Міністерство освіти і науки України

Управління освіти, науки та молоді Київської міської державної адміністрації

Київська мала академія наук

Відділення**:** *комп’ютерні науки*

Секція: *комп’ютерні системи та мережі*

КОНТРОЛЕР ДЛЯ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ

Роботу виконав:

**Калічак Юрій Ігорович,**

учень 11 класу

Технічний ліцей м. Києва

Педагогічний керівник:

Стеценко Антоніна Іванівна,

вчитель інформатики

Технічний ліцей

м. Києва

КИЇВ – 2021

АНОТАЦІЯ

**Проєкт «**КОНТРОЛЕР ДЛЯ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ**»**

**Калічак Юрій Ігорович**, Київська мала академія наук, Технічний ліцей міста Києва, 11 клас; педагогічний керівник: Стеценко Антоніна Іванівна, вчитель інформатики.

У сучасній структурі економіки хімічна галузь є однією з провідних. Від її розвитку, як і від розвитку машинобудування, значною мірою залежить науково-технічний прогрес в народному господарстві. Комплекс хімічних виробництв виготовляє продукцію для багатьох основних галузей промисловості: транспорт, сільське господарство, оборона, побутове обслуговування та інші сфери діяльності. Він значною мірою впливає на темпи й рівень розвитку економіки країни в цілому.

В теперішній час перегонка й ректифікація широко використовуються в хімічних технологіях та застосовуються для одержання різноманітних продуктів у чистому вигляді. Процес перегонки був відомий ще в стародавні часи. Він одержав значний розвиток у середині минулого століття, коли навчилися одержувати етиловий спирт із продуктів бродіння крохмалю й цукровмісних матеріалів.

В даному проєкті пропонується автоматизована система контролю процесу перегонки в ректифікаційній колоні, що включає в себе все необхідне програмне забезпечення та здійснює повний контроль за процесом поділу рідких однорідних сумішей, які складаються із двох або більшого числа летучих компонентів. Такий моніторинг дав можливість визначити взаємозв'язок між основними технологічними параметрами, дослідити характеристики контрольованих, регульованих параметрів і керуючих впливів, сформулювати вимоги до автоматизованої системи управління технологічним процесом.

Ключові слова: перегонка, ректифікація, мікроконтролер stm32, програмне забезпезпечення, автоматизований контроль параметрів.

**ЗМІСТ**

[ВСТУП 3](#_Toc56863091)

[РОЗДІЛ 1 7](#_Toc56863092)

[ОГЛЯД СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ РЕКТИФІКАЦІЇ. ФІЗИЧНА СУТЬ ТА ПРИНЦИПИ ПРОЦЕСУ 7](#_Toc56863093)

[**1.1. Огляд існуючих систем автоматизованого керування процесом ректифікації** 7](#_Toc56863094)

[**1.2. Основні характеристики ректифікаційної колони** 9](#_Toc56863095)

[**Висновки до розділу 1** 10](#_Toc56863096)

[РОЗДІЛ 2 11](#_Toc56863097)

[РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ РЕКТИФІКАЦІЇ 11](#_Toc56863098)

[**2.1. Розробка програмного забезпечення автоматизованої системи** 11](#_Toc56863099)

[**2.2. Функціональні характеристики проєкту** 14](#_Toc56863100)

[**2.3. Рекомендації для користувача (інтерфейс)** 16](#_Toc56863101)

[**2.4. Аналіз отриманих результатів** 19](#_Toc56863102)

[**Висновки до розділу 2** 20](#_Toc56863103)

[ВИСНОВКИ 22](#_Toc56863104)

[СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 24](#_Toc56863105)

[ДОДАТКИ 25](#_Toc56863106)

# ВСТУП

З розвитком науково-технічного про­гресу виробництва хімічної промисловості стали одними з провідних у світовому господар­стві поряд з електроенергетикою та машинобудуванням. Ще в епоху Середньовіччя люди почали використовувати спеціально добу­ті хімічні речовини. Але досить великих масштабів розвиток хімічних виробництв отримав у минулому ХХ столітті. Саме в цей період було синтезовано понад 400 тисяч хімічних речовин, яких не існує в природі. Потреба в продукції хімічної промисловості не зменшується, а весь час зростає. Одержані речовини настільки різні за своїм скла­дом та технологією виробництва, що промислова хімія нині – це складана індустрія, яку називають комплексом хімічних виробництв.

Україна має великі потенційні можливості для розвитку хімічної галузі. Крім потужних підприємств, хімічна промисловість характеризується наявністю суттєвого наукового потенціалу — науково-дослідними і проєктно-конструкторськими організаціями, що ведуть важливі розробки з вирішення науково-технічних проблем хімічних технологій.

Хімічний комплекс – один з провідних у сучасній економічній структурі. Від його розвитку, як і від розвитку машинобудування та інших галузей народного господарства, значною мірою залежить науково-технічний прогрес. Комплекс хімічних виробництв виготовляє продукцію для всіх основних галузей промисловості, а саме: транспорту, сільського господарства, оборони, побутового обслуговування та інших сфер діяльності. Він істотно впливає на темпи і рівень розвитку економіки в цілому.

Хімічна і нафтохімічна галузі промисловості займають одне з провідних місць у сучасному промисловому потенціалі України. Їхня частка в ВВП складає 5,5% , в загальному товарообігу промислової продукції – 6,4%, експорті промислової продукції – 12,5%.

Через забезпечення багатьох споживаючих галузей промисловості сучасними матеріалами та сировиною стимулювання розвитку хімічної галузі здатне призвести до подальшого активного й інтенсивного розвитку саме цього сектора економіки. Хімічна промисловість має один з найвищих рейтингів міжгалузевого споживання.

Автоматизація – є одним з найважливіших факторів підвищення продуктивності, якості та розширення виробництва продукції.

В харчовій промисловості – доволі складні технології, які потребують розробки автоматизації відповідних підприємств. Введення сучасних технологій, механізації й автоматизації відповідних виробничих процесів має забезпечувати високу якість продукції, що випускається, і економію матеріалів та сировини.

Процеси перегонки й ректифікації широко задіяні в хімічних технологіях та застосовуються для одержання різноманітних продуктів у чистому вигляді.

В даному проєкті пропонується автоматизована система контролю технологічного процесу, що включає в себе все необхідне програмне забезпечення та здійснює повний контроль за процесом ректифікації. Контролер, що використовується в цій системі, забезпечує управління на всіх етапах перегонки та отримання фракцій.

В основі даної розробки знаходиться *32bit* мікроконтролер *ARM Cortex-M3 STM32F103C8T6*. Створення власної системи під керуванням даного мікроконтролера розширює можливості використання автоматики, надаючи користувачу інструмент із гнучким налаштуванням процесу ректифікації з урахуванням індивідуальних вимог. Контролер дає змогу отримати максимально позбавлені від домішок фракції, а також звести до мінімуму вплив людського фактора завдяки автоматичному контролю і моніторингу.

Метою автоматизації процесу ректифікації є підтримка матеріального й теплового балансів на потрібному рівні, а також отримання речовини із заданими якісними характеристиками.

**Мета роботи:** Створити контролер для ректифікаційної колони з метою підвищення продуктивності і енергоефективності ректифікаційної колони та оптимізації процесу ректифікації.

**Актуальність роботи:** В даному проєкті забезпечується можливість здійснювати переробку нафтопродуктів, очищувати біопальне та хімічні реагенти. В нинішній час в умовах всесвітньої пандемії COVID-19 завдяки даному пристрою можна отримувати антисептики, що є надзвичайно потрібним та актуальним.

Отримання максимально позбавлених від домішок фракцій та забезпечення оптимального режиму роботи пристрою можна досягти саме завдяки впровадженню системи автоматизованого управління технологічними процесами. Ці питання і розглядаються в даному проєкті.

**Об'єкт дослідження:** Автоматичний контролер для ректифікаційної колони як сучасний пристрій регулювання та керування за процесом ректифікації, який є простим в управлінні і при цьому не вимагає додаткової участі людини. Комплекс програм для контролера ректифікаційної колони, який оптимізує та полегшує керування технологічним процесом.

**Предмет дослідження:** створення контролера для ректифікаційної колони, який є нескладним в користуванні та має досить простий і зрозумілий інтерфейс.

Відповідно до мети, об'єкту та предмету дослідження було визначено такі основні завдання:

* дослідити ректифікаційну колону як сучасний об’єкт автоматизації та керування за процесом ректифікації;
* розробити конструкцію ректифікаційної колони;
* розробити програмне забезпечення для роботи автоматизованої системи керування процесом;
* створити контролер для ректифікаційної колони, який є нескладним в користуванні та має простий і зрозумілий інтерфейс.

**Результати:** Досліджено систему автоматичного регулювання та керування процесом ректифікації, а також розроблено конструкцію ректифікаційної колони. Розроблено програмне забезпечення для роботи системи керування процесом.

Створено програму: Автоматичний контролер для ректифікаційної колони зі зручним інтерфейсом, за допомогою якого можна просто і зручно контролювати процес ректифікації, зробити його повністю регульованим і оптимальним, отримавши в результаті максимально позбавлені від домішок фракції.

# РОЗДІЛ 1

# ОГЛЯД СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ РЕКТИФІКАЦІЇ. ФІЗИЧНА СУТЬ ТА ПРИНЦИПИ ПРОЦЕСУ

## **1.1. Огляд існуючих систем автоматизованого керування процесом ректифікації**

Велика кількість виробничих процесів у багатьох галузях промисловості включає в себе процес ректифікації, що використовується для поділу однорідних рідинних сумішей на різних стадіях переробки сировини. До 30% всіх енерговитрат хімічних і нафтопереробних підприємств припадає на процеси ректифікації, що становить 3% усієї споживаної енергії.

Ректифікація – це процес багаторазового випаровування і конденсації, в ході якого вихідна суміш розділяється на 2 або більше компонентів, при цьому парова фаза насичується легколетучим (низькокиплячим) компонентом, а рідка частина суміші насичується важколетучим (висококиплячим) компонентом.

Ректифікація, як метод розділення складних розчинів на майже чисті індивідуальні компоненти, базується на процесах часткового випаровування рідких сумішей різного складу та часткової або повної конденсації пари. Такі процеси багаторазово повторюються на контактних пристроях шляхом протитечійного і багаторазового контактування парової і рідкої фаз нерівноважного складу. У результаті таких багаторазово повторюваних процесів, що відбуваються в колонних апаратах – ректифікаційних колонах висхідна парова фаза по висоті колони поступово збагачується низькокиплячим компонентом і з верхньої частини колони відводиться майже чиста пара низькокиплячого компоненту (НКК). З іншого боку, рідка фаза, що стікає по колоні зверху вниз, збагачується висококиплячим компонентом (ВКК) і знизу ректифікаційної колони виводиться практично чистий ВКК [4].

Оптимальне керування ректифікаційною колоною являє собою складну інженерну задачу внаслідок значного числа регульованих параметрів та їх взаємозв’язку.

Ректифікаційні апарати в промисловості проєктують для певних значень режимних параметрів і складів вихідних речовин, при яких установки забезпечують задану якість поділу. Особливістю таких ректифікаційних процесів є їх велика енергоємність, тому системи керування повинні забезпечувати зниження енерговитрат на поділ за умови забезпечення необхідної високої якості продукції.

Процеси ректифікації проводять в апаратах колонного типу, діаметр яких досягає декількох метрів, а висота – кілька десятків метрів. Значні труднощі при управлінні виникають також через відсутність автоматичних приладів для безперервного контролю складу сировини і кінцевих продуктів.

Досить велика кількість підходів до управління даним процесом сприяє підвищенню якості керування процесами ректифікації. На сьогодні можна умовно виділити такі види систем керування ректифікаційними апаратами: комбіновані і каскадні системи, адаптивні, оптимальні системи, системи керування з використанням нейронно-мережевих технологій.

Новітні комп’ютерні технології та їх активне впровадження в управління технологічними об’єктами є зараз досить актуальним, адже автоматизація, як один із найважливіших факторів підвищення продуктивності, якості і розширення виробництва продукції, мінімізує ризик людських помилок, покращує умови праці, оптимізує процес виробництва продукції.

Харчова промисловість має досить складні технології, які потребують впровадження та розробки автоматизації різноманітних технологічних процесів відповідних підприємств. Введення сучасних технологій, механізації й автоматизації таких виробничих процесів має забезпечувати високу якість виробів, економію матеріалів та сировини.

Можливості обчислювальної техніки та її широке застосування дозволяють запрограмувати й реалізувати практично будь-який алгоритм управління, який передбачає більш високу точність регулювання процесом. Впровадження автоматизації забезпечує стабільність технологічного процесу, що є економічно вигідним показником, а також дозволяє замінити важку фізичну працю людини технічними засобами автоматизації.

## **1.2. Основні характеристики ректифікаційної колони**

Під час проектування й розробки технологічних схем устаткування та використання різних типів сировини, враховуючи потреби, необхідні для якості продукту, ефективності розроблюваної схеми, економії процесу ресурсів та відповідне одержання багатьох варіантів структур технологічних схем, створюються певні труднощі для розробників. Це завдання може бути вирішено на основі системного аналізу технологічного потоку.

Метою автоматизації ректифікації етилового спирту є підтримка матеріального й теплового балансів на потрібному рівні, а також отримання продукту із заданими якісними характеристиками.

Показником ефективності регулювання ректифікаційною колоною є склад цільового продукту. Залежно від технологічних властивостей цільовим продуктом може бути як дистилят, так і кубовий залишок.

Мета керування – підтримувати концентрацію цільового продукту на заданому рівні.

Так як затрати на ректифікацію є одними з найважливіших складових у собівартості продукції, задача автоматизації зводиться до задачі оптимального керування.

Якщо цільовим продуктом є дистилят, то для досягнення мети керування доцільно регулювати такі технологічні параметри: температуру свіжого розчину на вході в колону та температуру розчину в нижній частині колони шляхом впливу на витрату теплоносія: відповідно підігрівника та кип'ятильника; тиск у верхній частині зміною витрати холодоносія; концентрацію цільового продукту впливом на витрату флегми, а також рівень рідини в кубі та флегмовій ємкості.

Щоб успішно забезпечити роботу цих процесів, використовуються вмонтовані автоматичні системи контролю температури, температури кипіння основної фракції флегмового числа, сепарації фракцій, автопідтримки максимальної потужності колони [5,6].

Також значно полегшує роботу електронне управління, при цьому всі параметри виводяться на дисплей. Цифрові, світлові й графічні індикатори дозволяють відслідковувати технологічні процеси ректифікації в режимі реального часу.

# Висновки до розділу 1

В домашніх умовах показником ефективності регулювання ректифікаційною колоною є склад цільового продукту. Впроваджуючи сучасні інформаційні технології, можна суттєво знизити залежність цього процесу від людського фактора і підняти ефективність за рахунок точності підтримки заданих параметрів.

Щоб забезпечити стабільну та надійну роботу таких об’єктів, використовуються вмонтовані автоматизовані системи контролю температури, температури кипіння основної фракції флегмового числа, сепарації фракцій, автопідтримки максимальної потужності колони.

Це значно полегшує роботу та контролює процес і практично не потребує участі людини для підтримки оптимальних умов для отримання якісного цільового продукту.

# РОЗДІЛ 2

# РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ РЕКТИФІКАЦІЇ

## **2.1. Розробка програмного забезпечення автоматизованої системи**

В Інтернеті можна знайти багато проєктів для реалізації процесу ректифікації, проте вони мають певні недоліки. Майже всі вони промислові, а відтак досить дорогі та потребують наявності великої кількості додаткових пристроїв, що є незручним в домашніх умовах. У багатьох випадках існуючі аналоги можуть містити помилки в програмному коді, а, значить, можуть дати не очікуваний результат. Та й самі алгоритми досить громіздкі, і не завжди є оптимальними та результативними.

Тому виникла ідея створити свій проєкт для таких же цілей, але нескладний в користуванні з досить простим та зрозумілим інтерфейсом.

За основу запропонованої автоматизованої системи було обрано *32bit* мікроконтролер *ARM Cortex-M3 STM32F103C8T6*.

Даний контролер реалізує такі функції:

* автоналаштування охолодження дефлегматора Димрота та потужності термоелектричного нагрівача;
* сепарація фракцій у різні резервуари.

До складу контролера входить:

* Stm32f103 (основа проєкту);
* Arduino nano (контролер потужності ТЕН);
* датчики температури DS18b20;
* датчик тиску BME280;
* електромагнітні клапани;
* електромеханічні крани;
* інші електронні елементи.

Вдосконалено в контролері:

* кількість фракцій, що сепаруються, в проєкті збільшено з 5 до 100;
* для покращення та оптимізації процесу ректифікації збільшена кількість параметрів, завдяки яким користувач може впливати на процес.

Переваги:

* налаштовується індивідуально під кожну колону;
* сепарує за допомогою електромеханічного крану, замість електромагнітного клапана, що допомагає відбирати максимально чисті фракції;
* можливість сепарації кожного відсотка суміші з різною швидкістю.

Заплановані оновлення:

* в наступних ревізіях планується додати веб інтерфейс;
* вдосконалити користувацький інтерфейс;
* забезпечити покращення контролю ректифікації.

Система легко масштабується – може бути розрахована на різні об’єми цистерн для рідин (наприклад, від 1 л до 1000 л) та різних видів рідин – від нафтопродуктів до органічних сумішей.

Для створення програмного забезпечення автоматизованої системи було обрано мову програмування C++ [1-3].

**C++** – сучасна універсальна мова програмування високого рівня з підтримкою декількох парадигм програмування: об'єктно-орієнтованої, узагальненої та процедурної. Розроблена Б'ярном Страуструпом у 1979 році та названа «Сі з класами». Страуструп перейменував мову у C++ у 1983 р. Базується на мові Сі. Визначена стандартом ISO/IEC 14882:2003. У 1990-х роках С++ стала однією з найбільш вживаних мов програмування загального призначення.

Таким чином, робота над проєктом проводилася за двома напрямками:

* створення електронного пристрою – контролера [7], що являється основним блоком, який відповідає за автоматизацію роботи колони; створення власне ректифікаційної колони з урахуванням індивідуальних потреб;
* розробка програмного забезпечення для даного блоку керування.

Створення власної системи під керуванням мікроконтролера розширює можливості використання автоматики, надаючи користувачеві інструмент, який має гнучке налаштування процесу ректифікації сумішей, враховуючи їх особливості. Для кожної конкретної суміші визначені свої парамеири ректифікації (температура, швидкість сепарації, розділення на фракції), які контролюються і регулюються автоматикою.

Програмне забезпечення даного проєкту складається з таких модулей:

1. *Керування елементами колони*
   1. *void ControlTEH() ;*
   2. *int Selection();*
   3. *float PhlegmaCount();*
   4. *void StartFan();*
2. *Зчитування значень з сенсорів*
   1. *void DS18b20(); Зчитування даних з датчика*
   2. *void BME280(); Зчитування даних з датчика*
3. *Роботи з енерго назалежною пам’яттю*
   1. *void SaveToEEPROM(int BankSave); Збереження даних*
   2. *void LoadFromEEPROM(int BankLoad); Завантаження даних*
4. *Робота з меню*
   1. *int Encoder(); Опитуваня енкодера*
   2. *void MeinMenu ();*
   3. *void SetMenu ();*
5. *Головні функції*
   1. *void main();*

### **2.2. Функціональні характеристики проєкту**

В залежності від потреб користувача контролер дає змогу змінювати алгоритм роботи процесу ректифікації. Контролер здійснює керування температурою та сепарацією фракцій.

Алгоритм роботи блока керування визначається наявністю таких складових: ТЕН, датчики температури, механізм сепарації суміші та розділення фракцій.

Параметри даного контролера, які налаштовуються користувачем:

* потужність ТЕН;
* ємність всіх танкерів;
* молярні маси основної речовини та розчинника;
* налаштування температури;
* кипіння основної речовини;
* зовнішнє оточення;
* охолодження рідини;
* температура основної суміші;
* температура холодильника Димрота;
* температура вузлів сепарації та зв’язку з атмосферою;
* налаштування сепарації;
* швидкість;
* розподіл фракцій.

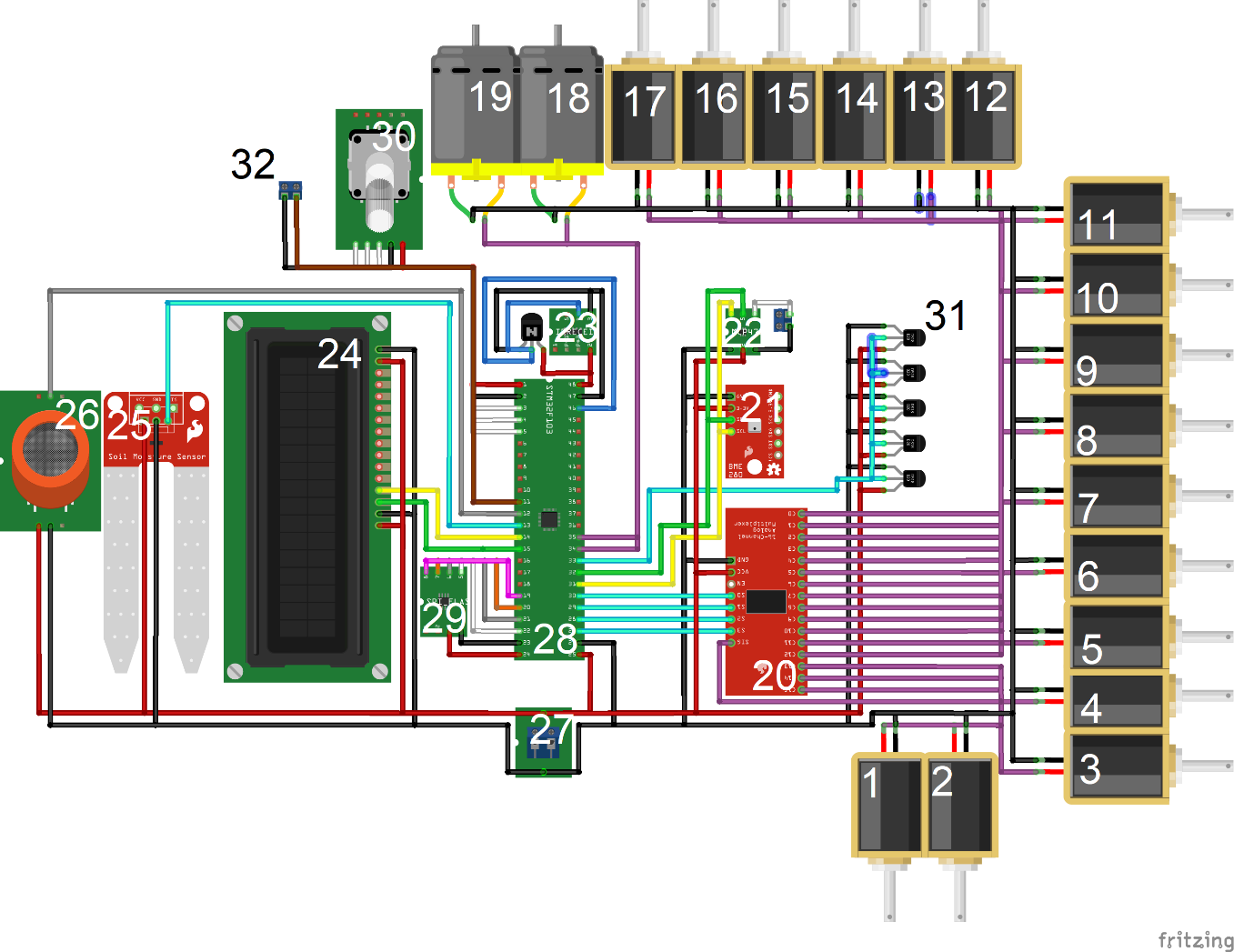


Рис. 2.1 Схема підключення елементів контролера.

На рис. 2.1 зображено схему підключення елементів контролера:

* елементи з 1 по 15 – електромагнітні клапани для розділення суміші на фракції
* елемент 16 – електромагнітний клапан для контролю потоку охолоджуючої рідини
* елемент 17 – електромагнітний клапан для контролю потоку флегми
* елемент 18 – електромеханічний кран для дозування охолоджуючої рідини
* елемент 19 – електромеханічний кран для сепарації флегми
* елемент 20 – мультиплексор CD74HC4067 для контролю електромагнітних клапанів розділення суміші
* елемент 21 – датчик тиску та температури BME280
* елемент 22 – MCP4725 плата  електронного керування потужності ТЕН з допомогою ДІМ регулятора
* елемент 23 – датчик потоку рідини
* елемент 24 – LCD екран
* елемент 25 – сенсор протікання дісоціюючих рідин
* елемент 26 – датчик MQ-3 реагує на пари спиртів та нафтопродукти
* елемент 27 – порт підключення електроенергії
* елемент 28 – плата мікроконтролера Stm32F103c8t6
* елемент 29 – Flash пам’ять W25Q128
* елемент 30 – модуль енкодера
* елемент 31 – датчики температури DS18b20
* елемент 32 – пін екстреного відключення

## **2.3. Рекомендації для користувача (інтерфейс)**

Дисплей електронного пристрою дозволяє відслідковувати і коригувати роботу агрегату в режимі реального часу. Він відображає наступну інформацію:

* потужність ТЕН-у;
* температура основної суміші;
* температура холодильника Димрота;
* температура вузлів сепарації та зв’язку з атмосферою;
* швидкість сепарації;
* розподіл фракцій (у який танкер).

В режимі реального часу на екрані дисплея користувач бачить поточні значення температури основної суміші, вузлів сепарації, холодильника Димрота та інші показники технологічного процесу, які повинні підтримуватися під час роботи.

Автоматизація охоплює практично всі етапи роботи ректифікаційної колони. Але не варто забувати про недоліки. Одним з недоліків є неправильне налаштування системи, через яку можна порушити весь процес. Тому до автоматизації потрібно підходити дуже зважено та відповідально.

**Мануал для користувача**

При увімкненні контролера на головному екрані користувачеві запропоновано обрати режим роботи: ректифікація чи дистиляція; далі обирається комірка пам’яті налаштувань. По завершенні роботи контролер повернется на початковий екран.

Для налаштування контролера потрібно натиснути й утримувати кнопку енкодера декілька секунд. Можна обрати одне з підменю:

* 1. Ректифікація
     1. Температура
        1. Розміщення датчиків
        2. Значення температури
     2. Сепарація
        1. Швидкість розділення
        2. Резервуари
           1. Ємності танкерів
           2. Розподіл фракцій
     3. Додаткові
        1. Потужність ТЕН
        2. Склад суміші
           1. Молярні маси компонентів
           2. Відсотковий склад суміші
     4. Збереження даних у певну комірку
  2. Дисциляція
     1. Температура
        + 1. Розподіл фракцій
     2. Додаткові
        1. Потужність ТЕН
        2. Склад суміші
           1. Молярні маси компонентів
           2. Відсотковий склад суміші
     3. Збереження даних у певну комірку

Потім необхідно відкалібрувати потрібний параметр.

## **2.4. Аналіз отриманих результатів**

За допомогою даного проєкту можна створити власну програмовану ректифікаційну колону, яка має зручний інтерфейс, вдосконалену модель в порівнянні з уже існуючими моделями.

Пропонується автоматизована система контролю технологічного процесу ректифікації, що включає в себе все необхідне програмне забезпечення та здійснює повний контроль за процесом отримання кінцевого продукту у вигляді максимально позбавлених від домішок фракцій. Система призначена для автоматизованого контролю параметрів і управління процесом в ректифікаційній колоні. В даній системі забезпечується висока точність підтримки заданих користувачем режимів роботи за допомогою впливу на виконавчі складові та обладнання основних технологічних систем і процесів:

* система обігріву суміші;
* система контролю екстрених ситуацій (якщо рідини вийдуть за межі системи, то спрацює датчик рідини або парів);
* система сепарації рідини на фракції;
* система контролю температури та тиску;
* система коригування даних ректифікації.

Комплексна система управління та контролю повністю автоматизована, в її основу покладені правильні налаштування та характеристики з урахуванням специфіки конкретних сумішей, що є запорукою надійності й максимально високих результатів.

## **Висновки до розділу 2**

Проєкти для створення контролера для ректифікаційної колони, що існують на сьогоднішній день, мають певні недоліки. Вони досить вартісні та потребують у своєму складі наявності великої кількості додаткових пристроїв, що є незручним в домашніх умовах. Також багато з них містять помилки в програмному коді, а самі алгоритми досить громіздкі, і не завжди є оптимальними та результативними.

Враховуючи вище сказане, виникла ідея створити власний проєкт міні-сепаруючої станції, яка є нескладною в користуванні з досить простим та зрозумілим інтерфейсом.

Робота над проєктом проводилася за двома напрямками:

- створення електронного пристрою – контролера, що являється основним блоком, який відповідає за автоматизацію роботи ректифікаційної колони; забезпечує налаштування параметрів технологічного процесу з урахуванням індивідуальних потреб;

- розробка програмного забезпечення для даного блоку керування; контролер дає змогу отримати максимально позбавлені від домішок фракції, а також зменшити вплив людського фактору до мінімуму.

В основі даної автоматизованої системи знаходиться *32bit* мікроконтролер *ARM Cortex-M3 STM32F103C8T6*.

Його основна перевага – підтримка точної роботи в різних режимах. Система легко масштабується – може бути розрахована на різні об’єми та види продукції.

Для створення програмного забезпечення автоматизованої системи було обрано мову програмування C++.

Дисплей електронного пристрою дозволяє відслідковувати і коригувати роботу агрегату в режимі реального часу.

Запропонована автоматизована система контролю технологічного процесу в ректифікаційній колоні включає в себе все необхідне програмне забезпечення та здійснює повний контроль за процесом перегонки і отримання максимально позбавлених домішок фракцій. Система призначена для автоматизованого контролю параметрів і управління процесами ректифікації.

# ВИСНОВКИ

У сучасній структурі економіки хімічна галузь є однією з провідних. В теперішній час перегонка й ректифікація широко використовуються в хімічних технологіях та застосовуються для одержання різноманітних продуктів у чистому вигляді.

В даному проєкті забезпечується можливість здійснювати переробку нафтопродуктів, очищувати біопальне та хімічні реагенти. В нинішній час в умовах всесвітньої пандемії COVID-19 завдяки даному пристрою можна отримувати антисептики, що є надзвичайно потрібним та актуальним.

Досліджено систему автоматичного регулювання та керування процесом ректифікації, а також розроблено конструкцію ректифікаційної колони. Розроблено програмне забезпечення для роботи системи керування процесом.

Створено програму: Автоматичний контролер для ректифікаційної колони зі зручним інтерфейсом, за допомогою якого можна просто і зручно контролювати процес ректифікації, зробити його повністю регульованим і оптимальним, отримавши в результаті максимально позбавлені від домішок фракції.

При дотриманні інструкції, правильному проєктуванні та експлуатації використання ректифікаційної колони гарантує високий результат. Контролер має досить нескладне меню, на відміну від промислових контролерів. Даний проєкт має просте управління, нескладну зрозумілу інструкцію, за якою легко налаштовувати контролер. При створенні пристрою ставилось за мету зробити процес ректифікації сумішей простим і корисним заняттям. З цією метою і було створено власний програмований контролер, який має зручний інтерфейс, вдосконалену модель в порівнянні з уже існуючими моделями.

Електронне управління значно полегшує роботу користувачу, а всі параметри виводяться на дисплей. Цифрові, світлові й графічні індикатори дозволяють відслідковувати процеси, що відбуваються, в режимі реального часу.

Проєкт досить простий в користуванні, цікавий і зрозумілий. Він може бути корисний кожному, хто хоче створити хорошу власну станцію переробки відходів та очищення сировини, мати гарантовано високий результат та отримувати хімічно чисту і якісну продукцію.

# СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Эллис М., Строуструп Б. Справочное руководство по языку C++ с комментариями / пер. с англ. Москва: Мир, 1992. 445 с.
2. Стенли Б. Липпман. C++ для начинающих / пер. с англ. Москва: Унитех;
3. Шилдт Г. Самоучитель C++ / пер. с англ. Санкт-Петербург: BHV-Санкт-Петербург, 1998. 620 с.
4. Логінов О.В. Процеси та апарати хімічних і харчових виробництв / О.В. Логінов, Н.М. Подгорнова, І.М. Болгова ; Воронеж. держ. технолог. акад. Воронеж, 2003. - 264 с..
5. Коган В. Б. Рівновага між рідиною та парою / Коган В. Б., Фридман В. М., Кафаров В. В.; Кн. 1—2. М.—Л., Наука, 1966. 640 - 786 с.
6. Ректифікаційні та абсорбційні апарати / [упоряд. Александров И.А*.*]. – М., Хімія, 1978 – ч. 3. – 280 с.
7. Мир микроконтроллеров. URL: <https://microkontroller.ru/programmirovanie-mikrokontrollerov-avr/> (дата звернення: 10.11.2019)

# ДОДАТКИ

Додаток А

Код програми (фрагмент):

#include <OneWire.h>  
#include <DS1307new.h>  
#include <GyverEncoder.h>  
#include <Wire.h>  
#include <SPI.h>  
#include <Adafruit\_Sensor.h>  
#include <Adafruit\_BME280.h>  
#include <Servo.h>  
#include <EEPROM.h>  
#include <FastIO.h>  
#include <I2CIO.h>  
#include <LCD.h>  
#include <LiquidCrystal.h>  
#include <LiquidCrystal\_SR.h>  
#include <LiquidCrystal\_I2C.h>  
#include <LiquidCrystal\_SR2W.h>  
#include <LiquidCrystal\_SR3W.h>  
#define EEPROM\_ADDR 0x50  
#include <PID\_v1.h>  
#include <ArduinoJson.h>  
#include <MQTT.h>  
#include <ESP8266WiFi.h>  
#include <Adafruit\_ESP8266.h>  
#include <PubSubClient.h>  
#include <Adafruit\_ESP8266.h>  
#include <stdlib.h>  
#include <Time.h>  
#include <TimeLib.h>  
#include <sunMoon.h>  
#include <Wire.h>  
  
// You should get Auth Token in the Blynk App.  
// Go to the Project Settings (nut icon).  
  
#define ssid  "Kyivstar\_Alpha"  // Имя вайфай точки доступа  
#define pass  "R667fksX55fr" // Пароль от точки доступа  
  
#define mqtt\_server "[soldier.cloudmqtt.com](http://soldier.cloudmqtt.com/)" // Имя сервера MQTT  
#define  mqtt\_port 12984 // Порт для подключения к серверу MQTT  
#define mqtt\_user "vvhzufvr" // Логи от сервер  
#define mqtt\_pass "yKN0yiP31mkt" // Пароль от сервера  
#define mqtt\_id "HotHouse" // Пароль от сервера  
  
#define host "[api.openweathermap.org](http://api.openweathermap.org/)"  
#define wapi  "GET /data/2.5/weather?q=Kyiv,ua&appid=c557d50e325f16c912651e1054527de7 HTTP/1.1"  
#define httpPort  80  
  
#define OUR\_latitude    55.751244     // координаты Киева  
#define OUR\_longtitude  37.618423  
#define OUR\_timezone    120                     // localtime with UTC difference in minutes  
sunMoon  sm;  
  
#define SDA\_PIN 4  
#define SCL\_PIN 5  
  
String line;  
int NumBankSave = 0;  
int IfBankSave  = 0;  
  
Servo rservo;  
Servo lservo;  
  
LiquidCrystal\_I2C lcd(0x27,3, POSITIVE);  //LiquidCrystal lcd(11, 10, 9, 8, 7, 6);   инициализация входов на дисплей 20\*4  
  
WiFiClient wclient; // Use WiFi\_funkClient class to create TCP connections  
PubSubClient client(wclient, mqtt\_server, mqtt\_port);  
  
Adafruit\_BME280 bme;  
  
// Must declare output stream before Adafruit\_ESP8266 constructor; can be  
// a SoftwareSerial stream, or Serial/Serial1/etc. for UART.  
Encoder Enc(15, 13, 12, TYPE2);                     // CLK, DT, SW, тип (TYPE1 / TYPE2): TYPE1 одношаговый, TYPE2 двухшаговый.

switch (MainMenu) {  
    case 0:      // главное меню "0"  
      switch (SubMenu) {  
      case 0:  m = 0; break;  // вывод на экран главного меню "0" подменю "0"  
      case 1:  m = 1; break;  // вывод на экран главного меню "0" подменю "1"  
      }  
      break;  
    case 1:      // главное меню "1"  
      switch (SubMenu) {  
      case 0:  m = 10; break;  // вывод на экран главного меню "1" подменю "0"  
      case 1:  m = 11; break;  // вывод на экран главного меню "1" подменю "1"  
      case 2:  m = 12; break;  // вывод на экран главного меню "1" подменю "2"  
      case 3:  m = 13; break;  // вывод на экран главного меню "1" подменю "3"  
      case 4:  m = 14; break;  // вывод на экран главного меню "1" подменю "4"  
      case 5:  m = 15; break;  // вывод на экран главного меню "1" подменю "5  
      case 6:  m = 16; break;  // вывод на экран главного меню "1" подменю "5"  
      }  
      break;  
    case 2:      // главное меню "2"  
      switch (SubMenu) {  
      case 0:  m = 20; break;  // вывод на экран главного меню "2" подменю "0"  
      case 1:  m = 21; break; // вывод на экран главного меню "2" подменю "1"  
      }  
      break;  
    case 3:      // главное меню "3"  
      switch (SubMenu) {  
      case 0:  m = 30; break;  // вывод на экран главного меню "3" подменю "0"  
      case 1:  m = 31; break;  // вывод на экран главного меню "3" подменю "1"  
      }  
      break;  
    case 4:  
      switch (SubMenu) {  
      case 0:  m = 40; break;  // вывод на экран главного меню "4" подменю "0"  
      case 1:  m = 41; break;  // вывод на экран главного меню "4" подменю "1"  
      case 2:  m = 42; break;  // вывод на экран главного меню "4" подменю "2"  
      case 3:  m = 43; break;  // вывод на экран главного меню "4" подменю "3"  
      case 4:  m = 44; break;  // вывод на экран главного меню "4" подменю "4"  
      case 5:  m = 45; break;  // вывод на экран главного меню "4" подменю "5"  
      case 6:  m = 46; break;  // вывод на экран главного меню "4" подменю "6"  
      }  
      break;  
    case 5:  
      switch (SubMenu) {  
      case 0:  m = 50; break;  // вывод на экран главного меню "5" подменю "0"  
      case 1:  m = 51; break;  // вывод на экран главного меню "5" подменю "1"  
      case 2:  m = 52; break;  // вывод на экран главного меню "5" подменю "2"  
      case 3:  m = 53; break;  // вывод на экран главного меню "5" подменю "3"  
      case 4:  m = 54; break;  // вывод на экран главного меню "5" подменю "4"  
      case 5:  m = 55; break;  // вывод на экран главного меню "5" подменю "5"  
      case 6:  m = 56; break;  // вывод на экран главного меню "5" подменю "6"  
      }  
      break;  
    case 6:  
      switch (SubMenu) {  
      case 0:  m = 60; break;  // вывод на экран главного меню "6" подменю "0"  
      case 1:  m = 61; break;  // вывод на экран главного меню "6" подменю "1"  
      case 2:  m = 62; break;  // вывод на экран главного меню "6" подменю "2"  
      case 3:  m = 63; break;  // вывод на экран главного меню "6" подменю "3"  
      }  
    }  
  
  switch (m) {  
  case 0: {  /\*BME280Read();\*/ StartFan();StartHot();StartLite();StartHum(); TimerCalculatePrint();WiFi\_funk();  
             lcd.clear();lcd.setCursor(0, 0);  lcd.print("T="); lcd.print(Tnow); lcd.print("\3 (");lcd.print(Temp);    lcd.print("\3)");   
             lcd.setCursor(0, 1);  lcd.print("H="); lcd.print(hum);  lcd.print("%("); lcd.print(Humiditi); lcd.print("%)");  
             lcd.setCursor(0, 2);if( voltage >= 13.5 ){lcd.print("220V - ON"); }else{ lcd.print("Bat="); lcd.print(voltage);}  
             lcd.setCursor(0, 3);  
             if (RTC.hour < 10) lcd.print(0); lcd.print(RTC.hour); lcd.print(":"); if (RTC.minute < 10) lcd.print(0); lcd.print(RTC.minute); lcd.print(":"); if (RTC.second < 10) lcd.print(0); lcd.print(RTC.second);                                                             FlagMenu = 0;   break; }  
  case 10: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(F("    Setting     ")); lcd.setCursor(0, 2); lcd.print(F("   incubation   ")); lcd.setCursor(15, 1);           lcd.print("\1                ");                                                               delay(100);FlagMenu = 0;   break; }  
  case 11: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("Temperature inc ")); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(F("t =             ")); lcd.print(Temp);                lcd.print("\3                ");             PrintMenuWrite(FlagMenu);                         delay(100);                break; }  
  case 12: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("    Delta T     ")); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(F("\4t =           ")); lcd.print(deltaT);              lcd.print("\3                ");             PrintMenuWrite(FlagMenu);                         delay(100);                break; }  
  case 13: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("   Humiditi     ")); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(F("H =             ")); lcd.print(Humiditi);            lcd.print("%                 ");             PrintMenuWrite(FlagMenu);                         delay(100);                break; }  
  case 14: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("    Delta H     ")); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(F("\4h =           ")); lcd.print(deltaHumiditi);       lcd.print("%                 ");             PrintMenuWrite(FlagMenu);                         delay(100);                break; }  
  case 15: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("  Type HotHouse ")); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(F("Type = ")); TypeHousePrint();          lcd.print("                  ");             PrintMenuWrite(FlagMenu);                         delay(100);                break; }  
  case 20: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(F("  Save setting  ")); lcd.setCursor(0, 2); lcd.print(F("   to  EEPROM   ")); lcd.setCursor(15, 1);           lcd.print("\1                ");                                                               delay(100); FlagMenu = 0;  break; }  
  case 21: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("Save setting to ")); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(F("bank ")); lcd.print(bank); if (FlagMenu == 0) {      lcd.print(" press set"); delay(100); } else { SaveToEEPROM(bank);   lcd.print(" saving...");   delay(100); }              break; }  
  case 30: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(F("  Load setting  ")); lcd.setCursor(0, 2); lcd.print(F("  from  EEPROM  ")); lcd.setCursor(15, 1);           lcd.print("\1                ");                                                               delay(100); FlagMenu = 0;  break; }  
  case 31: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("  Load setting  ")); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(F("bank ")); lcd.print(bank); if (FlagMenu == 0) {      lcd.print(" press set"); delay(100); } else { LoadFromEEPROM(bank); lcd.print(" loading..");   delay(100); }              break; }  
  case 40: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(F("      Time      ")); lcd.setCursor(0, 2); lcd.print(F("     setting    ")); lcd.setCursor(15, 1);           lcd.print("\1                ");                                                               delay(100); FlagMenu = 0;  break; }  
  case 41: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("  setup  year   ")); lcd.setCursor(5, 1); lcd.print(Setyear);                                                                                           PrintMenuWrite(FlagMenu);                          delay(100);                break; }  
  case 42: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("  setup  month  ")); lcd.setCursor(6, 1); lcd.print(Setmonth);                                                                                          PrintMenuWrite(FlagMenu);                          delay(100);                break; }  
  case 43: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("   setup  day   ")); lcd.setCursor(6, 1); lcd.print(Setday);                                                                                            PrintMenuWrite(FlagMenu);                          delay(100);                break; }  
  case 44: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("  setup  hour   ")); lcd.setCursor(6, 1); lcd.print(Sethour);                                                                                           PrintMenuWrite(FlagMenu);                          delay(100);                break; }  
  case 45: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("  setup minute  ")); lcd.setCursor(6, 1); lcd.print(Setminute);                                                                                         PrintMenuWrite(FlagMenu);                          delay(100);                break; }  
  case 46: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("  setup second  ")); lcd.setCursor(6, 1); lcd.print(Setsecond);                                                                                         PrintMenuWrite(FlagMenu);                          delay(100);                break; }  
  case 50: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(F("    Exstra      ")); lcd.setCursor(0, 2); lcd.print("     Setting      ");  lcd.setCursor(15, 1);           lcd.print("\1                ");                                                               delay(100); FlagMenu = 0;  break; }  
  case 51: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("      K p       ")); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(F("P = "));             lcd.print(consKp);                                                          PrintMenuWrite(FlagMenu);                          delay(100);                break; }  
  case 52: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("      K i       ")); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(F("I = "));             lcd.print(consKi);                                                          PrintMenuWrite(FlagMenu);                          delay(100);                break; }  
  case 53: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("      K d       ")); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(F("D = "));             lcd.print(consKd);                                                          PrintMenuWrite(FlagMenu);                          delay(100);                break; }  
  case 54: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("   Cooling T    ")); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(F("t = "));             lcd.print(maxTempFanStart);     lcd.print("\3                ");            PrintMenuWrite(FlagMenu);                          delay(100);                break; }  
  case 55: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("CO2 faning time ")); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(F("time = "));          lcd.print(TimeFanWork);         lcd.print(" sec.             ");            PrintMenuWrite(FlagMenu);                          delay(100);                break; }  
  case 56: {  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("CO2 fan interval")); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(F("time = "));          lcd.print(TimeIntervalFanWork); lcd.print(" min.             ");            PrintMenuWrite(FlagMenu);                          delay(100);                break; }  
  }  
 }