3 кг. і більше, на 20 м² площі приміщення). Відстань між вогнегасником та місцем можливого загоряння не має бути більше 15 м.

Евакуаційні виходи потрібно мати вільними та легкодоступними. При прийнятті на роботу та протягом всього терміну перебування робітника на підприємстві, необхідно проводити інструктаж та тестування знань на пожежну безпеку.

Людина, відповідальна за протипожежний стан робочого приміщення, повинна не рідше одного разу на місяць перевіряти працездатність протипожежних систем, таких як автоматичне вимкнення системи вентиляції та вогнедимозатримувальних пристроїв. Ремонт обладнання повинен проводитись в безпечних умовах, щоб вірогідність пожежі звести до можливого мінімуму.

Щоб попередити виникнення пожеж та правильно реагувати на їх появу, необхідно дотримуватись таких правил і заходів:

- мати шляхи евакуації при виникненні пожежі;
- проводити обов'язковий інструктаж персоналу з питань охорони праці;
- мати системи автоматичної пожежної сигналізації з димовими пожежними оповіщувачами;
- забороняти залишати без нагляду електричну апаратуру, що використовується;
- забороняти користуватися груповими розетками на горючій панелі;
- забороняти використовувати килими та доріжки із синтетичних матеріалів;
- забороняти застосовувати електронагрівальні побутові прилади;

- забороняти ставити на вікна глухі ґрати;
- розмістити схеми евакуації людей при пожежі і ознайомити з нею персонал;

В разі пожежі, персоналу необхідно:

- вжити заходи щодо евакуації людей та матеріальних цінностей;
- негайно зателефонувати за номером телефону – 101 та повідомити службу порятунку про пожежу;
- вжити заходи гасіння пожежі з використанням вогнегасників.
- В свою чергу керівник при виникненні пожежі повинен:
- переконатись що викликані рятувальні служби;
- відключити електроенергію в приміщенні;
- перевірити чи людей оповіщено про пожежу;
- забезпечити дотримання техніки безпеки працівниками, які беруть участь у гасінні пожежі;
- організувати евакуацію працівників;
- забезпечити пожежно-рятувальним підрозділам безперешкодний доступ до місця виникнення пожежі.

10.4.2 Заходи з цивільного захисту

Захисні споруди призначені для захисту людей від наслідків аварій і стихійних лих та дії зброї масового ураження. Споруди захисту розрізняють за:

- місцем знаходження – метрополітен, у гірських виробках, вбудовані, відокремлені;
- захисними властивостями – найпростіше укриття як відкриті щілини і перекриті, або протирадіаційні укриття (ПРУ) сховища;
- призначенням – для захисту населення, розміщення органів управління, вузла зв'язку чи для медичних закладів;
- терміном будівництва – швидко зведені чи завчасно.

Щілини – це самі масові захисні споруди, що захищають людей від уламків зруйнованих будинків, ударної хвилі, світлового випромінювання, понижують дію проникаючої радіації та вибуху. Вони можуть бути збудовані у найкоротший термін.

Щілини бувають перекритими і відкритими.

Перекриті, повністю захищають від світлового випромінювання, від проникаючої радіації у 200-300 разів, а від ударної хвилі у 1,5 рази. Вона надійно захищає від осколкових і кулькових бомб, від запалювальних засобів.

Відкриті щілини в 1,5-3 рази зменшують ймовірність ураження ударною хвилею, а також знижують вплив світлового випромінювання і проникаючої радіації.

Щілини будують в ґрунті у вигляді вузьких ровів зі зломами під кутом 90-120°. Довжина прямого відрізка не більше 15 м. Глибина від 1,8 до 2,0 м. Ширина зверху від 1,1 до 1,3 м., а на дні 0,8 м. Стінки щілини укріплюють різноманітним наявним матеріалом (жердинами чи дошками).

Вхід роблять у перекритті щілини з однієї або двох сторін з дверима і тамбуром для вентиляції де встановлюють витяжну коробку.

Місткість щілини від 10-50 чоловік. Робиться один вхід, а за необхідності, при більшій місткості може бути два входи.

Протирадіаційні укриття (ПРУ) – це споруди що забезпечують захист людей від дії іонізуючого випромінювання, при радіоактивному зараженні місцевості, для перебування в них протягом 1-2 доби.

До ПРУ відносяться, крім спеціально збудованих споруд, також підпілля, овочесховища чи погребі чи навіть звичайні житлові будівлі. Якщо вони розраховані на 50 і більше чоловік, то улаштовується не менше двох входів в протилежних кутах укрит

опаленням, вентиляцією, освітленням і каналізацією. Норма води для однієї людини складає 25 літрів на добу. Встановлюють лавки для відпочинку та стелажі для продуктів харчування.

Сховища ЦО – це споруди, що забезпечують комплексний захист людей від дій отруйних та сильнодіючих отруйних речовин, ядерного вибуху, бактеріальних засобів, а також обвалів будівель і високих температур.

Воно обладнане комплексом інженерних споруд, які забезпечують необхідні умови життєдіяльності: фільтровентиляційна камера, шлюзові камери, медична кімната, санітарно побутові відсіки, захисні герметичні двері, основне приміщення для людей, аварійний вихід, комора для продуктів харчування.

По місцю знаходження, сховища бувають відокремленими та вбудованими у підвалах будинків. Також сховища бувають: малі (150-300 чол.), середні (300-600 чол.) та великі (більше 600 чол.).

За сигналами ЦО, населення укривається у захисних спорудах. Заходити до них необхідно швидко, організовано та без паніки. В кожній групі призначають старшого. У сховище потрібно приходити зі своїми продуктами харчування, засобами індивідуального захисту органів дихання та з документами. Забороняється приносити з собою громіздкі речі, які мають сильний запах, а також брати легкозаймисті речі чи приводити тварин. Всі у сховищі зобов'язані виконувати розпорядження чергового по сховищу. Не можна шуміти, курити чи виходити назовні без дозволу коменданта.

ВИСНОВКИ

В ході роботи було проаналізовано наявні на ринку електронні датчики виміру вологості. Оскільки кожен датчик правильно вимірює вологість в вузькому діапазоні температур, то на основі отриманої інформації вибрали два найкращі датчики для нормального (DHT11) та високого (SEN0193) рівнів робочих температур. Розробили схему приладу, зовнішній вигляд та програмне забезпечення для керуючої плати Arduino Nano. Таким чином було створено готовий прилад, який здатен виконувати виміри рівня вологості в діапазоні температур від 0 до 120 °C.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Датчики влажности FG80 [Електронний ресурс] // ООО “КИП-Сервис” – Режим доступу: https://ftp.totalkip.ru/report.local/to/Mela_TO_2686.pdf.
2. Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer [Електронний ресурс] // Maxim Integrated Products – Режим доступу: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>.
3. Датчик температуры и влажности АНТ10 и АНТ15 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://arduino-lab.pw/index.php/2019/10/31/datchik-temperature-i-vlazhnosti-ant10/>.
4. Capacitive Soil Moisture Sensor SKU:SEN0193 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.sigmaelectronics.net/wp-content/uploads/2018/04/sen0193-humedad-de-suelos.pdf>.
5. DHT11 Humidity & Temperature Sensor [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>.
6. Rain drop Sensor Module [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://components101.com/sensors/rain-drop-sensor-module>.
7. Гандзюк М.П. Основи охорони праці Підруч. для студ. вищих навч. закладів. / М.П. Гандзюк, Є.П. Желібо, М.О. Халімовський За ред. М.П. Гандзюка. – К.: Каравела, 2004. – 408 с.

Код програми для тестування датчиків DHT11, DS18B20, SEN0193 та

MH-RD

```

//DS18B20
#include <OneWire.h> //підключення бібліотеки
#include <DallasTemperature.h> //підключення бібліотеки
//лінія даних підключена до цифрового виходу 10 Arduino
#define ONE_WIRE_BUS 10
//настройка об'єкта oneWire для зв'язку з будь-яким пристроєм OneWire
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
// передати посилання на oneWire бібліотеці DallasTemperature
DallasTemperature sensors(&oneWire);
// адреси двох термо-датчиків DS18B20
uint8_t sensor1[8] = { 0x28, 0xD4, 0xF5, 0x07, 0xD6, 0x01, 0x3C, 0xE5 };
uint8_t sensor2[8] = { 0x28, 0x35, 0x06, 0x95, 0xF0, 0x01, 0x3C, 0xB0 };

//SEN0193
const int suho = 642; // низ датчика 61% вологості
const int nesuho=282; //датчик занурений в воду

//DHT11
#include "DHT.h" //підключення бібліотеки для роботи з датчиком
#define DHTPIN 2 //вказуємо пін до якого підключено датчик
DHT dht(DHTPIN, DHT11); // вказуємо бібліотечці модель датчика

//MH-RD
#define PIN_ANALOG_RAIN_SENSOR A1 // вказуємо що датчик на аналоговому вході A1
const int suho2 = 1012; // низ датчика 61% вологості
const int nesuho2=190; //датчик занурений в воду

void setup(void)
{
  Serial.begin(9600); //відкриваємо порт для роботи з монітором порту
  sensors.begin(); // пвдключаємо датчик DS18B20
  dht.begin(); // пвдключаємо датчик DHT11
}

int masiv [21][11]={ //масив з психрометричною таблицею
{90,81,71,63,54,0,0,0,0,0,0},
{90,81,72,64,55,47,0,0,0,0,0},
{91,82,73,64,56,48,41,0,0,0,0},
{91,82,74,65,58,50,42,0,0,0,0},
{91,83,7
```

```

{0,87,81,75,70,64,59,54,49,44,40},
{0,87,81,76,70,65,60,55,50,45,41},
{0,88,82,76,70,65,61,55,51,46,42}
};
int Col; //номер стовбця
int Row; //номер колонки

void loop(void)
{
    delay(5000); //затримка 5 секунд перед наступним циклом
    //DS18B20
    sensors.requestTemperatures(); //запит температур з датчиків
    Serial.print(sensors.getTempC(sensor1)); //друк в монітор порту даних з першого датчика
    Serial.print(" "); // пробіл для розмежування показань
    Serial.print(sensors.getTempC(sensor2)); //друк в монітор порту даних з другого датчика
    //призначаємо перемінний "Tsuxoy" даних з першого сенсора
    float Tsuxoy=sensors.getTempC(sensor1);
    //призначаємо перемінний "Tvlagniy" даних з другого сенсора
    float Tvlagniy=sensors.getTempC(sensor2);
    float dT=(Tsuxoy-Tvlagniy); //знаходимо дельту
    //округлюємо та мінус температура початкова таблиці
    Row = round(Tsuxoy)-20;
    Col = round(dT)-1; //округлюємо та мінус 1 через нумерацію з нуля
    int H=masiv[Row][Col]; //присвоєння змінній "H" значень з масиву психрометричної таблиці
    Serial.print(" "); // пробіл для розмежування показань
    Serial.print(H); //друк в монітор порту отриманої вологості
    Serial.print(" "); // пробіл для розмежування показань

    //SEN0193
    int sensorV=analogRead(A0); //зчитуємо покази з датчика
    int vologaProcent=map(sensorV, nesuho, suho, 100, 61); //покази в відсотках
    Serial.print(analogRead(A0)); //друк даних датчика SEN0193
    Serial.print(" "); // пробіл для розмежування показань
    Serial.print(vologaProcent);
    Serial.print(" "); // пробіл для розмежування показань

    //DHT11
    float h = dht.readHumidity(); //вимір вологи
    Serial.print(h); //друк в монітор порту вимірів DHT11
    Serial.print(" "); // пробіл для розмежування показань

    //MH-RD
    int sensorV2 = analogRead(PIN_ANALOG_RAIN_SENSOR); // Зчитуємо дані з аналогового входу
    int vologaProcent2=map(sensorV2, nesuho2, suho2, 100, 61); //покази в відсотках
    Serial.print(sensorV2); // Виводимо аналогове
```

Код програми для роботи готового приладу

```

#include <LCD_1602_RUS.h> //бібліотека для роботи з дисплеєм
#include <Wire.h> //бібліотека для роботи з I2C інтерфейсом
LCD_1602_RUS lcd(0x27, 16, 2); //налаштування дисплею

//DS18B20
#include <OneWire.h> //підключення бібліотеки
#include <DallasTemperature.h> //підключення бібліотеки
//лінія даних підключена до цифрового виходу 10 Arduino
#define ONE_WIRE_BUS 10
//настройка об'єкта oneWire для зв'язку з будь-яким пристроєм OneWire
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
// передати посилання на oneWire бібліотеці DallasTemperature
DallasTemperature sensors(&oneWire);
// адреса термо-датчика DS18B20
uint8_t sensor1[8] = { 0x28, 0xD4, 0xF5, 0x07, 0xD6, 0x01, 0x3C, 0xE5 };

//SEN0193
const int suho = 659; // близько 20% вологоти
const int nesuho=650; // 45% вологості

//DHT11
#include "DHT.h" //підключення бібліотеки для роботи з датчиком
#define DHTPIN 2 //вказуємо пін до якого підключено датчик
DHT dht(DHTPIN, DHT11); // вказуємо бібліотечці модель датчика

void setup(void) {
  sensors.begin(); // пвдключаємо датчик DS18B20
  dht.begin(); // пвдключаємо датчик DHT11

  Wire.begin();
  lcd.init(); // ініціалізація дисплею
  // друк повідомлення на дисплей
  lcd.backlight();
  lcd.clear(); //очистка дисплею
  lcd.setCursor(2, 0);
  lcd.print(L"ЗАВАНТАЖЕННЯ");
  lcd.setCursor(3, 1);
  lcd.print(L"(.^.)");
}

void loop(void) {
  delay(5000); //затримка 5 секунд для точності показів

  //DS18B20
  sensors.requestTemperatures(); //запит температур з датчиків

  if (sensors.getTempC(sensor1) < 50) {
    //DHT11
    lcd.clear(); //очистка дисплею
    float h = dht.readHumidity(); //вимір вологоти
  }

```

```

    lcd.backlight();
    lcd.setCursor(2, 0);
    lcd.print( String("")+"Темп. "+sensors.getTempC(sensor1)+"°C");//дисплей
    lcd.setCursor(3, 1);
    lcd.print(String("")+"Волога "+h+"%"); //дисплей
}
else{
    //SEN0193
    lcd.clear();//очистка дисплею
    int sensorV=analogRead(A0); //зчитуємо покази з датчика
    int vologaProcent=map(sensorV,nesuho,suho,45,20); //покази в відсотках

    lcd.backlight();
    lcd.setCursor(2, 0);
    lcd.print( String("")+"Темп."+sensors.getTempC(sensor1)+"°C");//дисплей
    lcd.setCursor(3, 1);
    lcd.print(String("")+"Волога "+vologaProcent+"%"); //дисплей
}

}

```