

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____ Довбиш А. С.
_____ 2020 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА
ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ЧАСУ В ГІДРОДИНАМІЧНОМУ ГОДИННИКУ

Виконав:
студент групи СУ.м-91

Сисоєв Б. О.

Керівник роботи:
к. т. н., доцент

Черв'яков В. Д.

Суми – 2020

РЕФЕРАТ

Сисоев Богдан Олексійович. Система управління процесами спостереження та візуалізації часу в гідродинамічному годиннику. Кваліфікаційна робота магістра. Сумський Державний Університет, Суми, 2020 р.

Робота присвячена методам й засобам автоматичного спостереження та візуалізації часу в гідродинамічному годиннику власної розробки. Наведено опис конструкції годинника. Запропоновано мікропроцесорну систему визначення поточного часу та декорованої візуалізації часу. Розроблена документація на технічну реалізацію годинника.

Робота містить 42 сторінок основного тексту, 15 рисунків, 1 таблиці; 1 додаток; список використаних джерел з 10 найменувань.

Ключові слова: гідравлічна система, трубопровід, годинник, мікроконтролер, програма, візуалізація.

Sysoiev Bohdan Oleksiyovich. System control of processes caution and time visualization in a hydrodynamic clock. Graduate research of the master's. Sumy State University, Sumy, 2020 p.

The thesis is assigned to the methods of automatic guarding and visualization of the time in the hydrodynamic clock of my own design. The description of the construction of the clock has been introduced. The microprocessor system for the designation of the current time and the decorated visualization hour has been promoted. The documentation for the technical implementation of the clock was developed.

Thesis contains 69 pages of the main text, 33 figures, 22 tables; 3 supplements; list of used literature with 14 titles.

Key words: hydraulic system, pipeline, clock, microcontroller, program, visualization.

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Кафедра комп'ютерних наук
Секція комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри
_____ А. С. Довбиш
“ _____ “ _____ 2020 р.

ЗАДАННЯ
на кваліфікаційну роботу магістра

Тема роботи: Система управління процесами спостереження та візуалізації часу в гідродинамічному годиннику.

Затверджено наказом ректора університету № 2361- III від 02 грудня 2020 р.

Термін подання закінченої роботи 20.12.2020 р.

Вихідні дані до роботи: задання кафедри, конструкторська документація.

Зміст роботи: конструктивно-технологічна характеристика об'єкта автоматизації, аналіз факторів зниження точності; функціональна схема автоматизації; технічні засоби контролю та керування; програмне забезпечення системи.

Графічні матеріали: Загальний вигляд годинника; технологічна схема; функціональна схема автоматизації, функціональні та структурні схеми локальних систем управління та візуалізації; схеми електричні підключень та з'єднань.

Календарний план виконання роботи

Номер етапу	Зміст етапу роботи	Терміни виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Підбір та аналіз літератури	02.11.2020 – 10.11.2020
2	Конструктивно-технологічна характеристика об'єкта автоматизації. Об'єкт і предмет дослідження. Задачі дослідження	11.11.2020 – 15.11.2020
3	Функціональна схема автоматизації. Технічні засоби автоматизації	16.11.2020 – 25.11.2020
4	Локальні системи управління та візуалізації	26.11.2020 – 30.11.2020
5	Комп'ютерно-інтегрована система управління процесом спостереження та візуалізації часу	01.12.2020 – 10.12.2020
6	Технічне оформлення кваліфікаційної роботи та її презентації. Перевірка на відсутність плагіату. Подання роботи до захисту.	11.12.2020 – 15.12.2020

Дата видачі завдання «02» 11. 2020 р

Керівник проекту:

к. т. н., доцент

Черв'яков В. Д.

До виконання прийняв:

студент групи СУМ-91

Сисоєв Б. О

ЗМІСТ

	Стор.
СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	5
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	8
1.1 Опис етапів формування ідеї гідродинамічного годинника	8
1.2 Принцип роботи годинника. Технологічний алгоритм.....	13
1.3 Аналітичний огляд відомих пристроїв визначення та візуалізації часу. Порівняльний аналіз відомих та нового власної розробки годинників	14
1.4 Задачі автоматизації процесів спостереження та візуалізації часу.....	15
1.5 Висновки. Постановка задач дослідження	16
РОЗДІЛ 2 ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ	17
РОЗДІЛ 3 ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	21
3.1 Датчик границі розділу фаз рідинних середовищ	21
3.2 Технологічний мікроконтролер	24
3.3 Інтерфейс користувача. Засоби візуалізації.....	25
3.4 Засоби керування	28
РОЗДІЛ 4 АЛГОРИТМІЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНОГО ГОДИННИКА.	31
4.1 Алгоритм відображення хвилин	31
РОЗДІЛ 5 ВИПРОБУВАННЯ ТА ОЦІНКА ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНОГО ГОДИННИКА	35
5.1 Режим визначення та представлення поточного часу.....	35
ВИСНОВКИ.....	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	39
Додаток А Аналоги рідинних годинників.....	41

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ПЧ –	Поточний час
ГДГ –	Гідродинамічний годинник
ГРР –	Границя розподілу рідин
ЦЄ –	Циліндрична ємність
ЧЕ –	Чутливий елемент

ВСТУП

Пристрої спостереження та візуалізації поточного часу використовуються в різноманітних інформаційних системах або самі є такими. Визначення поточного часу здійснюється на основі різних фізичних явищ і процесів, технічно реалізованих в годиннику. В даній роботі представлена власна розробка годинника, оснований на використанні закономірностей процесів в гідродинамічних технічних системах. Запропонований гідродинамічний годинник дає широкі можливості візуального подання інформації про поточний час із зручним для користувача поданням інформації.

В роботі представлено опис конструкції годинника, принципу його роботи, математичну модель фізичних процесів та можливостей його спостереження. Розроблено функціональну схему автоматизації процесів визначення та візуалізації поточного часу. Розроблені алгоритм і програма роботи керуючого контролера. Представлена конструкторська документація, достатня для технічної реалізації годинника. Проілюстровані матеріали випробувань опитного зразка годинника.

Метою даної роботи є розробка методу і технічних засобів автоматизації процесу спостереження та візуалізації часу в гідродинамічному годиннику.

Область дослідження: процеси руху та контактної взаємодії різнощільних рідин.

Предмет дослідження: програмно-технічна реалізація автоматичного спостереження та візуалізації поточного часу засобами гідродинаміки.

Практичним результатом роботи є функціональна схема автоматизації процесу функціонування гідродинамічного годинника із варіантом вибору її технічних і програмних засобів. Можливість технічної реалізації запропонованої системи автоматизації забезпечена комплектом конструкторської документації.

По матеріалах роботи зроблено доповідь на науково-технічній конференції Сумського Державного університету [1].

РОЗДІЛ 1

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Опис етапів формування ідеї гідродинамічного годинника

Пропонованим проектом перебачено створення принципово нового годинника як за принципом дії який так і за зовнішнім виглядом. Годинник являє собою різновид рідинних годинників (Додаток А), але з принцип дії суттєво відрізняється. Спочатку передбачалося використовувати дві посудини циліндричної форми, кожен з яких безпосередньо відображав поточний стан часу в годинах і хвилинах (відповідно одну посудину відображав годинник, другої хвилини), за допомогою границі розділу рівня рідини в них.

Візуалізація досягалася за рахунок використання двох не змішуваних рідин різної щільності (наприклад вода і масло). Для краще сприйняття рідина забарвлена в різні кольори або їх відтінки. Для фарбування спочатку беруться повністю прозорі рідини, так як це забезпечує більш передбачуване фарбування і дозволяє фарбувати рідина в більш широкий спектр кольорів по порівнянні з фарбуванням рідини яка спочатку має певний колір. Наприклад якщо рідина має помаранчеві відтінки то при необхідності пофарбувати її в синій колір до синього барвника будуть додаватися червоний і зелений компоненти, які спочатку фарбували рідину в її колір.

Годинник повинен являти собою цілісний виріб, і з цього було вирішено пов'язати ємності жорсткої основою. Основа виповнюється згідно стилю, тематики композиції годинника в цілому. Вона виконує не мало важливу функцію збереження робочих рідин в моменті коли вони повинні бути приховані від очей. Так як спочатку передбачалося використовувати дві посудини то і рідини повинні зберігатися в подвійному обсязі. Це обумовлюється тим що під час 11:59 необхідно що б обидва судини були

майже повністю заповнені більш щільною рідиною, і відповідно о 12:00 вже менш щільною. І тоді виникла ідея зменшити об'єм циліндрів помістивши в них об'єкт, який перебуваючи всередині витисне якийсь об'єм.

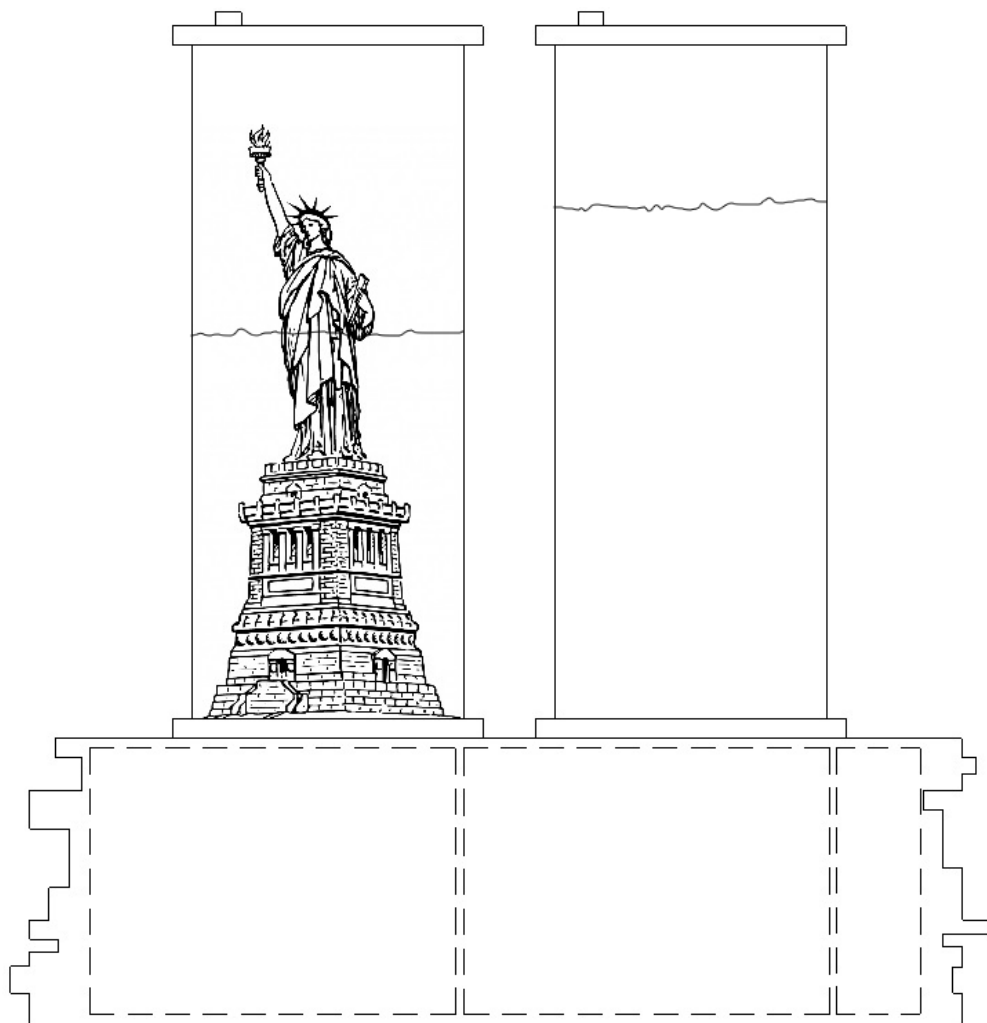


Рисунок 1 – Рання концепція годинника

Так само цей об'єкт можна виготовити порожнистим, підвести канали щоб наповнювати його або проводити відбір рідин. Але в подальшому для дотримання критеріїв ергономіки [2] було прийнято відмовитися від одного циліндра і проводити індикацію годин за допомогою границі розділу рівня рідини, а хвилини альтернативним способом або навпаки.

Так виникла нова концепція годин з одною посудиною де в основі буде лежати дизайн який буде диктувати розміри співвідношення розмірів, форми

основних і допоміжних об'єктів, і найголовніше може бути наповнений змістом.

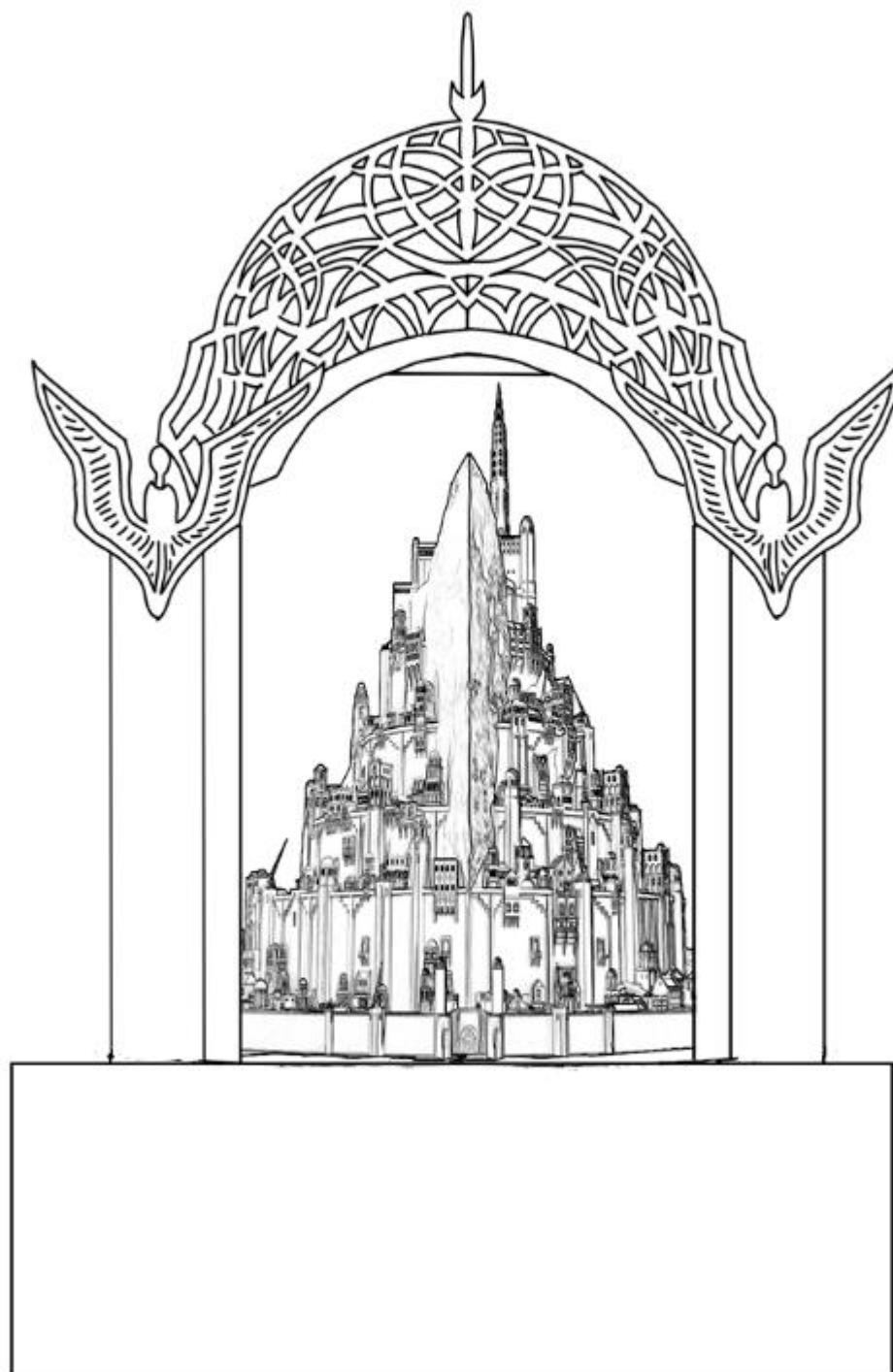


Рисунок 2 – Тематична концепція годинника

Я помістив місто з книги/ фільму і передбачається що годинник в ціле повинні слідувати цій тематиці. Це місто звільнюється від облоги "примарами", це мною було використано що б відображати хвилини за допомогою освітлення кожного ярусу моделі міста за допомогою світлодіодів з розсіювачами. Поступово запалюючи світлодіоди по черзі зліва на право підіймаючись вище і вище з кожним ярусом здійснюється індикація годин. Ця ідея робить проект більш завершеним за рахунок того що з'являється логіка в роботі і якийсь сенс.

Також слід інтегрувати в 3д модель міста цифри від 1 - 12 відповідні годинам від 1 до 12, і розташувати їх найкращим чином відповідно до рівнів міста. Їм також необхідно здійснити підсвічування окремими діодами або через світловод.

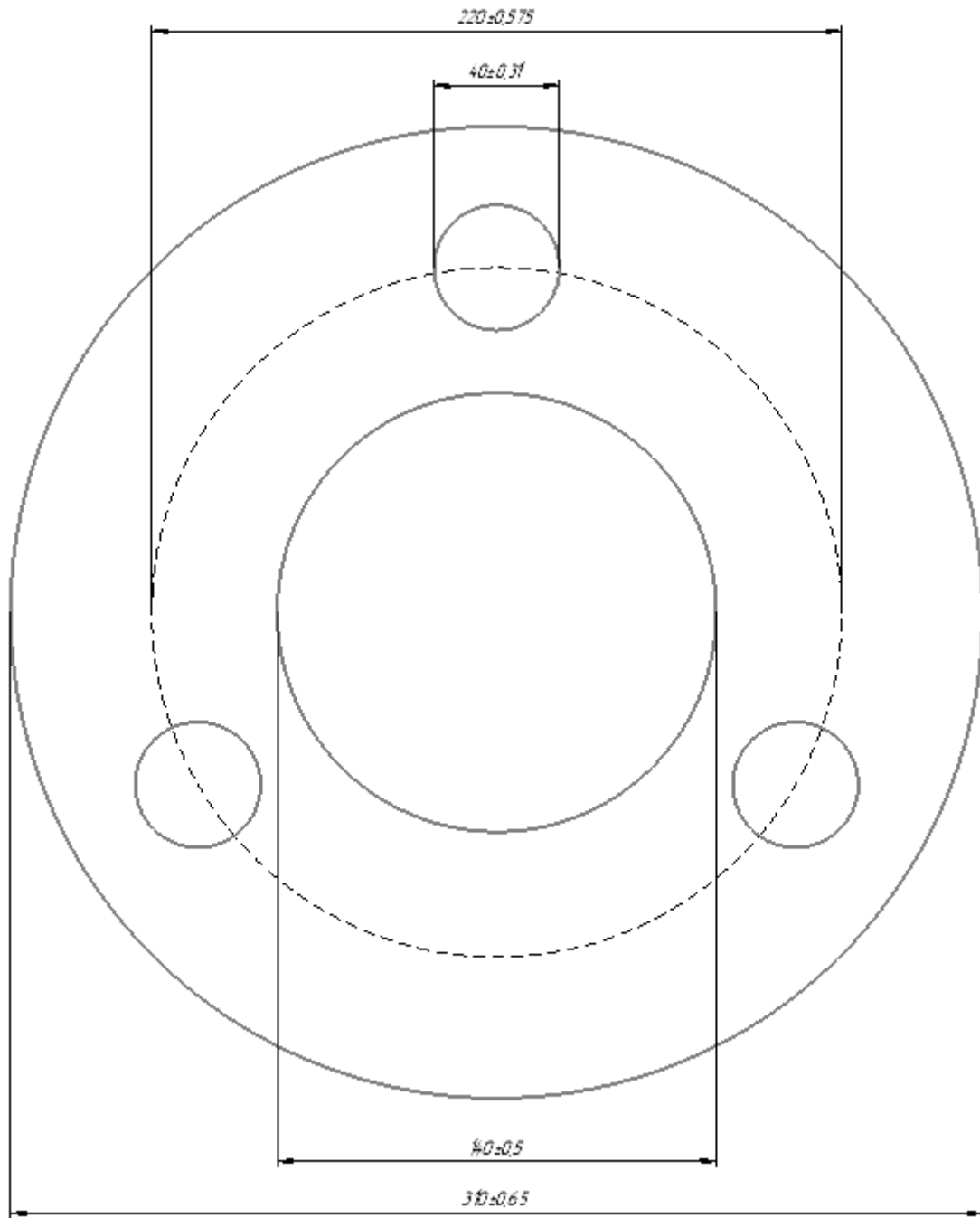


Рисунок 3 – Основні вузли годинника

На рис. 3 зображено взаємне розташування основних вузлів таких як: підстава, опорні колони, циліндрична ємність. Опорні колони рівновіддалені один від одного і їх центри знаходяться на колі діаметром 220мм.

1.2 Принцип роботи годинника. Технологічний алгоритм

На рис. 4 зображено спрощена модель, на якій в свою чергу зображені чотири основних вузла: підстава, циліндр виконує роль резервуара, три опорних колони і верхня частина. Всі три колони виконані зі скла, порожніми всередині. Дві передні служать для повідомлення верхній частині з низом, а задня виконує роль гідроциліндру для поршневого насосу.

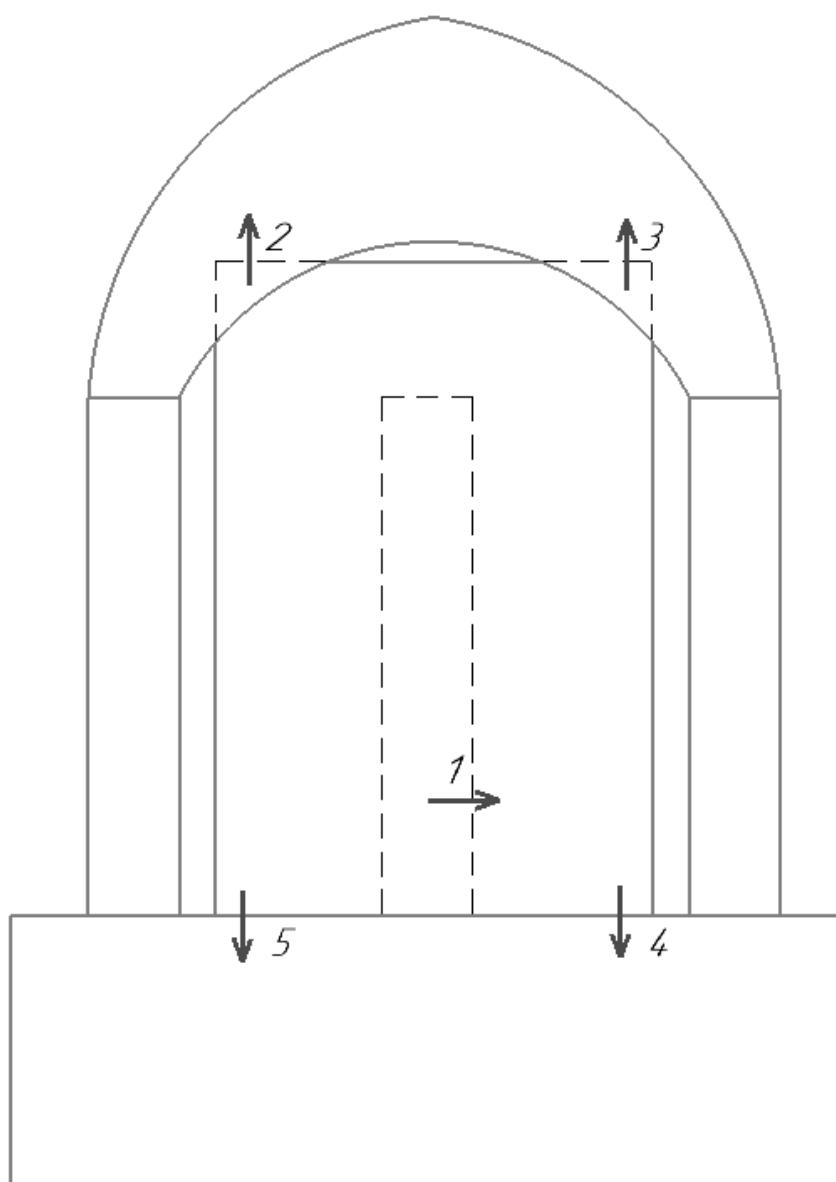


Рисунок 4 – Спрощена модель годинника

Цифрою 1 на малюнку 4 умовно позначений шлях переміщення більш щільною рідини з підстави в циліндр при необхідності збільшити час на якесь значення. Цифрами 2 і 3 умовно позначені шляхи витіснення менш щільною рідини при збільшенні поточного часу. Але до кінця циклу який становить 60 хв (умовно прийнято що 60 хв одно повного заповнення циліндра від 0 100% об'єму) необхідно злити більш щільної рідини що здійснюється по каналах 4 і 5.

Робота поршня[3] здійснюється наступним чином: перед і після камери з поршнем розташовані клапани. При переміщенні поршня об'єм камери збільшується, клапан перед поршнем відкривається, клапан після камери з поршнем закритий. Збільшення обсягу тягне за собою втягування рідини. При зворотному ході поршень здійснює роботу з виштовхування рідини в циліндр, клапан після камери з поршнем відкривається. Повторенням необхідного числа цих циклів, необхідний об'єм рідини перекачується. При завершенні циклу відповідного 60 хв, рідина зливається цикл повторяється заново.

1.3 Аналітичний огляд відомих пристроїв визначення та візуалізації часу. Порівняльний аналіз відомих та нового власної розробки годинників

При пошуку подібних аналогів мною не були знайдені досить схожі зразки. Були знайдені зразки наручних годинників з рідиною в кільцевій трубці (додаток 1А), автомобільні в яких частина об'єму просто заповнена рідиною (додаток 2А), годинник з магнітною рідиною (додаток 3А). Наручних годинників з рідиною в кільцевій трубці являються найбільш схожими як на мене так як кількість рідини в трубку відповідає певному моменту часу так і є ще інша індикація. В автомобільних годиннику чітко видно рівень рідини але він не несе за собою жодних функцій. Ну а в годиннику з магнітною рідиною візуально дуже мало подібностей, там рідина приймає форму цифр під дією магнітного поля.

Також деяку схожість мають лампи вулкан, в них лампою розжарювання прогрівається досить туга маса яка при нагріванні зменшує щільність спливає, охолоджується і тоне, цикл повторюється знову і знову. І варто зазначити що навіть без особливого функціоналу і слабкою освітлювальною здатності все ж дивляться досить гарно.

1.4 Задачі автоматизації процесів спостереження та візуалізації часу

В першу чергу до завдань автоматизації слід віднести побудову системи управління[4] здатне протягом тривалого проміжку часу здійснювати. Так як в управлінні світлодіодами немає нічого складного, то найбільшу увагу слід приділити управлінню рівнем рідини. Слід розуміти що великої точності не вимагається так як відмінність у рівні в 1-2мм з якогось відстані не чинитимуть суттєвий вплив на коректне сприйняття, то слід зробити упор на реалізацію різних режимів управління по енергоспоживанню. Також не мало важливим являється вибір принципу визначення рівня[5] так як система з двома рідинами не часто розповсюдженими і вимагає певної уваги. Слід врахувати неоднорідність площ поперечних перерізів на різних висотах, визнаних неправильною формою об'єкта всередині циліндра, і відповідно не однакових обсягів рівних ділянок по висоті на різних висотах. І треба дослідити видаваний шум при різних режимах роботи і зробити висновки про можливість покращення.

Резюмуючи можна поставити такі завдання:

- визначити принципи управління рівнем;
- вибрати метод для вимірювання рівня;
- протестувати систему на різних режимах роботи;
- визначити енергоспоживання;
- розробити принципи корективи вимірювань і керуючих впливів пов'язані з нелінійністю.

1.5 Висновки. Постановка задач дослідження

Підводячи підсумки можу сказати що спроектована система має як плюси так і недоліки власне як і всі в цій неідеальній всесвіту, а й також проблеми які потребують вирішення, змінні котрі варто визначити дослідницьким або теоретичним шляхом.

І так:

Метою даної роботи є розробка методу і технічних засобів автоматизації процесу спостереження та візуалізації часу в гідродинамічному годиннику.

Об'єктом дослідження є процеси руху та контактної взаємодії різнощільних рідин.

Предметом дослідження є програмно-технічна реалізація автоматичного спостереження та візуалізації поточного часу засобами гідродинаміки.

Для досягнення поставленої мети поставимо та вирішимо наступні задачі:

- визначення принципів управління рівнем;
- вибір методу для вимірювання рівня;
- тестування системи на різних режимах роботи;
- визначення енергоспоживання;
- розробка принципів корективи вимірювань і керуючих впливів пов'язані з нелінійністю.

РОЗДІЛ 2 ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ

Для подальшого проектування годинник були розділені на окремі вузли, кожен з яких виконує ту чи іншу функцію. На малюнку 5 зображені основні елементи годинника.

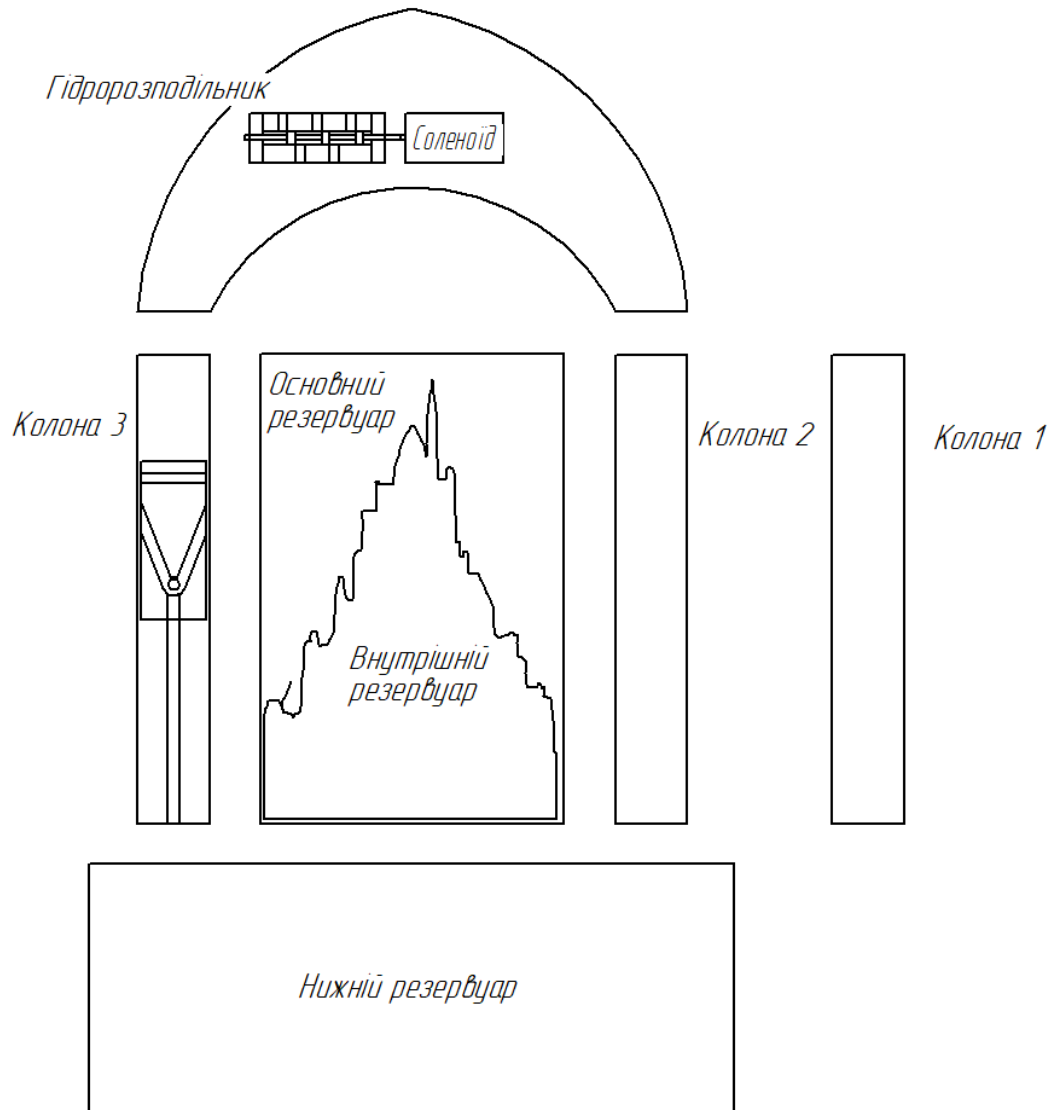


Рисунок 5 – Основні елементи годинника

Кожен елемент виконує свою функцію. Нижній резервуар служить буфером і в ньому зберігатися необхідний обсяг рідин. Колона 1 і Колона 2, відповідно права і ліва знаходяться спереду і приховують в собі сполучні труби. Колона 3 перебувати ззаду і є гідроциліндром поршневого насоса. Внутрішній резервуар служить виконує відразу дві функції: зменшує обсяг

основного резервуара і зберігає в собі додатковий обсяг рідини. В основному резервуарі відбувається відображення часу за допомогою ГРР. Гідророзподільник реверсує паркан рідини з нижнього резервуара і подачу рідини в основний резервуар. Соленоїд в свою чергу управляє ним.

Далі результатом проектних рішень[9] була створена функціональна схема автоматизації рисунок 6.

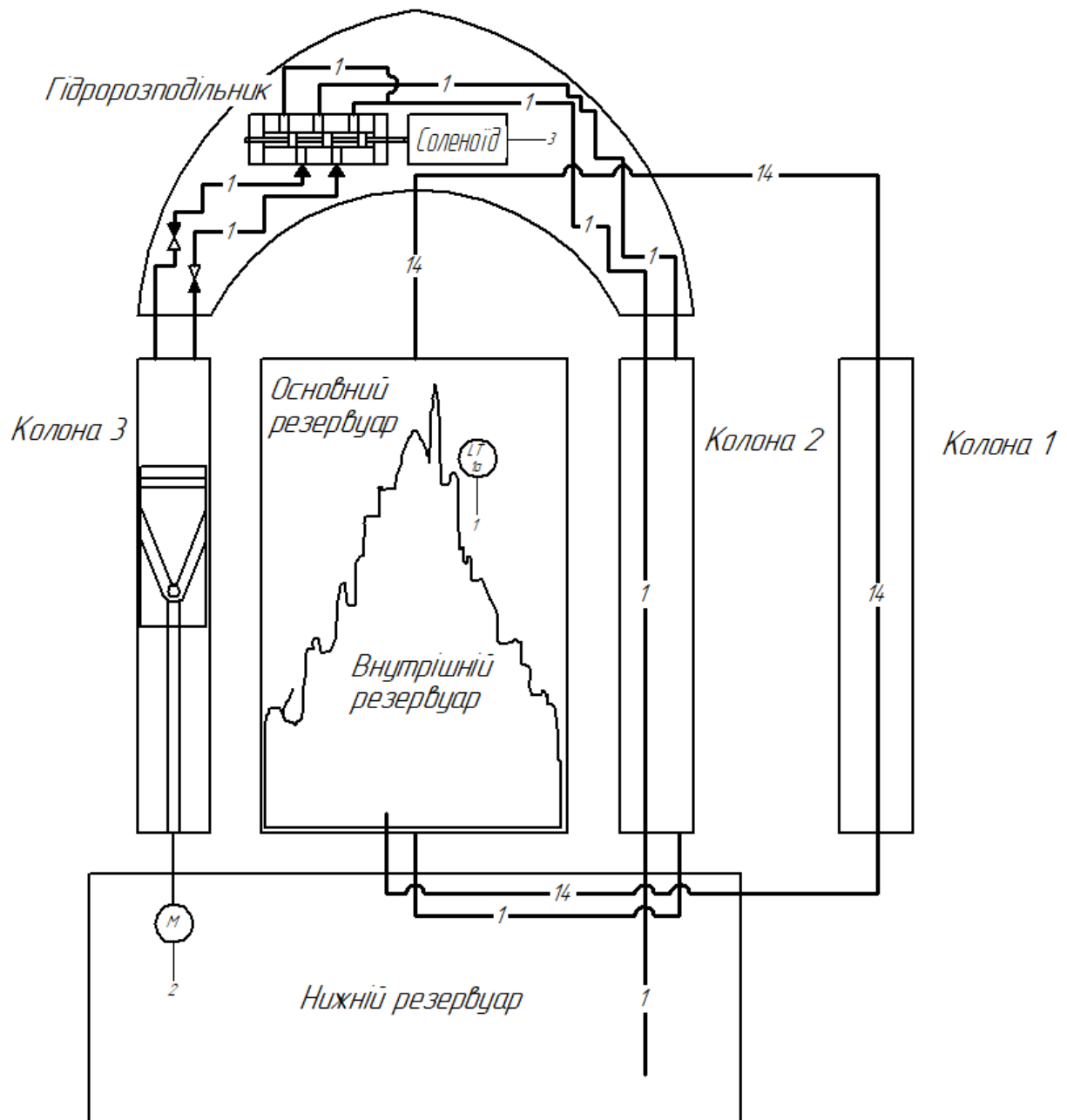


Рисунок 6 – Функціональна схема

Цифрою 1 позначена вода цифрою 14 масло. Схема працює в такий спосіб: при збільшенні поточного часу починає обертається кроковий двигун,

це рух перетвориться в поступальний рух поршня. При переміщенні поршня вниз обсяг в камері перед поршнем збільшується. Створюється розрідження, вхідний зворотний клапан відкривається рідина надходить в камеру поршня з каналу 1 гідророзподільник, золотник якого перебувати в першому положенні, в якому вхід поршня з'єднаний з забором води з нижнього резервуара. Далі при русі поршня вгору, в камері поршневого насоса створюється надлишковий тиск, вхідний зворотний клапан закривається, вихідний відкривається відповідно. Рідина виштовхується в канал 2 гідророзподільник, який знаходиться в першому положенні. У цьому положенні вихід з камери поршня з'єднаний зі склепінням в основний резервуар, і в ньому підвищується рівень води. При підвищенні рівня води в резервуарі масло з нього виштовхується у внутрішній резервуар. Необхідною кількістю поступальної ходи поршня досягається збільшення рівня до необхідного значення. Так як встановити правильний час - це циклічний процес то періодично рівень рідини потрібно опускати. Для цього податися напруга на соленоїд він переводить золотник гідророзподільника в положення 2 в якому вхід в поршневий насос з'єднується зі входом в основний резервуар, а вихід з нижнім резервуаром. Тепер при приведенні в рух поршня вода відкачуватиметься з основного резервуара.

Далі була розроблена функціональна схема управління процесом, яка зображена на рисунок 6.

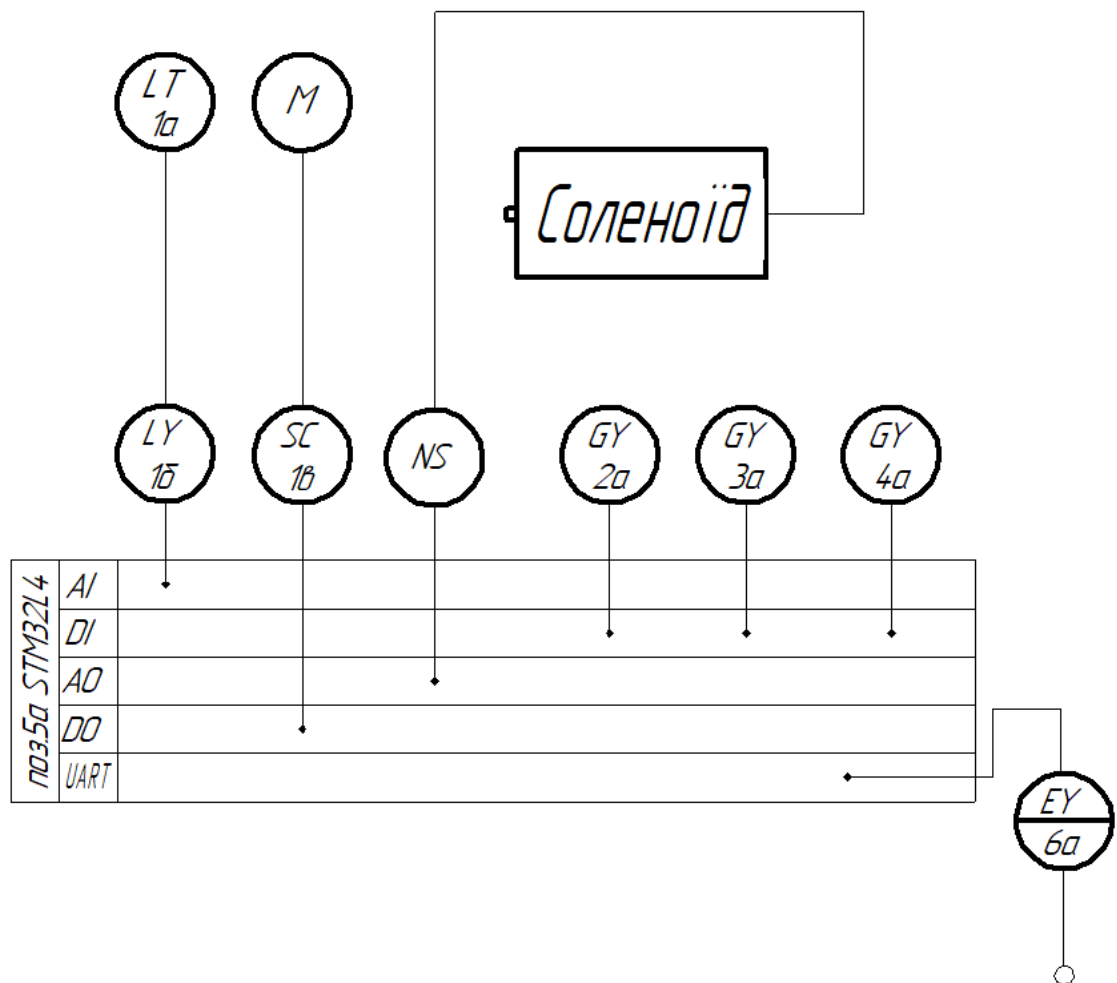


Рисунок 7 – Функціональна схема керування процесом

Датчиком[10] рівня (поз. 1а) виступає ємнісний рівнемір, який змінює свою ємність пропорційно рівню води що відповідає рівню ГРР. Далі перетворювач (поз. 1б) перетворює змінюється ємність в пороговий сигнал. Далі цей сигнал сприймається мікроконтролером (поз. 5а). Мікроконтролер порівнює поточний рівень із завданням і формує керуючий вплив (якщо воно необхідно). Керуючий вплив, у вигляді n-го числа імпульсів надходить на драйвер крокової двигуна. Драйвер крокової двигуна дозволяє точно управляти переміщенням поршня, поршневого насоса. Також мікроконтролер управляє реверсуваням потоку води. Це здійснюється включенням твердотільного реле, яке в свою чергу подає напругу на котушку соленоїда і той вже втягуючи сердечник переводить золотник гідророзподільника в положення 2, назад він зводиться за допомогою поворотної пружини.

Установка часу воно ж завдання проводиться через Wi-Fi / Bluetooth модуль (поз. 6а). Імовірно час встановлюється автоматично через інтернет або задається віддалено через додаток на телефоні. Також передбачена ручна установка часу за допомогою двох енкдерів (поз. 2а, поз. 3а). Також на випадок непередбачених ситуацій, а також на випадок переміщень, при яких можуть виникати небажані ефекти: такі як струшування, збовтування, надлишковий нахил; які вже в свою чергу можуть викликати появу емульсії в зонах контакту рідин, або потрапляння однієї з рідин в канал для іншого передбачений датчик положення (поз. 4а), сигнал від якого надходить на мікроконтролер. Мікроконтролер може призупинити управління на час, при небажаному впливі.

РОЗДІЛ 3 ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Засоби автоматизації, за допомогою яких буде здійснюватися керування процесом, повинні бути вибрані технічно грамотно і економічно обґрунтовано. Конкретні типи автоматичних пристроїв вибирають з урахуванням можливостей об'єктів управління. Засоби автоматизації підбираються згідно критеріїв, які повинні непорушно виконуватися. І у моїй роботі вони такі: енергоефективність, габарити, простота налаштування, фізико - хімічні властивості взаємодії з середовищем, а також вимоги до якості регулювання.

Електричні засоби характеризуються меншим запізненням і перевершують пневматичні по точності вимірювання. Крім того, застосування електричних засобів спрощує упровадження мікропроцесорної техніки.

3.1 Датчик границі розділу фаз рідинних середовищ

Вимірювання кордону розділу фаз рідинних середовищ схожий з вимірюванням рівня, це відбувається тому що по суті ми вимірюємо рівень нижньої рідини а верхня рідина просто заповнює простір зверху. Припустимо що нижня рідина має більш високу електропровідність ніж верхня, таким чином чим вище буде знаходитися межа розділу фаз тим менше буде ємність ЧЕ. Таким чином мною був обраний ємнісний датчик рівня, який дозволяє вимірювати рівень струмопровідних рідин.



Рисунок 8 – Ємнісний датчик рівня DLM-35

Технічні характеристики DLM-35[6]:

- Напруга живлення: 9 ... 34 В (постійного струму);
- Вихід : 0-5 В (3 дроти);
- Нелінійність: максимально 1%;
- Похибка температури: <math><0,05\% / \text{K}</math>;
- Помилка напруги (для виходу по напрузі і струму): максимально 0,3 мкА / В і 0,1 мВ / В;
- Температура навколишнього середовища: $-40^{\circ}\text{C} \dots + 85^{\circ}\text{C}$;
- Температура вимірюваного середовища: до 200°C ;
- Вага приладу без електрода: 0,3 кг (N), 0,6 кг (NT);

Підключення приладів в процес здійснюється за допомогою метричної різьби (M27x2, M30x1,5).

Переваги ємнісних вимірювачів рівня DLM-35:

- Установка безпосередньо в ємності - резервуари, баки, прямки;
- Можливість лінійних вимірів в рідинах, що проводять струм;
- Підходять для ємностей будь-якої форми;
- Простота роботи з приладом - налаштування проводиться за допомогою магнітної ручки;
- Контроль за станом датчика здійснюється світлодіодними індикаторами;
- Матеріал корпусу, електрода і еталонної трубки - нержавіюча сталь;
- Вибір варіантів під'єднання приладу - кабельний ввід, роз'єм, введення для захисного шланга;
- Наявність ізольованих і неізольованих електродів.

До відносних недоліків ємнісних вимірювачів рівня DLM-35 можна віднести підвищену чутливість до коливань електричних параметрів рідини внаслідок зміни їх температури або складу. Також на електродах може утворюватися плівка (що проводить або не проводить струм. Це призводить до додаткових похибок у вимірах.

3.2 Технологічний мікроконтролер

Технологічний мікроконтролер повинен бути надійним, його продуктивності повинно вистачати для виконання всіх операцій за час, який не впливатиме на якість управління, чи бо ж вплив має бути мінімальним. А в цьому проекті енергоспоживання також є фактором який слід враховувати. Також не мало важливим є можливість налагодження так як проект перебуває на стадії розробки дослідного зразка. І тому вибір припав на налагоджувальну плату на базі мікроконтролера STM32.

NUCLEO-L432KC – налагоджувальнаа плата з лінійки STM32 NUCLEO[7] на базі 32-битного ультра малопотужного FPU ARM Cortex-M4 мікроконтролера STM32L432KCU6 с тактовою частотою до 80 МГц, 256 КБ Flash и USB

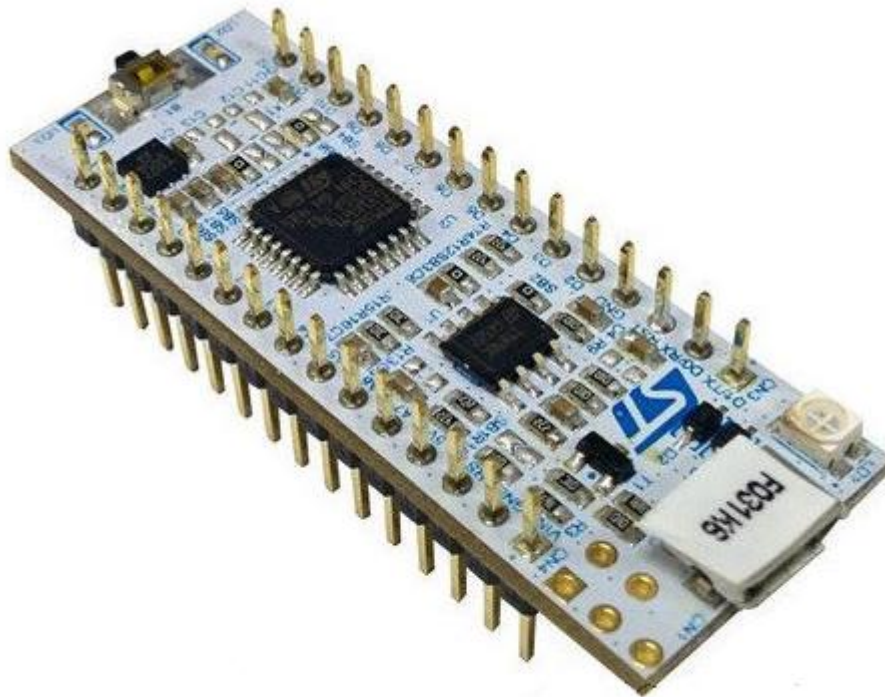


Рисунок 9 – Налагоджувальнаа плата NUCLEO-L432KC

Особливості:

- Мікроконтролер STM32L432KCU6 в 32-контактному корпусі;
- Флеш пам'ять 256 КБ Flash;
- Постійна пам'ять 64 КБ SRAM;
- Тактова частота до 80 МГц;
- Можливість функціонального розширення (Arduino™ nano connectivity);
- Прямий доступ до онлайн ресурсів ARM® mbed™ (див. [Http://mbed.org](http://mbed.org));
- Інтегрований на плату програматор / відладчик ST-LINK / V2-1 з SWD роз'ємом.

Живлення:

- USB VBUS,
 - Зовнішнє джерело.
- Три світлодіодів:
- USB комунікаційний (LD1),
 - Живлення LED (LD2),
 - Призначений для користувача LED (LD3).

Кнопка скидання.

Підтримка широкого спектру інтегрованих засобів розробки (IDE), включаючи IAR™, Keil®, а також IDE, заснованих на GCC (AC6 SW4STM32, ...).

3.3 Засоби встановлення часу

Модуль RYWB116[8] від REYAX забезпечує комплексне бездротове рішення з декількома протоколами, що включає подвійний режим Bluetooth 5 802.11 b / g / n.

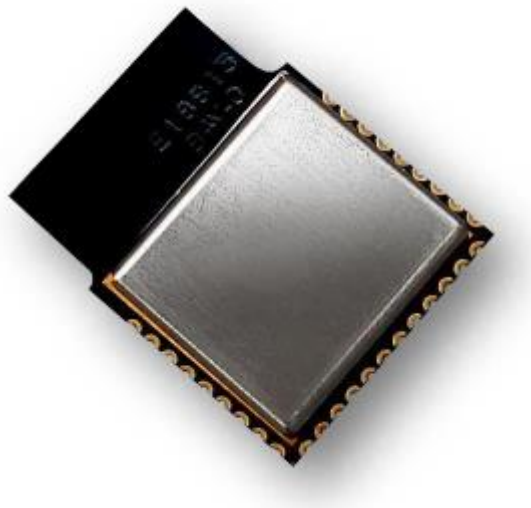


Рисунок 10 – Модуль RYWB116

- Сумісний з однопросторовим потоком IEEE 802.11 b / g / n, Bluetooth 5.
- Співіснування безлічі бездротових протоколів, керованих внутрішнім менеджером протоколарбітрації. 21 дБм з інтегрованою PA.

- Wi-Fi отримує чутливість до -98,5 дБм. • BT отримує чутливість до -95 дБм.

- Підтримка режиму клієнта, режиму точки доступу, Wi-Fi Direct та захисту від підприємств.

- Підтримка одночасного Wi-Fi , Bluetooth 5. • Струм передачі 8,9 мА в режимі BT 5, швидкість передачі даних 2 Мбіт / с • Робоча температура: від -40 ° С до + 85 ° С.

Енкодер EC11 - це електромеханічний пристрій для отримання інформації про напрямлення обертання осі різних пристроїв, вугіллі повороту і швидкості обертання. Вихід - стандартний двоімпульсний з відставанням одного з сигналів в залежності від напрямку обертання. Також в енкодері вбудована тактильна кнопка, що реагує на натискання уздовж осі.

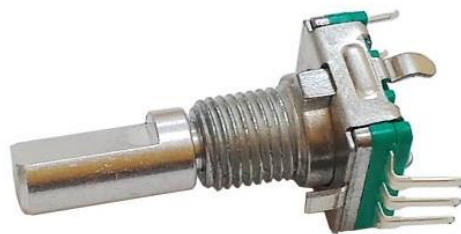


Рисунок 10 – Енкодер EC11

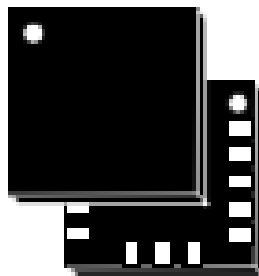
Характеристики:

- Робоча напруга 5В;
- Робочий струм 10 мА;
- Імпульсів / оборот 20;
- Діапазон робочих температур -30 ° С .. + 70 ° С;
- Робочий ресурс мінімум 15000 обертів;

- Розміри 13x12 мм;
- Довжина валу 12 мм.

LIS3DSH - це високопродуктивний високоефективний тривісний лінійний акселерометр що належать до сім'ї “нано” із вбудованим автоматом, на який можна запрограмувати впроваджувати автономні програми.

-



LGA-16 (3x3x1 mm)

Рисунок 11 – Акселерометр LIS3DSH

LIS3DSH має динамічно вибирає діапазон вимірів $\pm 2g$ / $\pm 4g$ / $\pm 6g$ / $\pm 8g$ / $\pm 16g$ і здатний вимірювання прискорень із швидкістю вихідних даних від 3,125 Гц до 1,6 кГц.

Особливості

- Широкий діапазон напруги живлення, від 1,71 В до 3,6 В;
- Незалежне живлення (1,8 В) та живлення сумісне з напругою;
- Наднизьке споживання енергії;
- Інтерфейс цифрового виходу 2С / SPI;
- 16-бітний вихід даних;
- Програмовані вбудовані автомати;
- Вбудований датчик температури;
- Вбудована самоперевірка;
- Вбудований FIFO;
- 10000 г високої виживаності при шоці;

- Відповідає вимогам ECOPACK®, RoHS та “Green”.

3.4 Засоби керування

При виборі двигуна я звертав увагу на можливість позиціонування поршня щодо вертикальної осі, і відповідно позиціонувати кут валу двигуна. Логічним вибором став кроковий двигун, вибір якого здійснювався з урахуванням його розмірів і його моменту.

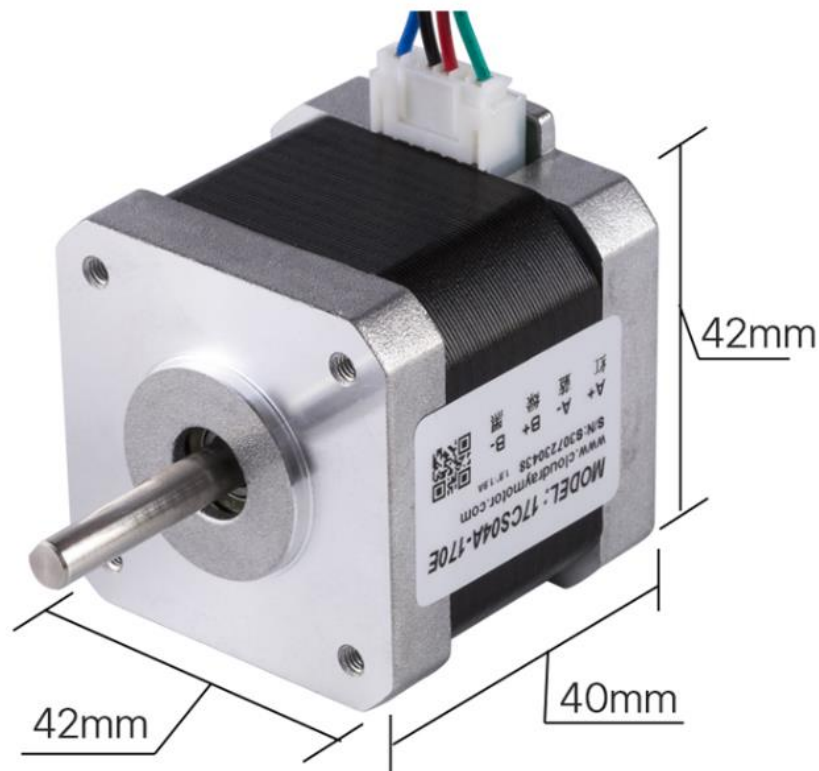


Рисунок 12 – Кроковий двигун 17CS04A-170E

Характеристики:

- Модель 17CS04A-170E
- Кількість фаз 2
- Кут кроку 1.8+- 5%

- Струм 1.7А
- Момент 0.42 Н/м
- Діаметр валу 5мм
- Вага 0.29 кг
- Розміри 42x42x40

Драйвер крокового двигуна ТВ6600 дозволяє задавати струм для двигуна, а також мікрокрок.



Рисунок 13 – Драйвер крокового двигуна ТВ6600

Характеристики:

Він може змінювати напрям обертання вперед і назад.

Керування струмом через 3-позиційний DIP-перемикач (0,5А, 1А, 1,5А, 2А, 2,5А, 2,8А, 3,0А, 3,5А), що підходить для керування 57 та 42 двофазними та чотирифазними гібридними кроковими двигунами. Він може керувати

двигуном з низькими вібраціями, низьким рівнем шуму та високою швидкістю.

Вхідна напруга | DC9-40V.

Вихідний струм | 0,5-4,0A.

Вхідний струм Рекомендується використовувати імпульсний блок живлення 5A.

Максимальна потужність споживання 160 Вт

Розділено 1,2 / A, 2 / B, 4,8, 16,32

Робоча температура -10 ~ 45 ° C;

Температура зберігання -40 ° C ~ 70 ° C

РОЗДІЛ 4 АЛГОРИТМІЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНОГО ГОДИННИКА

4.1 Алгоритм відображення хвилин

Спочатку вводимо змінні для даних: m – поточний значення хвилин (дійсне значення яке потрібно відобразити), L_s – поточне значення границі розділу фаз рідинних середовищ (значення в мм), L_t – задане значення рівня для поточного часу (значення в мм). Також введемо масиви даних: $\min[60]$ – масив даних в якому знаходяться значення рівнів для кожної хвилини (значення в мм), $V[180]$ – масив з даними об'ємів рідини необхідної для заповнення ємності на той чи інший рівень (значення в мл). $L[180]$ – масив з даними рівнів рідини які відповідають масиву з даними про об'єм(значення в мл).

Алгоритм працює наступним чином: спочатку отримуються данні поточного часу в хвилинах отримані з годинника реального часу(RTC), поточний рівень відповідний границі розділу фаз рідинних середовищ. Присвоюється задане значення рівня для поточного часу. Порівнюючи задане значення рівня з поточним вирішується необхідність формування керуючого впливу. При різниці заданого рівня з поточним з'являється необхідність вносити керуючий вплив. Керуючий вплив полягає у обертанні валу двигуна на певний кут, за допомогою відповідного числа імпульсів. Для того щоб визначити кількість імпульсів, необхідно визначити різницю між поточним та заданим рівнем. З початку визначається поточний об'єм рідини в ємності шляхом порівняння значень масиву рівнів рідини з поточним значенням рівня рідини. Поточний об'єм визначається як n -ий елемент масиву з об'ємами рідини - де n , n -ий елемент масиву з рівнями. Тим же способом визначається і об'єм рідини на рівні який потрібно досягти. А далі різниця між цими рівнями ділиться на об'єм камери поршня, і результатом стане кількість оборотів двигуна. При отриманні від'ємних показників різниці,

гідророзподільник переводиться у друге положення, відбувається процес зливу рідини і переведення ГРР у нижнє положення.

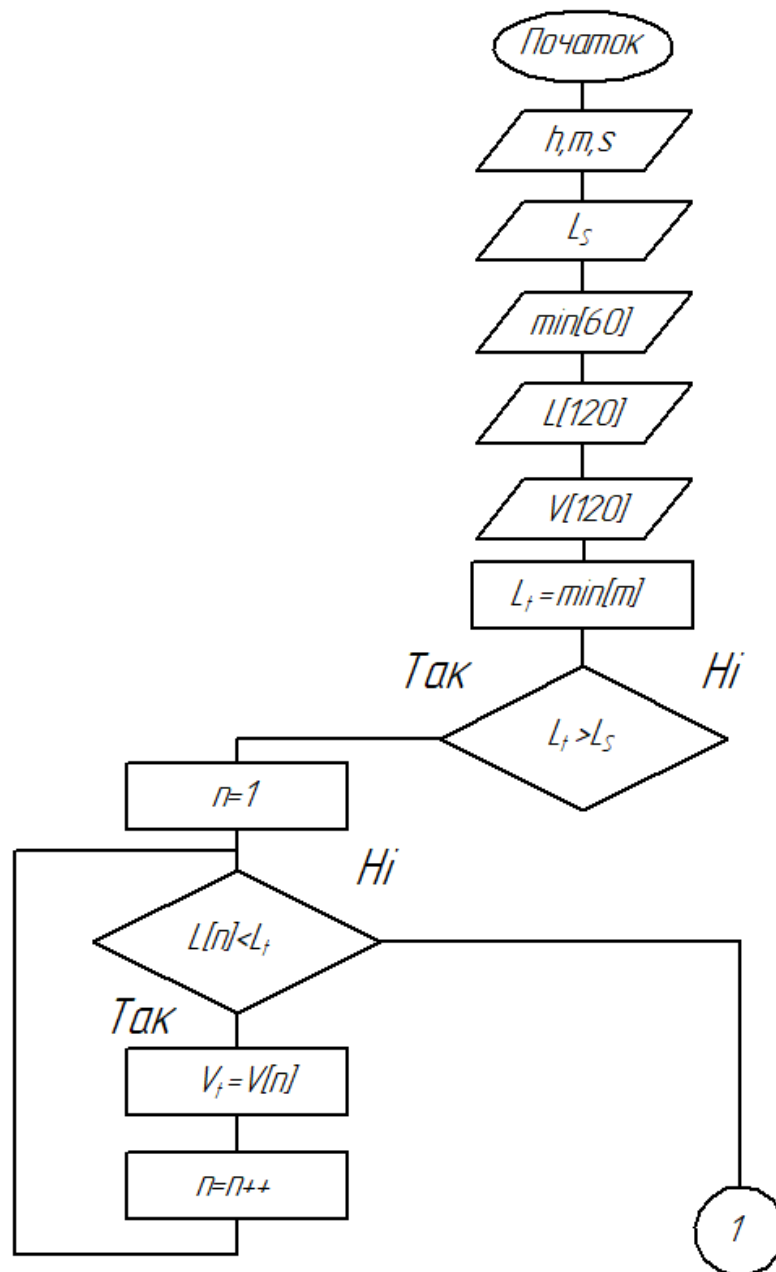


Рисунок 14 – Алгоритм керування частина 1

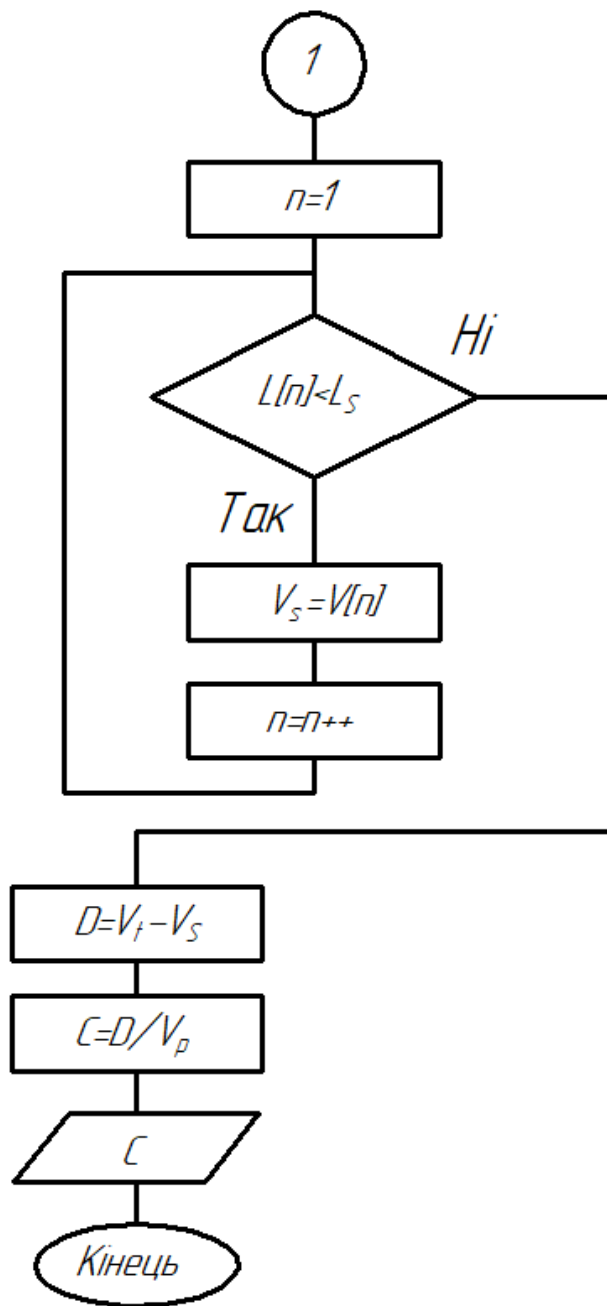


Рисунок 15 – Алгоритм керування частина 2

РОЗДІЛ 5 ВИПРОБУВАННЯ ТА ОЦІНКА ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНОГО ГОДИННИКА ВЛАСНОЇ

5.1 Режим визначення та представлення поточного часу

Хоч в системі резервуар і циліндричний, а значить обсяг рідини в ньому пропорційний її рівню. Але наявність об'єкта складної форми кардинально змінює ситуацію. Це виражається в тому, що при зміні рівня на рівні проміжки необхідно абсолютно різні обсяги рідини. І це в свою чергу призводить до того що при лінійному зміні рівня об'єм рідини для його заповнення змінюється нелінійно. Таким чином апроксимація являється потрібним методом при обчисленні об'єму необхідного для зміни поточного рівня до необхідного. Для обчислення значень складних функцій часто використовується обчислення значення відрізка ряду, апроксимуючої функції. І в своїй роботі я вирішив відмовитися від апроксимування поліномом високого порядку так як попередні аналіз показав в не раціональності цього методу за критерієм використовуваних ресурсів, енергоефективного і в свою чергу невисокопродуктивного мікроконтролера. Основним критерієм в цьому випадку буде точність як якісний показник відповідності значення отриманого апроксимуючим шляхом до дійсного. Для циліндра висотою 180 мм, рівень в якому повинен показувати значення від 0 до 60 хв, тобто 3 мм на 1хв. Відповідно мінімальна точність необхідна для коректного сприйняття складе вже половину від цього, а це вже 1,5мм. Щоб уникнути некоректне сприйняття на близькій відстані, а також накладення додаткової похибки яка може виникнути, якщо погляд спостерігача направлений під якимсь кутом (це викликано тим що циліндр виготовлений зі скла і має якусь товщину і світло заломлюється на його границях) слід ще підвищити точність контролю рівня до 1мм. Таким чином для коректного створення відрізка ряду необхідно створити масив з 180 значень.

Наступним кроком було створення макета з необхідним рівнем деталізації який був поміщений в циліндр відповідного розміру. Після на циліндр були нанесені градації з кроком в 1 мм. Далі по черзі підвищуючи рівень до кожної позначки і заміряючи обсяг рідини необхідний для підвищення рівня від попередньої позначки до наступної був сформований масив даних (таблиця 1).

Таблиця 1

n ₁	n ₂	n ₃	n ₄	n ₅	n ₆	n ₇	n ₈	n ₉	n ₁₀	n ₁₁	n ₁₂
1.4	1.4	1.3	1.5	1.7	2	2.3	2.1	2.1	2.2	2.3	2.1
n ₁₃	n ₁₄	n ₁₅	n ₁₆	n ₁₇	n ₁₈	n ₁₉	n ₂₀	n ₂₁	n ₂₂	n ₂₃	n ₂₄
2.1	2.1	2.8	2.7	3.1	3.1	3.1	2.8	3	3.3	3.2	3
n ₂₅	n ₂₆	n ₂₇	n ₂₈	n ₂₉	n ₃₀	n ₃₁	n ₃₂	n ₃₃	n ₃₄	n ₃₅	n ₃₆
2.9	3.2	3.2	3.3	3.1	3.1	2.9	3	3	3	3.4	3.1
n ₃₇	n ₃₈	n ₃₉	n ₄₀	n ₄₁	n ₄₂	n ₄₃	n ₄₄	n ₄₅	n ₄₆	n ₄₇	n ₄₈
2.9	3	3.1	3.2	3.3	3.2	3	3.3	4.5	4.7	4.5	4.7
n ₄₉	n ₅₀	n ₅₁	n ₅₂	n ₅₃	n ₅₄	n ₅₅	n ₅₆	n ₅₇	n ₅₈	n ₅₉	n ₆₀
4.8	4.9	4.9	4.9	4.7	4.7	4.9	5.1	5	5	5.2	5.2
n ₆₁	n ₆₂	n ₆₃	n ₆₄	n ₆₅	n ₆₆	n ₆₇	n ₆₈	n ₆₉	n ₇₀	n ₇₁	n ₇₂
4.8	4.9	4.9	4.8	5	6.1	6.3	6.2	6.2	6.1	6.1	7
n ₇₃	n ₇₄	n ₇₅	n ₇₆	n ₇₇	n ₇₈	n ₇₉	n ₈₀	n ₈₁	n ₈₂	n ₈₃	n ₈₄
7	7	7.2	7	7.1	7.1	7.3	7.4	7.2	7.2	7.1	7.1
n ₈₅	n ₈₆	n ₈₇	n ₈₈	n ₈₉	n ₉₀	n ₉₁	n ₉₂	n ₉₃	n ₉₄	n ₉₅	n ₉₆
7.3	8.3	8.3	7.9	7.9	8	8.1	9.2	9.3	9	9	9.1
n ₉₇	n ₉₈	n ₉₉	n ₁₀₀	n ₁₀₁	n ₁₀₂	n ₁₀₃	n ₁₀₄	n ₁₀₅	n ₁₀₆	n ₁₀₇	n ₁₀₈
8.9	8.8	9	9	9.1	8.9	9	9.2	9.3	9	8.9	9.1
n ₁₀₉	n ₁₁₀	n ₁₁₁	n ₁₁₂	n ₁₁₃	n ₁₁₄	n ₁₁₅	n ₁₁₆	n ₁₁₇	n ₁₁₈	n ₁₁₉	n ₁₂₀
9.1	9.1	9.1	9.3	10.4	10.1	10.3	10.2	10.1	10.1	10	10

n ₁₂₁	n ₁₂₂	n ₁₂₃	n ₁₂₄	n ₁₂₅	n ₁₂₆	n ₁₂₇	n ₁₂₈	n ₁₂₉	n ₁₃₀	n ₁₃₁	n ₁₃₂
10	10.8	11	11	10.9	10.8	11	11	11.2	11.2	12.2	12.1
n ₁₃₃	n ₁₃₄	n ₁₃₅	n ₁₃₆	n ₁₃₇	n ₁₃₈	n ₁₃₉	n ₁₄₀	n ₁₄₁	n ₁₄₂	n ₁₄₃	n ₁₄₄
11.8	11.9	12	12	12.2	12.2	12.3	12.4	12.1	12.1	12	12
n ₁₄₅	n ₁₄₆	n ₁₄₇	n ₁₄₈	n ₁₄₉	n ₁₅₀	n ₁₅₁	n ₁₅₂	n ₁₅₃	n ₁₅₄	n ₁₅₅	n ₁₅₆
12	12.1	12.2	12.3	12.4	12.2	12.2	12.1	12.1	12.3	12.3	12.3
n ₁₅₇	n ₁₅₈	n ₁₅₉	n ₁₆₀	n ₁₆₁	n ₁₆₂	n ₁₆₃	n ₁₆₄	n ₁₆₅	n ₁₆₆	n ₁₆₇	n ₁₆₈
12.5	12.5	12.6	13	13	13	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2
n ₁₆₉	n ₁₇₀	n ₁₇₁	n ₁₇₂	n ₁₇₃	n ₁₇₄	n ₁₇₅	n ₁₇₆	n ₁₇₇	n ₁₇₈	n ₁₇₉	n ₁₈₀
13.2	13.2.	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2.	13.2	13.2	13.2	13.2

ВИСНОВКИ

В рамках даної роботи був розроблений рідинний годинник. На етапі конструювання та проектування виникали різні проблеми вирішення яких дозволить реалізувати цей проект. Результатом роботи надана концепція тематичних годин, наочне уявлення про те як вони повинні виглядати, складено опис, розроблений технологічний алгоритм. Були розглянуті аналоги і схожі вироби. Складена схема автоматизації, алгоритм керування. Розглянута можливість використання ємнісного рівнеміра для визначення границі розділу фаз рідинних середовищ. Була вирішена проблема визначення та керування нелінійного відношення $\Delta L/\Delta V$. Визначені критерії по точності для каретного відображення часу. Вибраний спосіб керування дозволяє досягти необхідної точності та оптимального електроспоживання найлегшим шляхом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сисоев Б. О., Дрозденко О. О. Проект годинника на базі двох посудин з рідинами. –Інформатика, математика, автоматика. Матеріали та програма міжнародної науково-технічної конференції студентів та молодих вчених ІМА-2020.- Суми: СумДУ, 2020. - С.207
2. А.И. Фех Эргономика - Томск.: Издательство Томского политехнического университета, 2014 – С. 54-58
3. Люкшин П.А. Демидов А.С. Площаднов А.Н. Гидравлика и основы гидропривода – Рубцовск.: Рубцовский индустриальный институт ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 2009 – С. 114-117.
4. Andrius PETROVAS Roma RINKEVIČIENĖ Automatic control theory - Vilnius.: “Technika”, 2012 – P. 48-58
5. Винокуров Б.Б. Методология и измерительная техника. Уровнеметрия жидких сред. - Москва.: “Юрайт ”2016 – С. 113-134
6. Internet-source:
http://www.dinel.cz/_file/AMIfv96rfqKrqVyjGKZQgBP1jrzn03AT6wRHuyG5Ei vnZF-PhF8S2SdJMQMCoSlbu9J8dAFkPI03C86mE4cqT0-4wkoK8wxn-2pXWoSqYx6DxtsE18u89vsiMFabesbDjA5J31i3re5HLZ3s72e8SocCBKx0Y-PgdA/dlm-35_dat_en_n3_12_2020.pdf (application date: 03.12.2020). – С. 4-5
7. Internet-source: https://www.st.com/resource/en/user_manual/dm00231744-stm32-nucleo32-boards-mb1180-stmicroelectronics.pdf (application date: November 2019).
8. Internet-source: http://reya.com.cn/wp-content/uploads/2019/07/RYWB116_EN.pdf (application date: 11.07.2019).

9. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка 2-е издание – Москва.: Инфа-Инженерия, 2016 - С. 11-12

10. Ицкович Э.Л. Методы рациональной автоматизации производства – Москва.: Инфа-Инженерия, 2009 - С. 9-10