

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____Леонт'єв П.В.

_____2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

на тему: «Автоматизація установки по виробництву біопалива потужністю 6 мЗ/год»

(Дипломний проєкт)

Керівник проєкту:

Кулінченко Г.В.

Посада, науковий ступінь:

Доцент, кандидат технічних наук

Дипломник:

студент групи СУ-81/3-9

Мандриченко В.Є.

Ном. .поз.	Фор мат	Позначення	Найменування	Кіль кість аркушів	№ екз.	При мітки
			<u>Документація</u> <u>загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1			Завдання кафедри	1		
			<u>Новорозроблена</u>			
2		ТЗ	Технічне завдання	2		
3			Реферат	1		
4	A4	СУ-81/3-9 6.151.04 ПЗ	Пояснювальна записка	48		
			<u>Документація</u> <u>конструкторська</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
5	A1	СУ-81/3-9 6.151.04 А	Функціональна схема автоматизації	1		

					СУ-81/3-9 6.151.04.ДП		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Мандриченко				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Кулінченко Г.В						
Реценз.						2	48
Н. Контр.					СумДУ, СУ-81/3-9		
Затверд.	Леонтьєв П.В						
					Автоматизація установки по виробництву біопалива потужністю 6 мЗ/год.		

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____ Леонт'єв П.В.

_____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Мандриченку Віталію Євгеновичу

1. Тема проєкту: Автоматизація установки по виробництву біопалива потужністю 6 мЗ/год. Затверджено наказом ректора університету. №0360-VI від "17" травня 2022р.
2. Термін здавання студентом закінченого проєкту "31" травня 2022 р.
3. Вихідні дані до проєкту: звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті, технічна документація, електронні ресурси, тощо.
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз актуальності та технології виробництва предметної області, система керування біогазовим комплексом, вибір засобів автоматизації, розробка SCADA.
5. Перелік графічних матеріалів: 31 рисунків, 16 таблиць, 1 додатків.
6. Календарний план проєктування

Номер етапу	Зміст етапу проєктування	Термін виконання
1	Формування технічних вимог. Аналіз існуючого рівня технологій виробництва біогазу. Конструктивно-технологічний аналіз об'єкта.	14.04.2022 – 17.04.2022
2	Функціональні завдання керування.	18.04.2022 – 25.04.2022
3	Розробка функціональної схеми автоматизації.	26.04.2022 – 05.05.2022
4	Вибір обладнання.	06.05.2022 – 16.05.2022
5	Розробка НМІ (інтерфейсу користувача).	17.05.2022 – 22.05.2022
6	Оформлення дипломного проєкту та супровідної документації.	23.05.2022 – 31.05.2022

7. Дата видачі завдання "... " ... 2021р.

Керівник проєкту:
Посада, науковий ступінь:

Кулінченко Г.В.
Доцент, кандидат технічних наук

До виконання прийняв:

студент групи СУ-81/3-9

Мандриченко В.Є.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування автоматизації установки по виробництву біопалива
потужністю 6 м3/год.

Розробник:

студент групи СУ-81/3-9

Мандриченко В.Є.

Погоджено:

Посада, науковий ступінь:

Кулінченко Г.В.

Доцент, кандидат технічних наук

1. Назва і галузь застосування: Автоматизація процесу виробництва біопалива. Виробництво біопалива.

2. Підстави для проектування: Наказ ректора університету. №0360-VI від “17” травня 2022р.;

3. Мета і призначення проекту: Підвищення продуктивності та покращення параметрів біогазу.

4. Джерела розроблення: Ratushnyak G.S. Energozberezhennya s systemax biokonversii, 2006. Serbin V.A.; Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії; Ecodevelop.ua.

5. Режим роботи об'єкта: Цілодобове виробництво, з перервами на профілактичні та технічні роботи з інтервалом 25 днів.

6. Умови експлуатації СК: Агресивні умови, вибухонебезпека та віддалене розташування від населених пунктів .

7. Технічні вимоги: Автоматизація повинна забезпечити:

- контроль густини з похибкою $\pm 0,5\%$;
- контроль температури в камері змішування та реакторі з похибкою $\pm 1\text{ C}^0$;
- контроль заповненості реактора з похибкою $\pm 1\%$;
- контроль концентрації метану в біогазі з похибкою $\pm 1\%$;
- контроль тиску в газгольдері та резервуарі для зберігання газу з похибкою $\pm 1\%$;
- Забезпечити функціонування факелу в разі виникнення катастрофічного тиску в камері зберігання;

Обов'язковим є забезпечення ритмічного відбіру газу для уникнення аварійних ситуацій. Забезпечити функціонування факелу в разі виникнення катастрофічного тиску в камері зберігання.

8. Стадії та етапи проектування:

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Формування технічних вимог. Аналіз існуючого рівня технологій	14.04.2022 – 17.04.2022

	виробництва біогазу. Конструктивно-технологічний аналіз об'єкта.	
2	Функціональні завдання керування.	18.04.2022 - 25.04.2022
3	Розробка функціональної схеми автоматизації.	26.04.2022 - 05.05.2022
4	Вибір датчиків та виконавчих механізмів. Обґрунтування вибору ПЛК.	06.05.2022 - 16.05.2022
5	Розробка НМІ (інтерфейсу користувача).	17.05.2022 - 22.05.2022
6	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації.	23.05.2022 - 31.05.2022

9. Додатки: Додаток А - Функціональна схема автоматизації.

РЕФЕРАТ

Мандриченко Віталій Євгенович. Автоматизація установки по виробництву біопалива потужністю 6 м3/год. Дипломний проєкт. Сумський державний університет. Суми, 2022 р.

Дипломний проєкт містить 48 аркушів пояснювальної записки, 31 рисунок, 16 таблиць, 1 додаток. При виконанні дипломного проєкту було використано 13 літературних джерел.

Даний дипломний проєкт спрямований на створення і опис автоматизованого керування установки по виробництву біопалива потужністю 6 м3/год. Розроблене технічне завдання. В ході проєкту була розроблена система автоматизованого керування біогазового комплексу, яка призначена для добутку біогазу з відходів.

Ключові слова: система керування, тиск, концентрація, біогаз, температура, сировина.

ABSTRACT

Mandrychenko Vitalii. Automation of biofuel production plant with a productivity of 6 m3/h. Diploma project. Sumy State University. Sumy, 2022.

Diploma project contains 48 sheets of explanatory note, 31 figures, 16 tables, 1 appendix. In carrying out the diploma project was used 13 literary sources.

The diploma project is aimed at creating and describing an automated control of a biofuel production plant with a productivity of 6 m3 / h. The terms of reference was developed. In the course of the project, an automated control system for biogas complex, which is designed to produce biogas from waste, has been developed.

Keywords: control system, pressure, concentration, biogas, temperature, raw material..

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проєкту

Автоматизація установки по виробництву біопалива потужністю 6 мЗ/год

Керівник проєкту:

Посада, науковий ступінь:

Кулінченко Г.В.

Доцент, кандидат технічних наук

Виконав:

студент групи СУ-81

Мандриченко В.Є.

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	Error! Bookmark not defined.
ВСТУП.....	Error! Bookmark not defined.
РОЗДІЛ 1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ	7
1.1 Аналіз технічного завдання.	7
1.2 Актуальність виробництва біопалива.....	Error! Bookmark not defined.
1.3 Опис структури біогазового комплексу	8
1.4 Технологічний процес з схемою ІМП	9
РОЗДІЛ 2 ФУНКЦІОНАЛЬНІ ЗАДАЧІ КЕРУВАННЯ.	Error! Bookmark not defined.
2.1 Опис функцій об'єкту керування.....	Error! Bookmark not defined.2
2.2 Завдання керування.....	Error! Bookmark not defined.2
2.2.1 Контур керування температурою	Error! Bookmark not defined.2
2.2.2 Контур керування густиною.....	Error! Bookmark not defined.4
2.2.3 Контур керування концентрацією метану в біогазі.....	Error! Bookmark not defined.5
2.2.4 Контур керування заповненістю реактора.....	Error! Bookmark not defined.6
2.2.5 Контур керування тиском.....	Error! Bookmark not defined.7
2.2.6 Контур керування двигунами	Error! Bookmark not defined.8
2.3 Висновки.....	Error! Bookmark not defined.8
РОЗДІЛ 3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ	Error! Bookmark not defined.1
3.1 Вибір давачів	Error! Bookmark not defined.1
3.2 Вибір виконавчих механізмів	27
3.3 Підбір ПЛК та ПК	30

					СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ			
					РОЗДІЛ 4 SCADA система біогазового комплексу.....	36		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Автоматизація установки по виробництву біопалива потужністю 6 м3/год Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Мандриченко					2	48	
Перевір.	Кулінченко Г.В.							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.	Леонтьєв П.В.				СумДУ, СУ-81/3-9			

4.1 Структура АСУ ТП	36
4.2 Вибір програмного забезпечення (ПЗ)	Error! Bookmark not defined.
4.3 Канали SCADA системи.	39
ВИСНОВКИ.....	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	46
ДОДАТОК А.....	48

					СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

СУ – система управління;

ПДУ – поплавковий давач рівня;

САУ – система автоматичного управління;

МК – мікроконтролер;

Д – давач;

ВМ – виконавчий механізм;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПЛК – програмований логічний контролер;

СА – схема автоматизації;

КК – контур керування;

					СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Столітній видобуток вугілля на Донбасі поступово призвів до вичерпання найзручніших для добутку його покладів. Наслідком цього стало значне зростання собівартості вугілля на працюючих шахтах, оскільки їх глибина зростала, а умови добутку вугілля ускладнювалися. До того ж приватизація вугільних підприємств в Україні призвела до того, що збиткові шахти сконцентрувалися у власності держави.

Населення та підприємства теплокомуненерго (ТКЕ) споживають близько 15-16 млрд куб.м природного газу. За даними Асоціації постачальників енергоресурсів, населення України споживає 8 млрд. куб. м природного газу на рік, підприємства теплокомуненерго (ТКЕ) - ще 7-8 млрд куб м.«У зимові місяці ці дві категорії разом споживають близько 80-90 млн. куб. м на добу», - розповів Артем Компан, голова правління Асоціації. Ще близько 8 млрд. куб. цього палива споживають промислові підприємства [8].

Тому за рахунок внутрішньоукраїнського видобутку неможливо покрити всю потребу країни у газі. В Асоціації постачальників енергоресурсів повідомили, що найбільша газовидобувна компанія України — планує видобути цього року 13,2 млрд. куб. м, це в середньому до 37 млн. куб. м щодобово. «Загалом увесь видобуток дає країні 55 млн куб. м газу на добу. А споживає країна в зимові місяці 130-140 млн. куб. м на добу», - пояснює Компан.

Тобто дисбаланс у попиті та пропозиції газу зараз можна покривати за рахунок біогазу.

Виходячи з мого аналізу, я зрозумів, що біогаз можна використовувати в 3 напрямках, а саме:

1. Найпопулярніший і найвигідніший, це отримання електроенергії за допомогою спалювання біогазу когенераторах. Вартість капітальних витрат на 1 кВт електроенергії, виробленого біогазовою установкою для об'єктів малої потужності, дуже велика. Найчастіше це економічно невигідно. З досвіду фахівців компанії Екодевелоп, тільки комплекси з електричною потужністю 1-1,5 МВт мають прийнятний термін окупності на рівні 4-5 років.

2. Для опалення населення в якому стоїть наша установка (наприклад колгосп), знову ж таки не зовсім вигідно для населення бо біогазу піде на 1.5 рази більше через менший відсоток метану в біогазу ніж у природному газі. без очищення біогаз містить той чи інший відсоток сірководню (може досягати 1000 ppm), тоді як навіть спроектовані пальники розраховані максимум на 200 ppm. Високий вміст сірководню в біогазі призведе до виходу з ладу такого

					СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пальника значно швидше, ніж термін служби. Тому очищати цей біогаз доведеться нам, а в решті-решт для кого? У місті установку не збудуєш, а в селі нема для кого, виходить це робити не доцільно. До речі, в Україні лише 6 таких установок, решта використовують боігаз для виробництва електроенергії.

3. Заправляти автомобіль біогазом. Можна, але не потрібно. Для того щоб автомобіль заправити біогазом його спочатку потрібно очистити від сірки, води, вуглекислого газу робиться це тому, що в автомобільний балон газ накачують до 200 атмосфер, а при такому тиску вуглекислий газ стане твердим.

					СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ

1.1 Аналіз технічного завдання.

Розробка автоматизації виробництва біогазового комплексу повинна бути налаштована під певний тип сировини. Також треба враховувати об'єми та методи виробництва, своєчасність постачання сировини.

При розробці автоматизації виробництва немалу роль відіграє забезпечення допустимих теплових режимів для його правильного функціонування.

Для забезпечення стабільного функціонування комплексу необхідно врахувати характеристики давачів, виконавчих механізмів та здійснити розподіл навантаження на мікроконтролери.

Важливим є створення SCADA-системи, для досягнення ефективного керування комплексом.

1.2 Актуальність виробництва біопалива.

Зменшення використання невідновлюваних джерел енергії таких, як вугілля, природний газ та нафта, а також забруднення екології, та економія витрат на придбання сировини в інших країнах є надзвичайно актуальним питанням. Негативний розвиток звичайної для нас енергетики обумовлені двома явищами – надзвичайно швидким виснаженням природних ресурсів. За даними ООН, виснаження залежнів вугілля вважається в 2082-2500 рр.

Криза екологічних проблем, ослаблення запасів невідновлюваних енергоресурсів підвищення цін на них зумовили міждержавну зацікавленість до розробки і користування технології біоконверсії органічних відходів для отримання енергії.

Згідно з науково-технічними прогнозами на перспективу перетворення біомаси є найбільш поширеним енергетичним ресурсом поміж поновлюваних джерел енергії надзвичай важлива утилізація біомаси в сільському господарстві де на різні технологічні запити витрачається велика чисельність палива і безперестанку зростає необхідність у високоякісних добривах.

Біогазові технології переробки органічних відходів дозволяють одночасно вирішити чотири проблеми: екологічну – знищення відходів виробництва, енергетичну – отримання біопалива, агрохімічну – отримання екологічних добрив і продуктів, підвищення родючості ґрунтів та соціальну – покращення умов праці і побуту населення.

Для виробництва біогазу підходять такі органічні відходи: гній, послід тварин, рештки рослин, побутові відходи. При переробці виникають певні хімічні процеси, внаслідок яких з

					СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відходів отримують не тільки біогаз, а й екологічні добрива, які так необхідні для вирощення сільськогосподарських культур.

Біогаз – це метан та вуглекислий газ, що утворюється в процесі зброджування в реакторах (метантеках), побудованих та керованих так, щоб виділення метану було максимальним.

Відходи, що утворюються в процесі виробництва біогазу, містять велику кількість поживних речовин і використовуються як добриво. Склад залишку після переробки методом анаеробного збродження залежить від початкового хімічного складу сировини. Майже завжди розкладається близько 70% органічних речовин, а 30% є добривом.

1.3 Опис структури біогазового комплексу

Біогазовий комплекс – це складний інженерний об'єкт, де багато модулів об'єднані в одну систему. Нижче наведений перелік обладнання та підсистем, які входять до складу біогазової станції:

1. Модуль підготовки сировини.
2. Реактор.
3. Система підігріву субстрату (підтримка температурного режиму).
4. Система масообміну в ферментаторі (механічне перемішування, гідравлічне).
5. Газгольдер .
6. Система очищення біогазу.
7. Резервуари для зберігання газу.
8. Станція зрідження та видачі газу.

Модуль підготовки сировини являє собою резервуар в якій, подаються відходи механічним шляхом, а саме з спеціальних автомобілів. Слугує для забезпечення потрібної вологості та температури сировини та для закачування сировини в реактор. Керувати в цьому модулі потрібно густиною та температурою субстрату в заданих межах, незалежно від температури навколо комплексу, перекачка в реактор має бути певними порціями із збереженням герметичності та тиску реактора. Закачування може бути виконано двома способами: закачування суміші під силою тяжіння, або фекальним насосом. Використовувати перший спосіб простіше та значно дешевше але ємність потрібно будувати вище реактора. Об'єм цього модуля зазвичай дорівнює 5 - 10% обсягу реактора.

Реактор – герметичний термос. Реактори великих біогазових комплексів роблять з бетону, який потім різноманітними способами утеплюють. Вадами цієї конструкції вважають неможливість перемістити або розібрати без втрат, а також побудова займає багато часу. Маленькі реактори виготовляють з металу, часто використовуються бочки або цистерни. Мінус

					СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

таких реакторів – це вага, ціна та низька стійкість до корозії. Найкращим варіантом являє собою застосування сучасних синтетичних матеріалів які не мають таких недоліків.

Температура сировини повинна бути завжди на одному рівні, оптимальному для життя бактерій. При малій температурі реакція значно сповільнюється, тому її потрібно підігрівати. Найчастіше для підігріву використовують енергію спалювання біогазу виробленим установкою.

Сировина в реакторі під час реакції розділяється на фракції, на дні реактора формується осад, а легкі частини з бульбашками газу підіймаються до гори та утворюють кірку. Масу потрібно перемішувати для рівномірності реакції та прогріву субстрату. Мішалки повинні бути з корозійностійкого матеріалу. Для механічного зв'язку з мішалкою використовують перехідні муфти, які зберігають герметичність.

Газгольдер – це дах реактора, в який збирається вироблений газ. Також він в біогазовій установці слугує стабілізатором тиску. Газгольдером служить реактор, який накривається зверху гумовим матеріалом.

1.4 Технологічний процес з схемою ІМП.

Сухий субстрат завантажується в модуль зважування та подачі субстрату. Необхідно виміряти густину та температуру сировини, за необхідності змінити параметри. Далі субстрати змішуються і гомогенізуються (в найбільш однорідний стан) для подачі безпосередньо в реактор.[13].

У реакторі попередньо нагрітий субстрат витримується в анаеробних умовах протягом 20-35 днів (це залежить від конкретного субстрату). Заповненість реактора повинна бути 70% для максимального виробництва біогазу. Температура сировини контролюється та дотримується 38 – 42 C⁰ Вироблений біогаз накопичується в газгольдері, змонтованому на даху реактора. Далі відпрацьований субстрат зливається в камеру зберігання відходів, а в подальшому використовується як органічне добриво.

Біогаз з газгольдера подається через систему очищення від сірководню та осушення в камеру зберігання біогазу. З камери зберігання біопалива подається на газовий котел та станцію зрідження біогазу. Також передбачений факел для спалювання надлишку газу або аварійного скидання.

Тепло використовується для підігріву субстрату в камері змішування та реакторі. Інша частина тепла може бути використана для власних потреб підприємства.

					СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для початку виробництва потрібно визначитись видом біовідходів, а саме що ми будемо ферментувати, так як для стабільного виділення метану потрібний один і той самий вид палива для цього ми звернемося до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. - Таблиця відносності сировини до біогазу.

Тип сировини	Вихід газу(м ³ на 1 кг сухої речовини)	Вихід газу(м ³ на 1 тону при вологості 85%)
Гній ВРХ	0,250 – 0,340	38 – 51,5
Свинячий гній	0,34 – 0,580	54,5 – 88
Пташиний послід	0,310 – 0,620	47 – 94
Кінський гній	0,200 – 0,300	30,3 – 45,5
Овечій гній	0,300 – 0,620	45,5 - 94

Проаналізувавши таблицю я зрозумів, що найбільший вихід газу можна досягти якщо використовувати пташиний послід, але розглянувши Сумську область по кількості худоби, я зрозумів, що доцільніше буде обрати гній ВРХ. Отже з сировиною визначились, тепер потрібно зрозуміти скільки нам потрібно саме цієї сировини для досягнення надалі потужності 6 м³/год.

Скориставшись програмою для розрахунків біогазових комплексів мені вдалось в'яснити, що для досягнення потужності 6 м³/год буде потрібно 12 тонн сировини на добу, при цьому в реакторі завжди маємо 60 тонн сировини, а загрузаємо по 1/5 частини від вже загрузеної сировини. Отримаємо об'єм біогазу в розмірі 240 м³ за добу та 10 м³/год на годину з яких 4 м³/год можемо використовувати на потреби комплексу.

За періодичністю технології отримання біогазу поділяють на безперервну та періодичну. Безперервна - постійне або з короткими перервами надходження сировини до реактора та виведення маси, що перебродила. Сировина повинна бути рідка або напіврідка. Технологія потребує невеликих ферментаційних камер. Резервуари можуть бути різні, перемішування теж (механічні мішалки, перекачування сировини, продування біогазу). При періодичній технології нова сировина надходить у метантенк тільки після повного видалення попередньої партії. Безперервна технологія забезпечує стабільність виходу біогазу, потребує менше

обслуговування, не вимагає тривалого накопичення сировини, тому обираю саме цю технологію.

Тип перемішування буде здійснюватися за допомогою перекачування сировини, а саме при безперервній технології буде закачуватись під своєю вагою та завдяки шнекам частково, а не відразу, якщо одразу закачати такий об'єм сировини – температура в реакторі різко зміниться, що в свою чергу зупинить процес бродіння, так як сировина буде подаватись частково то і відразу буде відбуватися перемішування.

Знаючи технологічний процес – побудую схему інформаційно - матеріальних потоків (рис 1.1)

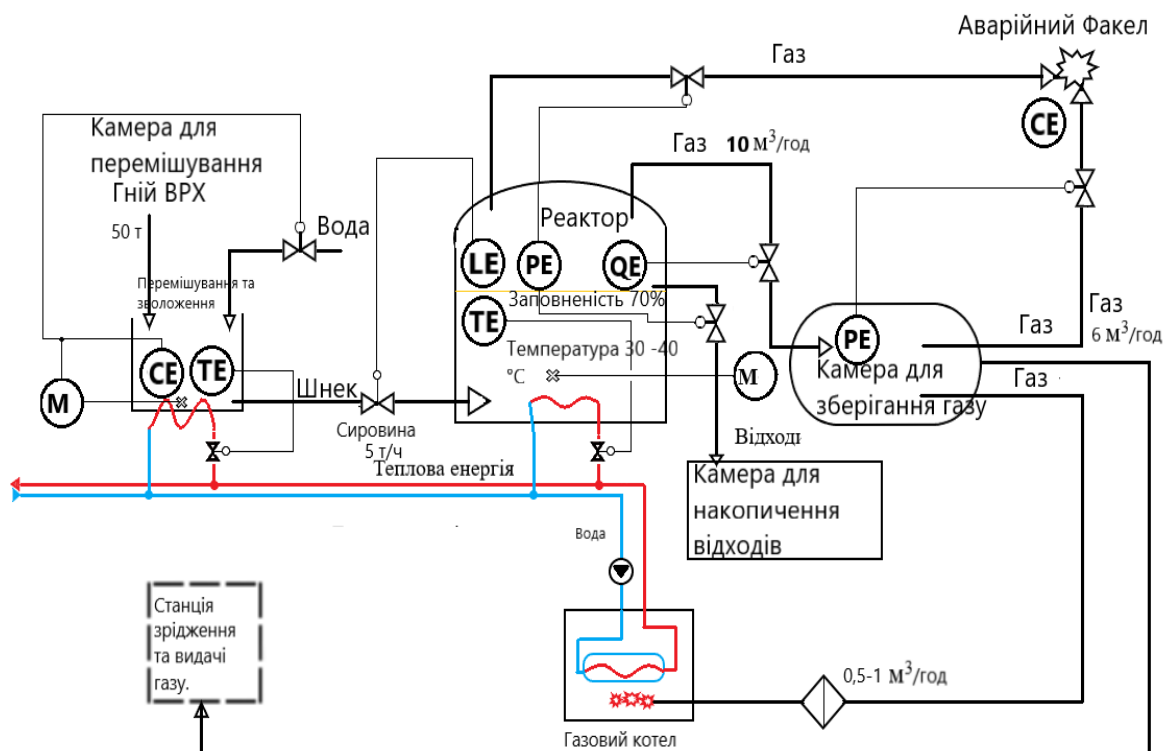


Рис.1.1. Схема інформаційно матеріальних потоків

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

РОЗДІЛ 2 ФУНКЦІОНАЛЬНІ ЗАДАЧІ КЕРУВАННЯ

2.1 Залежність контурів один від одного

Звернувшись схеми інформаційно матеріальних потоків можна визначити вплив одного контура на інший. Якщо подивитись на камеру змішування можемо побачити там регулювання температури та густини сировини, яка в свою чергу впливає на контур керування концентрацією метану та заповненістю реактора, а концентрація та заповненість реактора напряду впливає на тиск, температуру та концентрацію в реакторі. При збільшенні тиск та концентрації метану в реакторі газ направляється в камеру зберігання та піднімає там тиск.

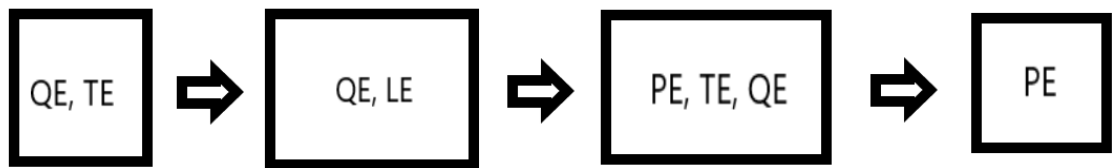


Рис.2.1. Залежність контурів керування.

2.2 Завдання керування.

Завданням керування є забезпечення оптимальних значень параметру тиску, концентрації метану, заповненості реактора, температури, густини. Виходячи с з рис. 1.1 можемо скласти контури керування об'єктом.

2.2.1 Контур керування температурою

					СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.2 Контур керування густиною.

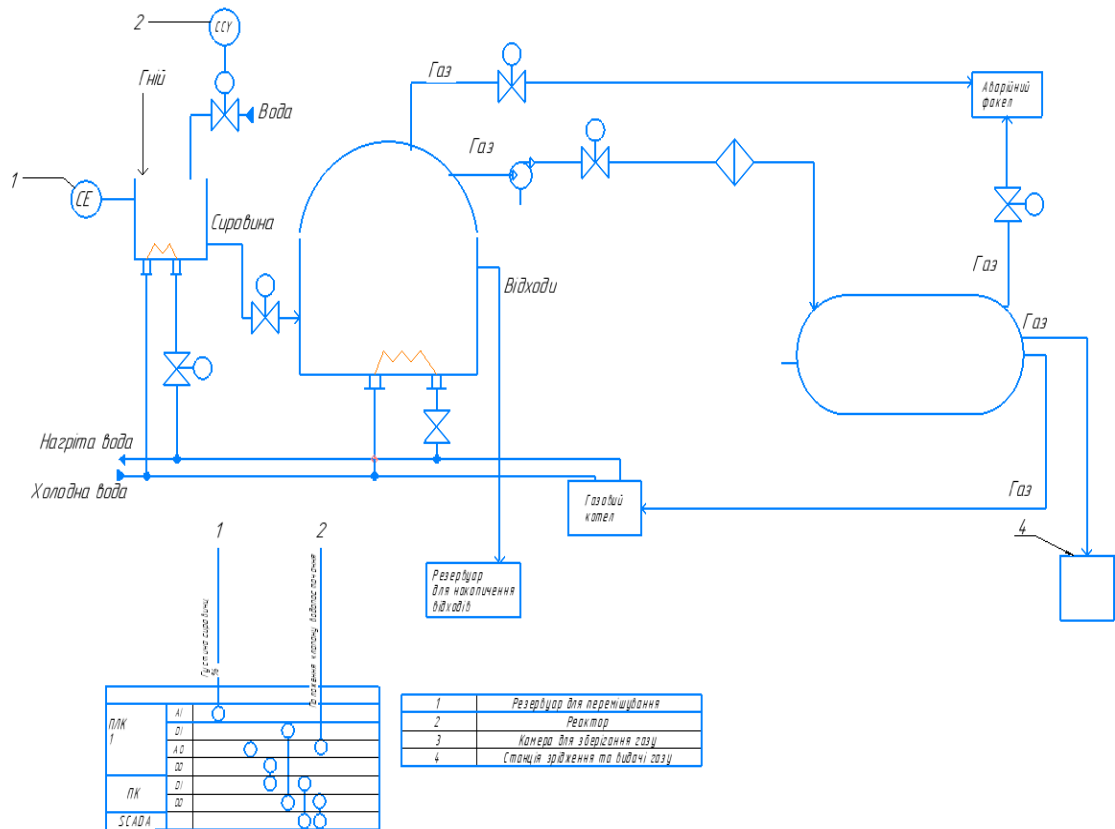


Рис.2.3. Керування густиною

Функцією контуру керування густиною (Рис.2.3) є забезпечення оптимальної густини в камері змішування та подачі сировини. ПЛК весь час опитує давач густини та проводить обробку. Далі ПЛК передає аналоговий сигнал на виконавчі механізми, що відповідають саме за забезпечення поставки до змішувача технічної води.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2.2.3 Контур керування концентрацією метану в біогазу.

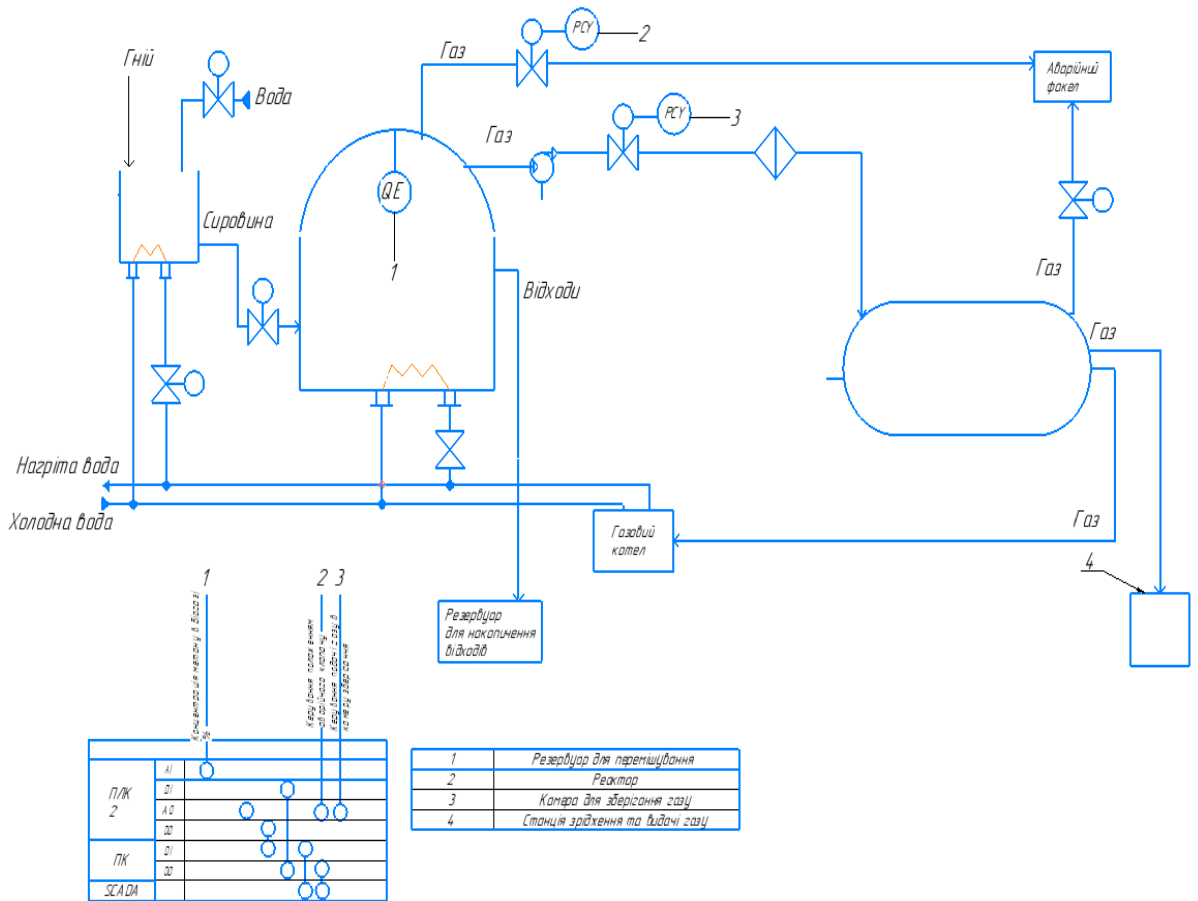


Рис.2.4. Керування концентрацією

На якість біопалива впливає багато параметрів, одним з них є концентрація метану. ПЛК опитує датчик концентрації, обробляє інформацію та видає керуючі сигнали на клапани, якщо концентрація накопленого біогазу незадовільна – відкривається аварійний клапан та газ потрапляє на аварійний факел, а якщо склад біогазу має 80% - біогаз потрапляє до камери зберігання біогазу. Зазвичай перших 2-3 газгольдера спалюються на аварійному факелі бо не мають необхідної концентрації метану.

2.2.4 Контур керування заповненістю реактора.

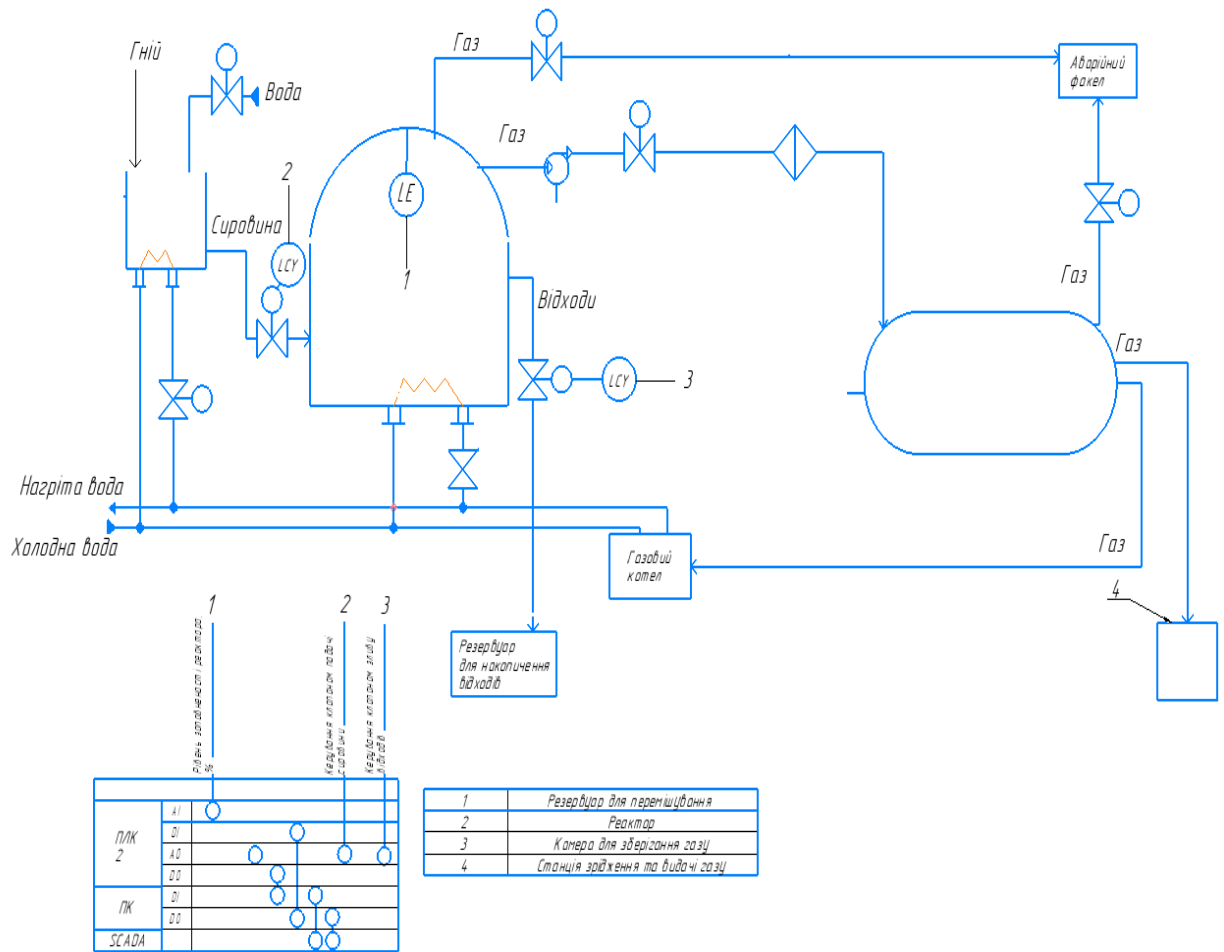


Рис.2.5. Керування заповненістю реактора

Керування заповненістю реактора полягає в тому, щоб своєчасно подавати нову сировину та зливати відпрацьовані відходи. ПЛК опитує та обробляє отриману інформацію з датчика рівня, потім дає керуючий сигнал на відкриття клапану загрузки сировини та з затримкою відкриває клапан на злив для збереження тиску та температури в реакторі. При загрузці сировини, рівень в реакторі зростає та доходить до зливних трубопроводів, потім відкриваються клапан на злив і таким чином відпрацьована сировина зливається. Потім зачиняється клапан на злив, а за ним вже і клапан на завантаження .

2.2.5 Контур керування тиском.

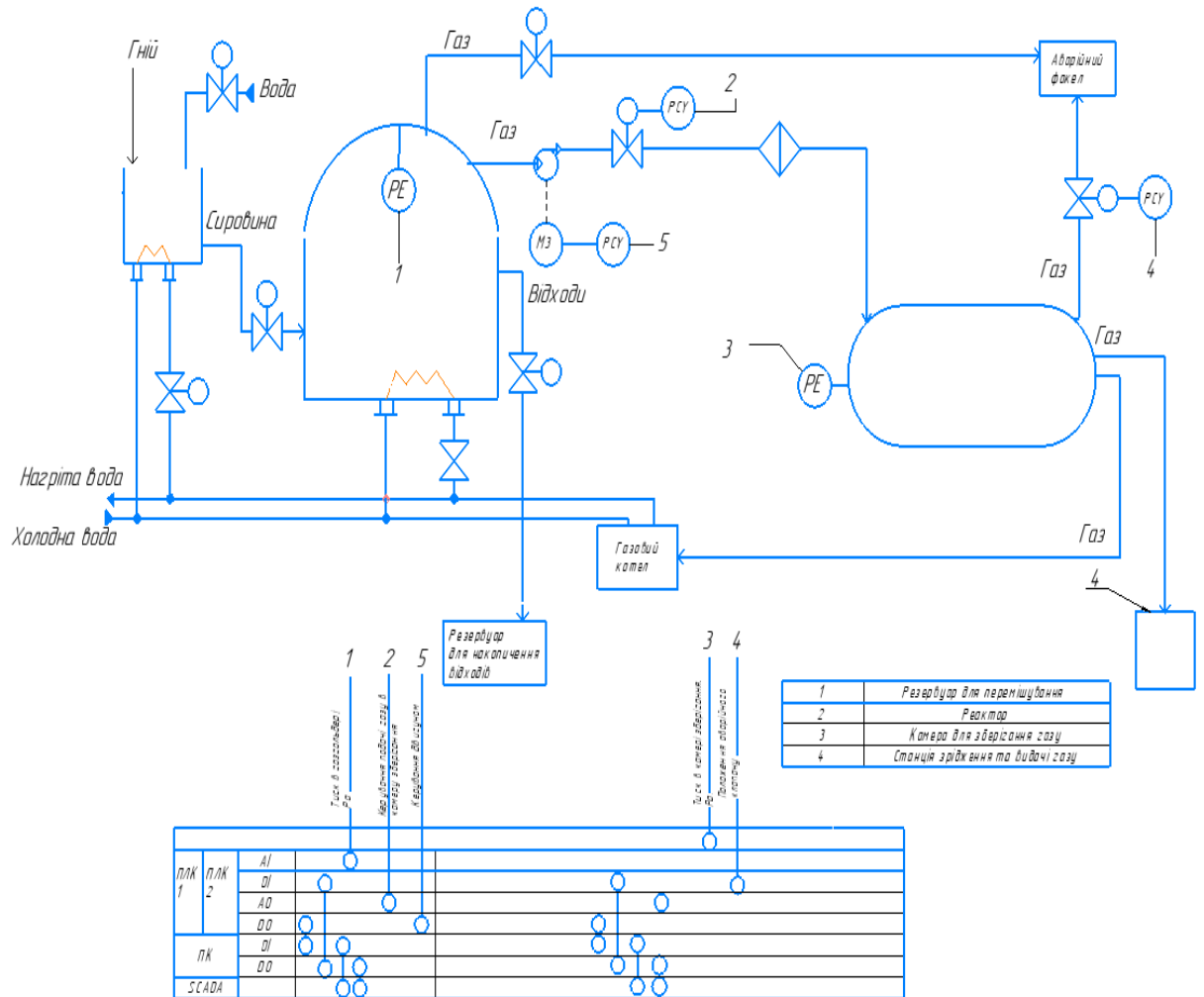


Рис.2.6. Керування тиском

Важливий параметр в технологічному процесі – тиск, бо недотримання норми цього параметру тягне за собою катастрофічну аварію. ПЛК 1 опитує давач тиску в реакторі, при високих значеннях подає куруючий сигнал на клапан та компресор для перекачки газу до камери зберігання. А ПЛК 2 опитує давач тиску в камері зберігання, якщо тиск в критичному параметрі відчиняє аварійний клапан для того, щоб скинути надлишковий тиск.

2.2.6 Контур керування двигунами.

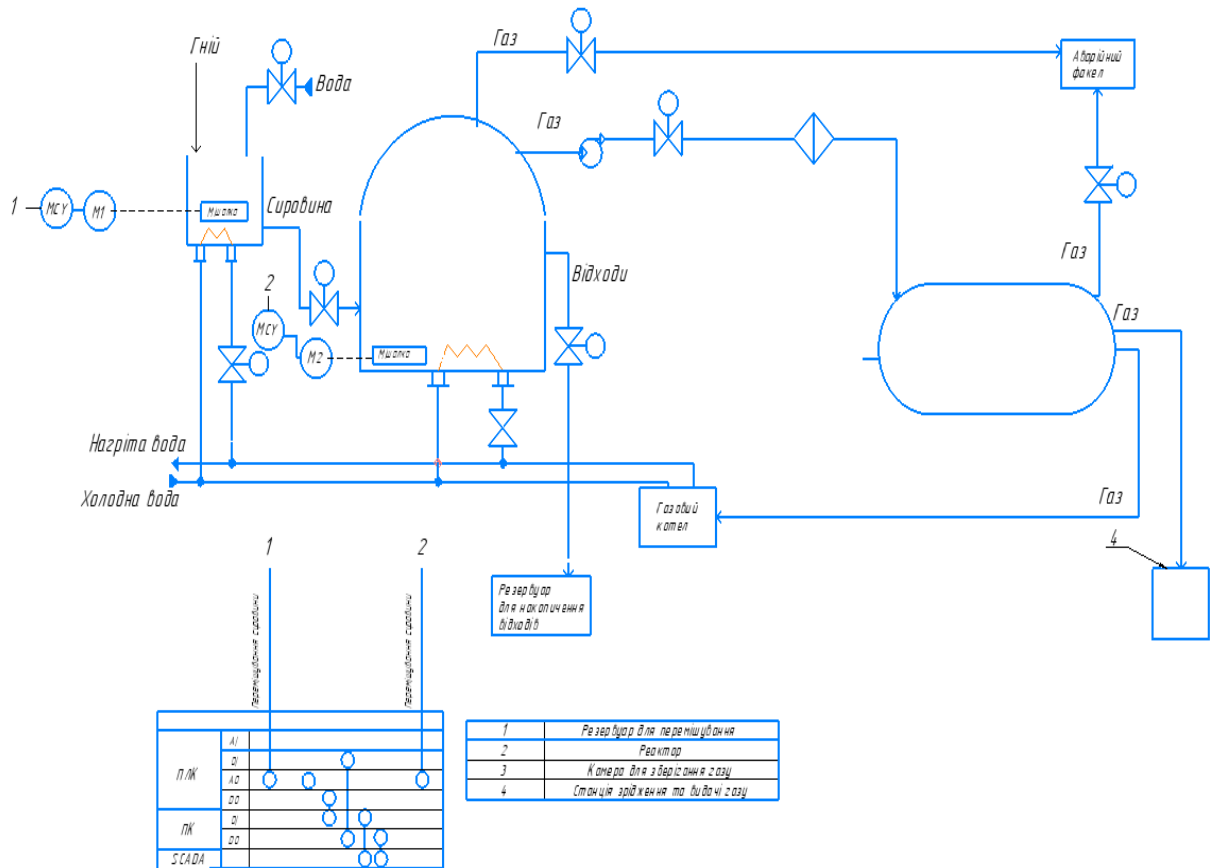


Рис.2.7. Керування двигунами

Оператор бачить коли автомобілі виграли сировину в змішувач він вмикає «Двигун 1» для перемішування сировини. «Двигун 2» вмикається по сигналу з ПЛК, який запрограмований на пуск кожну годину, а вмикається після пуску через 30 хвилин.

2.3 Висновок.

На основі створених контурів керування було складено функціональну схему автоматизації, яку наведено в додатку А та таблицю вхідних та вихідних сигналів (таб. 2.1 та таб. 2.2 відповідно).

Таблиця 2.1 – Таблиця вхідних сигналів.

№	Найменування параметра, місце відбирання вимірювального імпульсу	Диапазон вимірювань	Характеристика сигналу	Регулювання	Точка ОК	Характеристика середовища	
						Агресивне	Пожжево-вибухово

1	Густина сировини	30 – 100 % +- 0,5 %	4 – 20 мА	+	Камера змішування	+	-
2	Температура сировини в газгольдері	40 С ⁰ +- 1 С ⁰	4 – 20 мА	+	Реактор	+	+
3	Рівень заповнення реактора	70 % +- 1%	4 – 20 мА	+	Реактор	+	+
4	Концентрація метану в біогазі	50 – 60 %	4 – 20 мА	+	Реактор	-	+
5	Тиск в газгольдері	2–2,5 кПа.	4 – 20 мА	+	Реактор	+	+
6	Тиск в резервуарі для зберігання	5 – 250 бар	4 – 20 мА	+	Резервуар для зберігання газу	+	+
7	Температура сировини	-40 – 100 С ⁰	4 – 20 мА	+	Камера змішування	+	-
8	Полум'я	«0», «1».	Лог.«0» / «1». True or false.	-	Аварійних факел	-	+

Таблиця 2.2 – Таблиця вихідних сигналів.

№	Найменування параметра, місце відбирання вимірювального імпульсу	Діапазон вимірювань	Характеристика сигналу	Регулювання	Точка ОК	Характеристика середовища	
						Агресивне	Пожежо-вибухо-небезпе
1.	Швидкість обертання двигуна «1»	1500 об/хв	4 – 20 мА	+	Камера змішування	-	-
2.	Положення клапана на трубопроводі опалення	0 – 100%	4 – 20 мА	+	Реактор	-	-
3.	Положення засувки на	0 – 100%	4 – 20 мА	+	Реактор	+	-

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ

Арк.

19

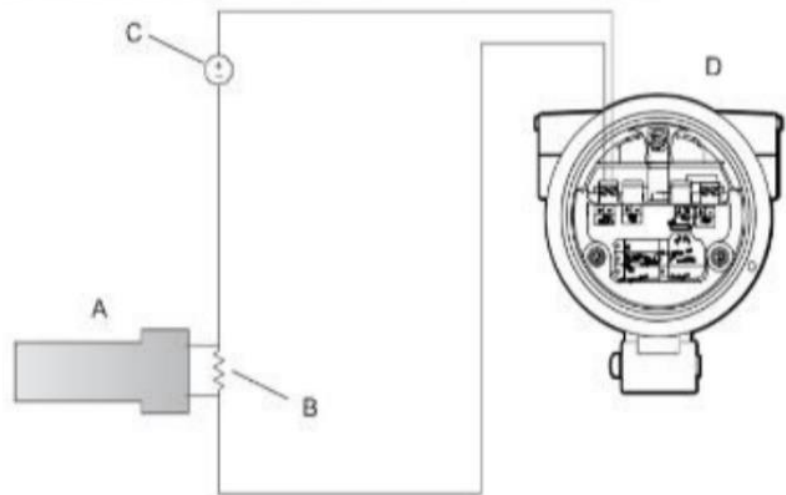
	подання сировини						
4.	Швидкість обертання двигуна «2»	1500 об/хв	4 – 20 мА	+	Реактор	-	+
5.	Положення клапана на аварійному газопроводі	0 – 100%	4 – 20 мА	+	Реактор	-	+
6.	Тиск газу в реакторі	0 – 100%	4 – 20 мА	+	Реактор	-	+
7.	Положення клапана на трубопроводі опалення	0 – 100%	4 – 20 мА	+	Реактор	-	-
8.	Тиск газу в камері зберігання	0 – 100%	4 – 20 мА	+	Аварійних факел	-	+

					СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

РОЗДІЛ 3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Вибір датчиків здійснюється на основі складених таблиць вхідних та вихідних сигналів.

Датчик густини. Проаналізувавши параметри датчиків FDM Micro Motion та ДПА-327-02. **Обираємо датчик FDM Micro Motion (рис. 3.1.) тому, що глибина занурення в нього більша та ціна більш адекватна. Характеристики датчика можемо переглянути в таблиці 3.1.**



- A. Вольтметр
- B. Опір 250 - 600 Ом
- C. Зовнішнє джерело живлення
- D. Вимірювальний перетворювач

Рис. 3.1. Схема підключення FDM Micro Motion.

Таблиця 3.1 – Характеристики датчика FDM Micro Motion

Діапазон вимірювань	0-3000 кг/м ³ (0-3 г/см ³)
Похибка	±1,0 кг/м ³
Сертифікати безпеки	ATEX, CSA, IECEx
Дісплей	ЖК екран, 2 стрічки;
Виходи	4-20мА, HART, Modbus RS-485, FOUNDATION™fieldbus (опція), WirelessHART™
Клас захисту	IP66/67

Давач температури. Порівнявши характеристики (таблиця 3.2) можна сказати, що нам підходить більш **ТОРСУ-1**, бо діапазону 0 - 100°C буде досить, а коштує дешевше.

Таблиця 3.2 - Порівняння характеристик датчиків температури

Датчик	ttjc-38	ТОРСУ-1
Робоча температура, °C	0 - 700°C	0 - 100°C
Здатність працювати в агресивному середовищі	так	так
Вологозахист , Ip	Ip 54	Ip 54
Матеріал	кераміка	метал
Ціна, грн	4800	2100



Рис. 3.2 Давач TORCV-1.

Поплавковий давач рівня. Проаналізувавши характеристики давачів ПДУ-1 та ПДУ-И обираємо ПДУ – И тому, що довжина штоку більша.

Таблиця 3.3 - Порівняння характеристик давачів рівня

Давач	ПДУ-1	ПДУ-И
Робоча температура, °С	-40...+105 °С	-60...+125 °С
Здатність працювати в агресивному середовищі	так	так

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ

Арк.

23

Густина вимірюваного середовища	0,70 г/см ³	а 0,66 г/см ³
Максимальна довжина штоку до нижнього рівня	2500 мм	4000 мм
Ціна, грн	2236	26000

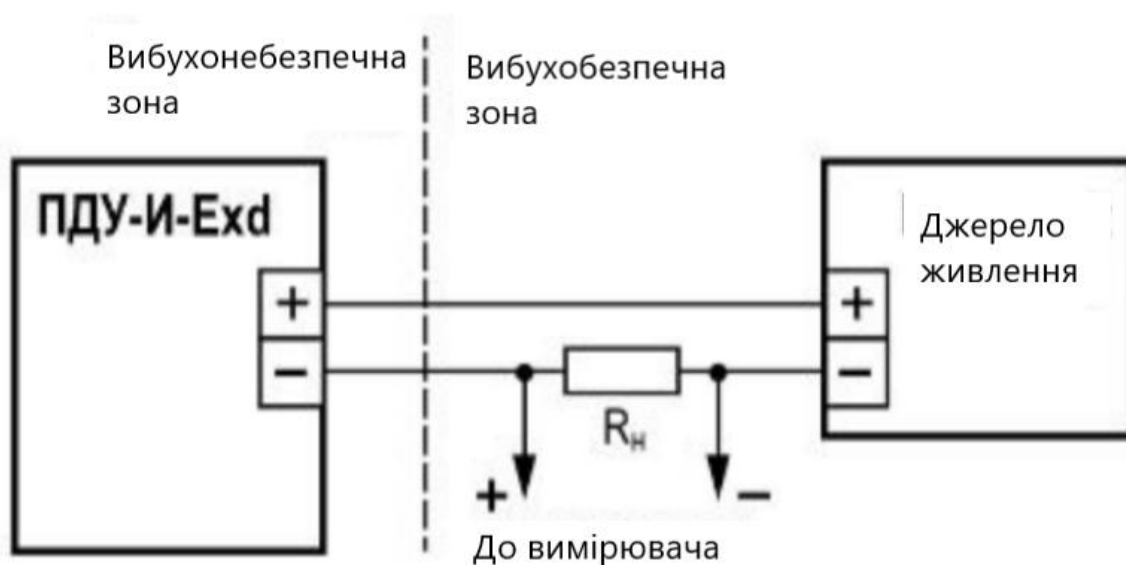


Рис. 3.3. Схема підключення датчика ПДУ-И.

Датчик концентрації газу. Дивлячись на порівняння характеристик (таблиця 3.4) датчиків ADT-23-3400 та EnergoM-3001-Methane - обираю датчик ADT-23-3400 за його точність.

Таблиця 3.4 - Порівняння характеристик датчиків концентрації метану

Датчик	ADT-23-3400	EnergoM-3001-Methane

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ

Арк.

24

Похибка	1%	3%
Діапазон вимірювання	0-100%	0-100%
Вологозахист , Ip	Ip 65	Ip 65
Матеріал	Пластик	Пластик
Ціна, грн	-	-

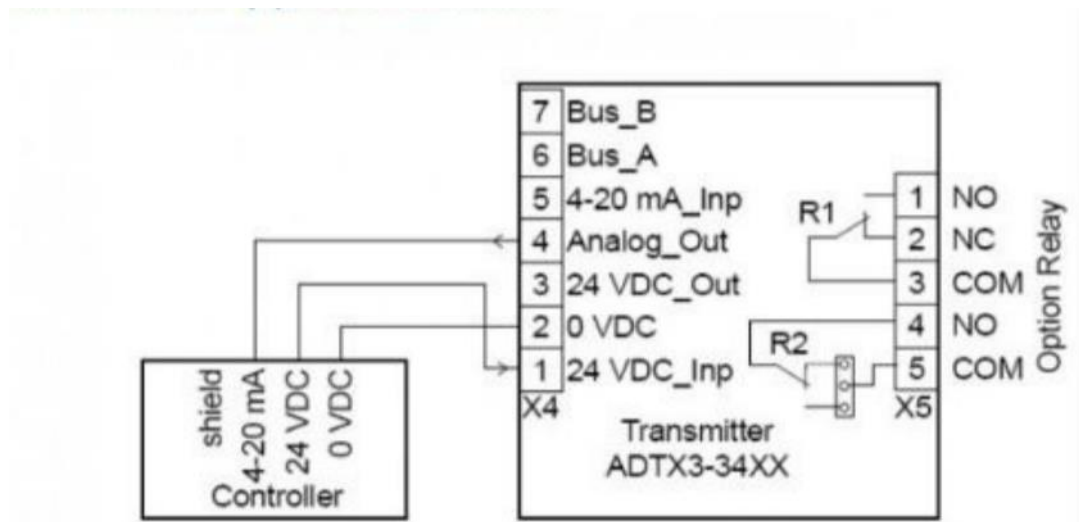


Рис. 3.4.Схема підключення датчика концентрації метану.

Датчик тиску в газгольдері та камері зберігання газу. Дивлячись на характеристики (таблиця 3.5) можна сказати, що датчик ФКС краще ніж Zemic, тому вибираємо саме його.

Таблиця 3.5 - Порівняння характеристик датчиків тиску

Датчик	Zemic YB15A- 60-100Mpa	ФКС
---------------	-----------------------------------	------------

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ

Арк.

25

Іскробезпечна версія	+	+
Здатність працювати в агресивному середовищі	так	так
Діапазон вимірювань	0 – 100 Мра	0 – 20 Мра
Похибка	0,5%	0,065%
Ціна, грн	11 149	35 000

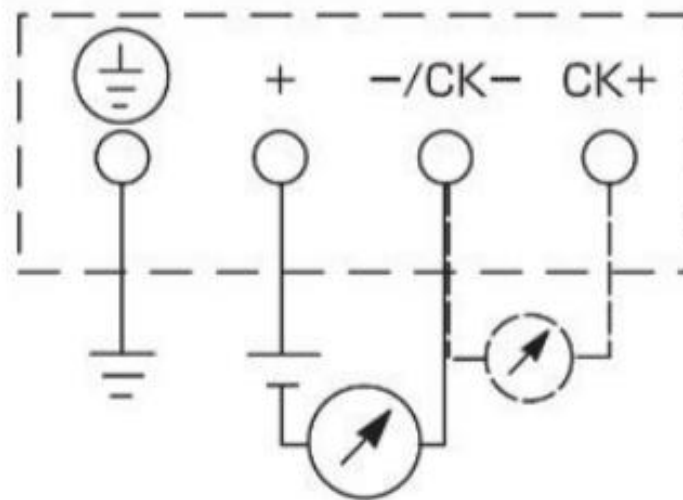


Рис. 3.5 Схема діключення давача тиску ФКС.

Давач полум'я. Виходячи с порівняння характеристик (таблиця 3.6) обираю давач АДП-01 бо різниця лише в ціні.

Таблиця 3.6 - Порівняння характеристик давачів полум'я

Давач	ФДС-01	АДП-01

Робоча температура, °С	-40 - +60°С	-30 - +60°С
Рівень захисту, Ір	Ір 54	Ір 54
Ціна, грн	4800	3289

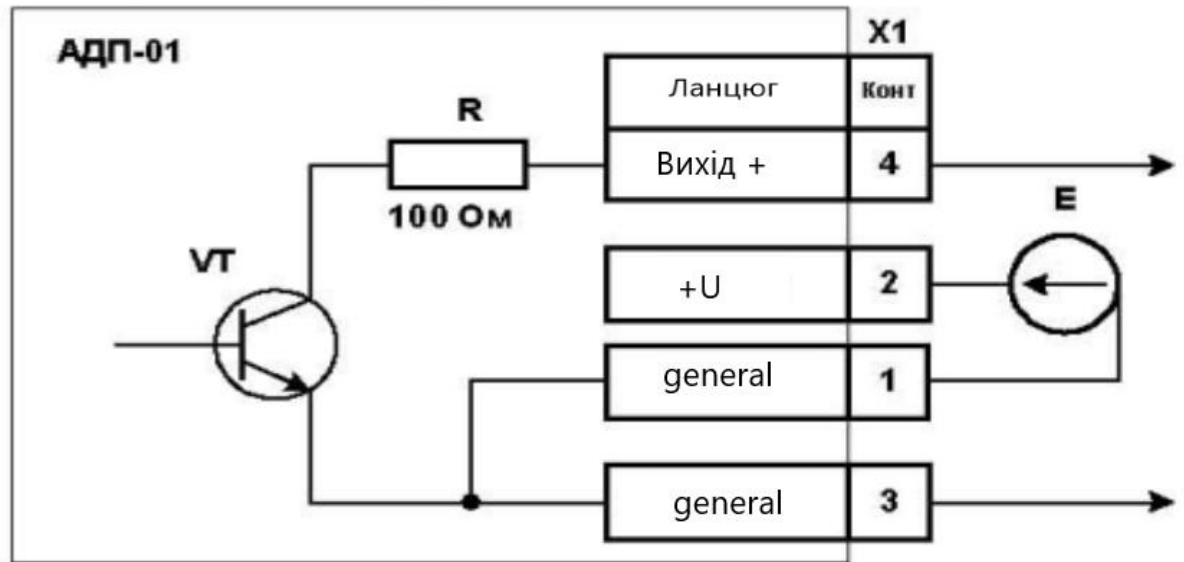


Рис. 3.6 Схема підключення датчика АДП-01.

3.2 Вибір виконавчих механізмів.

Електроклапани для газових трубопроводів. Існує не багато електроклапанів для біогазу точного регулювання, одним з них є – Kromschroder RV.. М (без використання кольорових металів). Ознайомитися з характеристиками цього датчика можна в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – електроклапан для біогазу Kromschroder RV.. М.

Клас захисту	1
Час відкриття	60 сек.
Керуючий сигнал	4...20 мА
Робоча температура	Від -20 до 60 С ⁰
Час закриття	< 1 с.
Клас захисту	IP54

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ

Арк.

27

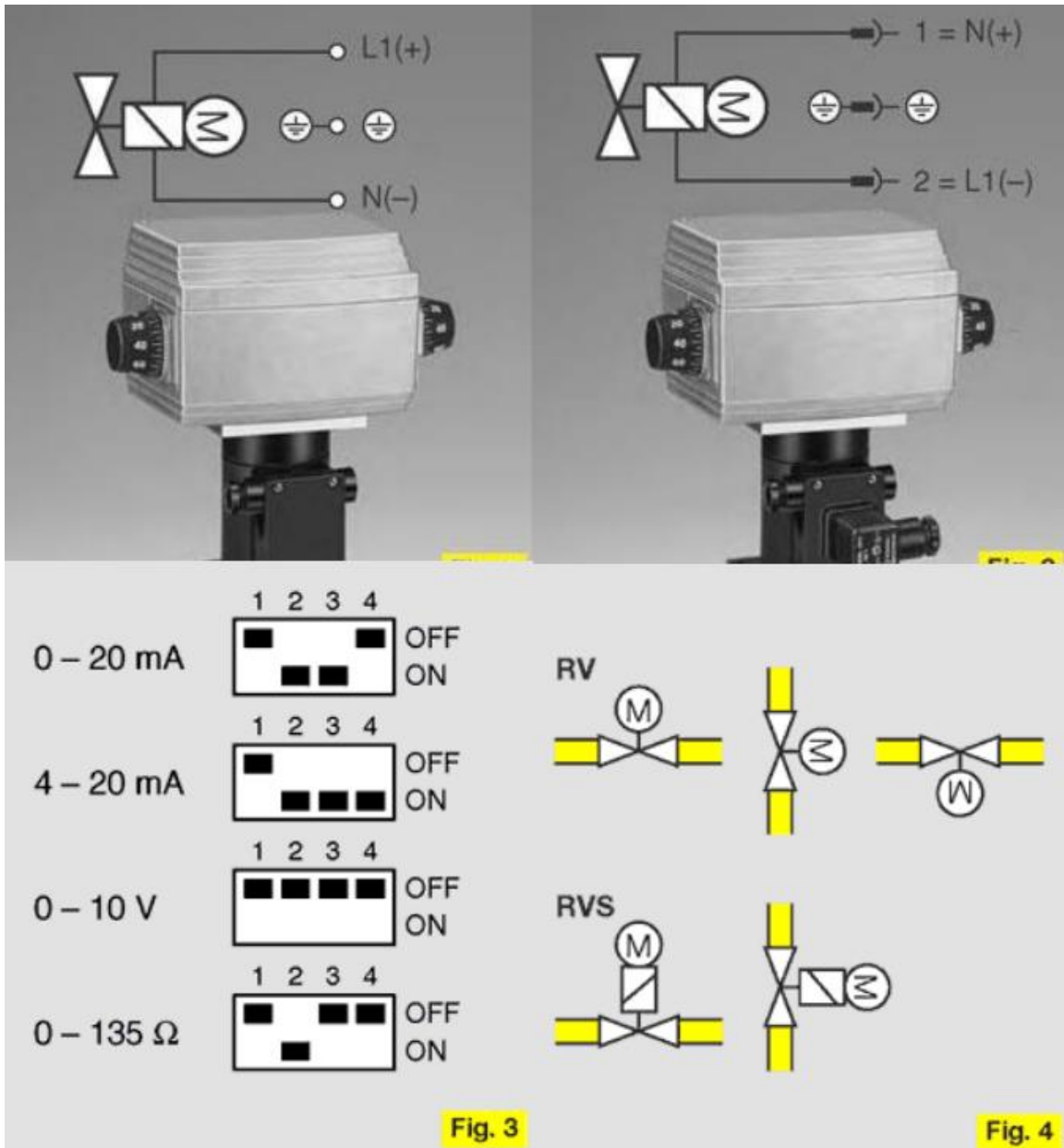


Рис. 3.8. Схема підключення Kromschroder RV..M.

Регулювання водопостачання буде здійснюватись за допомогою Belimo EV24A-SZ-TPC, характеристики наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Характеристики Belimo EV24A-SZ-TPC

Сфера використання	Опалення та водопостачання
Хід штока	40 мм.
Керуючий сигнал	4...20 мА
Робоча температура	Від -20 до 60 C ⁰
Швидкість переміщення штока	150 мм/с.
Клас захисту	IP54

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ

Арк.

28

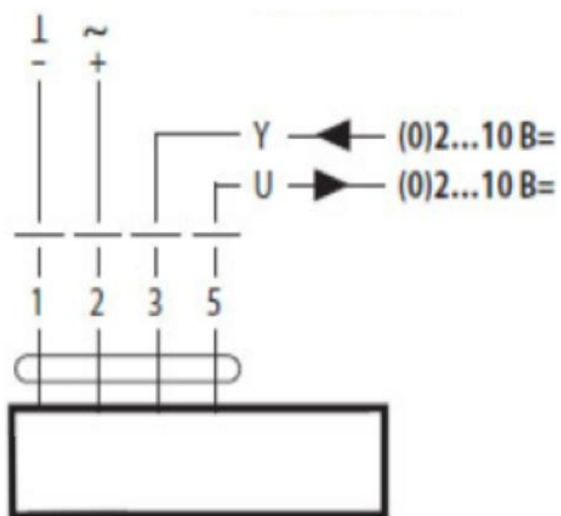


Рис. 3.9. Схема підключення Velimo EV24A-SZ-TPC.

Для досягнення технологічного процесу виробництва потрібне ретельне перемішування субстрату в камері змішування та реакторі для цих цілей обираємо двигун АІР80.

Таблиця 3.9 – Характеристики двигуна АІР80 А4

Сфера використання	Опалення та водопостачання
Напруга	380В.
КПД	76,5 %
Вага	12,8 кг
Частота обертання	1500 об/хв.
Клас захисту	IP54,55

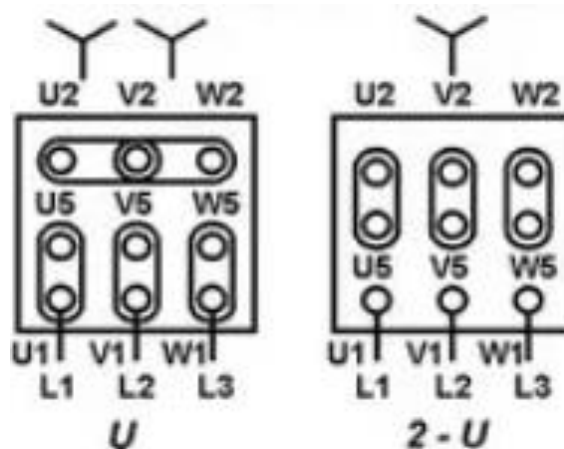


Рис. 3.10.Схема з'єднань електродвигуна АІР80.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ

Арк.

29

3.3 Підбір ПЛК та ПК

Програмований логічний контролер (ПЛК) – це спеціалізований мікропроцесорний (МП) керуючий пристрій, пристосований до використання безпосередньо у виробничих умовах і програмований спрощеними мовами, доступними користувачам, які не мають спеціальної підготовки з програмування.

Особливості ПЛК:

- простота взаємодії з користувачем;
- можливість роботи у складних виробничих умовах;
- модульність конструкції;
- зниження витрат на проектування за рахунок зниження цін на програмування;
- можливість коректування алгоритмів керування в умовах виробництва.

Зазвичай в ПЛК застосовують три види пам'яті: ППЗУ типу PROM (для зберігання базової частини програм); ОЗП (для зберігання оперативної інформації); ППЗУ типу REPROM (головна пам'ять для збереження керуючих програм).

Для початку вибору ПЛК потрібно знати кількість аналогових, дискретних входів та виходів, в мене їх AI: 7, DI: 3, AO: 10, DO: 2, з такою кількістю входів та виходів потрібен ПЛК з можливістю додавання додаткових УЗО. Також розуміємо, що об'єкт знаходиться в межах сільської місцевості, тому потрібно мати ПЛК з параметром низької напруги зберігання інформації та з можливістю збереження інформації на флеш пам'ять.

Для біогазового комплексу потрібно 2 ПЛК, провівши аналіз параметрів декількох ПЛК фірми SIEMENS, а саме SIMATIC S7-1500 та SIMATIC S7-1200, було обрано саме 2 ПЛК SIMATIC S7-1200 з CPU 1211C. Ці контролери задовольняють технічні вимоги, є надійними та мають гарну ціну. Переглянути електричну схему можна на рис. 3.11, а технічні характеристики в таблиці 3.10.

					СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

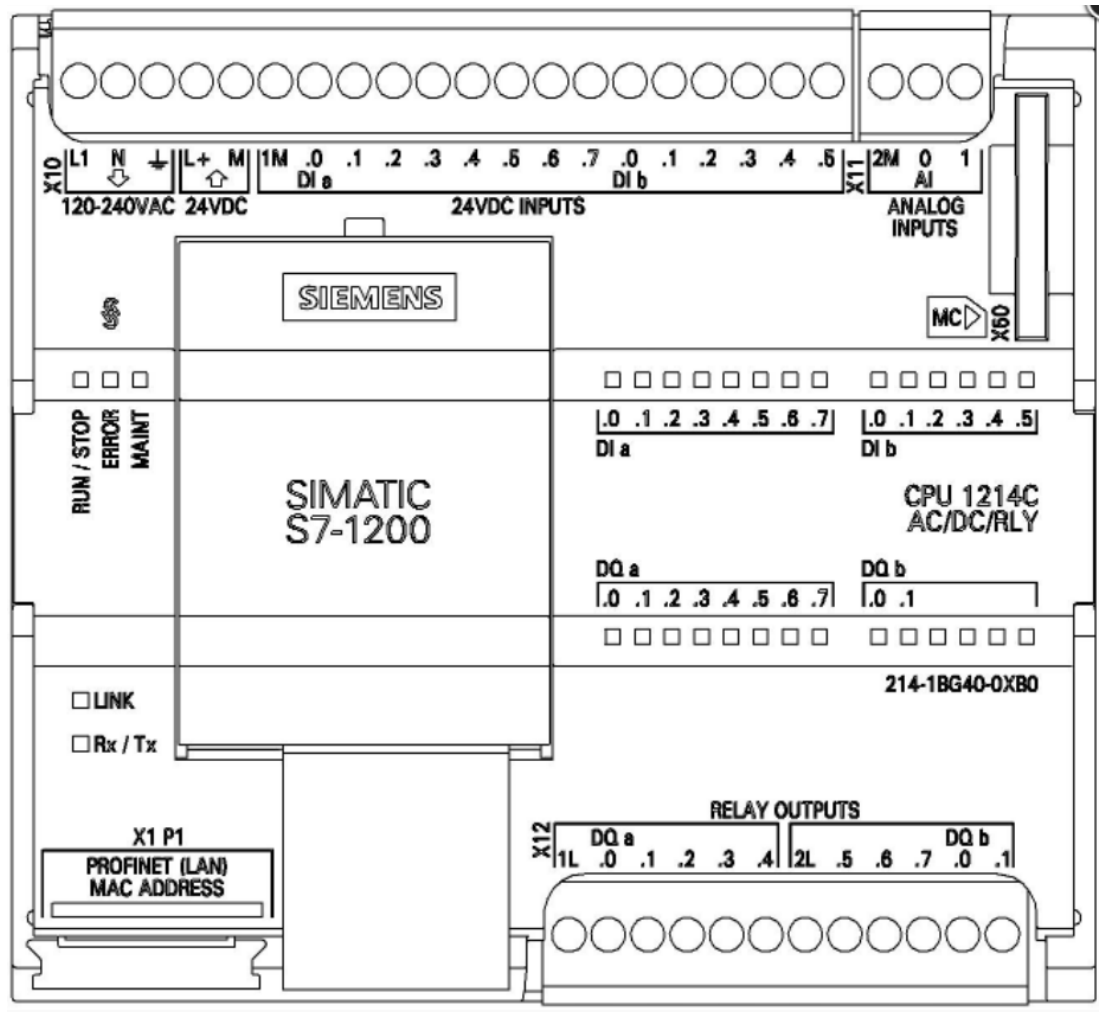


Рис. 3.11. Електрична схема SIMATIC S7-1200.

Переваги SIMATIC S7-1200:

- функціональні можливості та висока продуктивність при відносно низькій ціні;
- простота установки, програмування та обслуговування;
- відповідність до стандартів VDE, UL, CSA та FM;
- захист IP20 по IEC 529;
- наявність вбудованого інтерфейсу PROFINET (підтримка протоколу TCP/IP);
- наявність вбудованого ПІД регулятора з можливістю налаштування;
- наявність роз'єму для memory card;

Таблиця 3.10 – загальні характеристики SIMATIC S7-1200.

Захист	IP20 по IEC 529
Інтерфейс	PROFINET
Робоча пам'ять	25 Кбайт

Завантажування пам'ять	1 Мбайт
Фізичний рівень інтерфейсу	Ethernet
Кількість аналогових входів	2
Кількість аналогових виходів	2
Кількість дискретних входів	6
Кількість дискретних виходів	6
Живлення	24 В
Потужність	12 Вт

Недоліком є мала кількість аналогових входів та виходів, але їх можна збільшити завдяки модулям введення-виведення, будемо використовувати по 1 модулю введення 6ES7231-4HF32-0XB0 на 1 ПЛК та по одному модулю виведення 6ES7232-4HD32-0XB0, технічні характеристики можна переглянути в таблицях 3.11 та 3.12 відповідно.



Рис. 3.12. Вигляд 6ES7232-4HD32-0XB0 та 6ES7231-4HF32-0XB0

Таблиця 3.11 – Характеристики 6ES7231-4HF32-0XB0

струм на вході	4-20 mA
Аварійні сигнали	+
Діагностична функція	+
Захист	IP20
Кількість аналогових входів	8
Живлення	24 В
Потужність	1,5 Вт

Таблиця 3.12 – Характеристики 6ES7232-4HD32-0XB0.

струм на виході	0-20 mA
Аварійні сигнали	+
Діагностична функція	+
Захист	IP20
Кількість аналогових виходів	4
Живлення	24 В
Потужність	1,5 Вт

При виборі ПК я зупинився на SIMATIC IPC647C, технічні характеристики приведені в таблиці 3.13. Зв'язок між ПК та ПЛК здійснюється по інтерфейсу PROFIBUS.

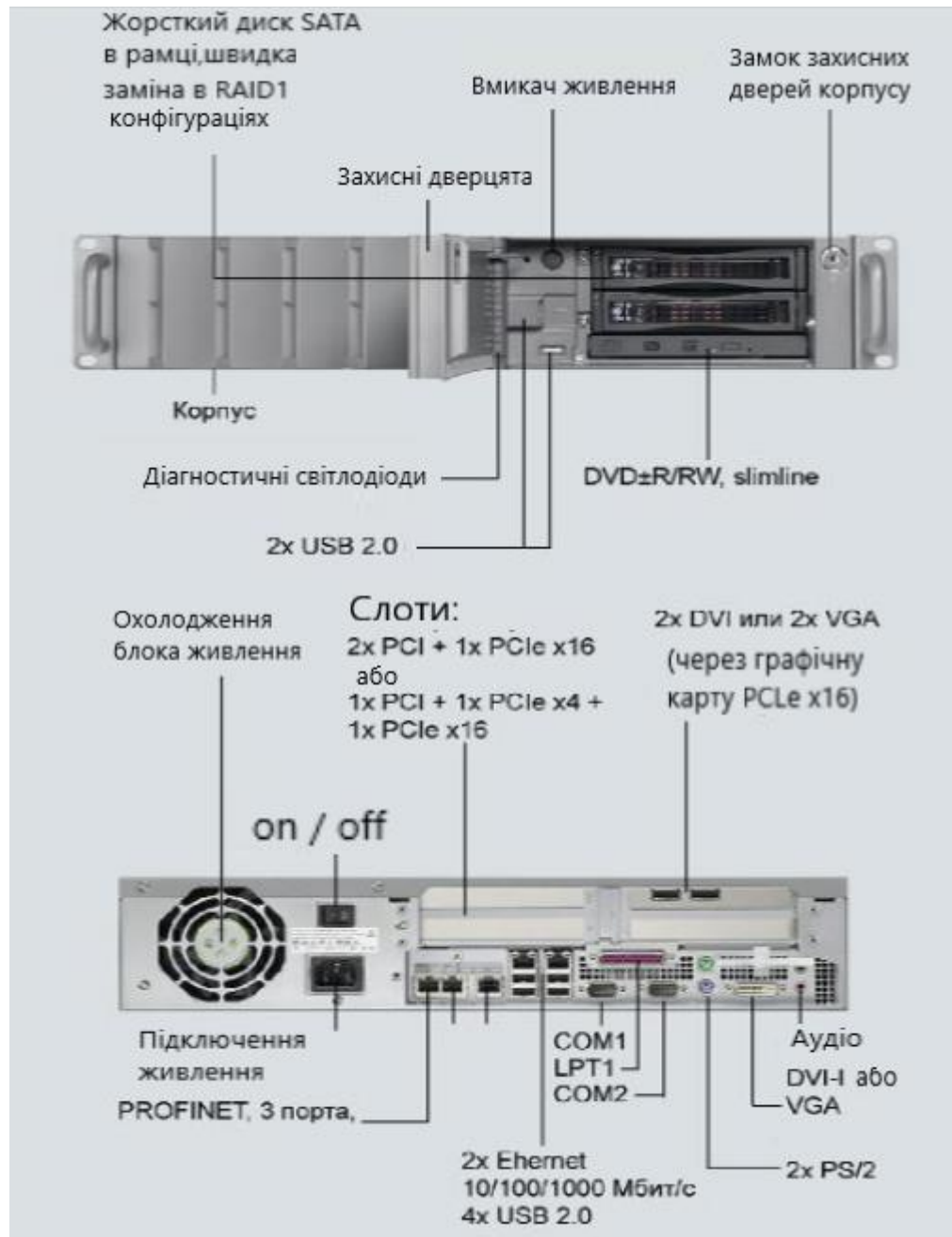


Рис.3.13. SIMATIC IPC647C

Таблиця 3.13 – Характеристики SIMATIC IPC647C.

Процесор	Intel Core i7-610E(2 ядра/4 потока, 2.53 ГГц, 4 MB cache, Turbo Boost, VT-d, iAMT, EM64T).
Оперативна пам'ять	Починаючи з 1 Гб DDR3.
Діагностична функція	+
Слоти	2 x PCI

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ

Арк.

34

	1 x PCI-Express x16.
Графічний контролер	Вбудований графічний контролер Intel GMA HDв процесор та PCI Express карта 512 Мб.
ОС	Windows або без ОС.
Блок живлення	100 ... 240 В
Інтерфеси	PROFINET, PROFIBUS, Ethernet, USB 2.0, VGA, клавіатура, комп'ютерна миша.
Ступінь захисту	IP41.

					СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

4.1 Структура АСУ ТП.

SCADA (supervisory control and data acquisition, система диспетчерського управління та збору даних) – це комп’ютерний пакет програмного забезпечення, який слугує для моніторингу та контролю технологічними процесами на виробництві на високому диспетчерському рівні [10].

Для створення SCADA системи потрібно створити структуру АСУ ТП (рис. 1).

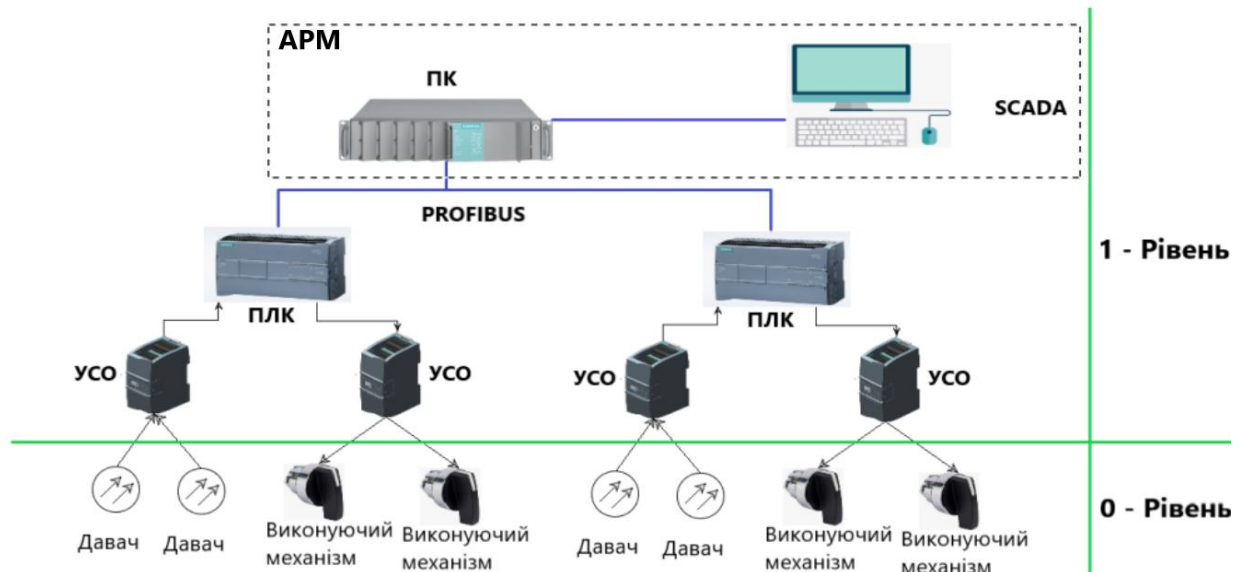


Рис. 1 - Структура АСУ ТП.

4.2 Вибір програмного забезпечення та створення інтерфейсу

Існує безліч програмного забезпечення для створення SCADA систем, найпопулярніші з них:

- Simatic WinCC;
- Simple Scada;
- Rapid SCADA;
- SCADA KVisionOPC;
- SIMPLight;
- MasterScada.

Для створення SCADA системи я обрав програму SIMPLight [12]. Можливий функціонал

ПЗ:

- Драйвера (введення-виведення);
- Система оповіщень;
- Звіти;

- Логічні операції та скрипти;
- Система збереження даних;
- Інтеграція;
- Графіка (підтримка кількох моніторів, мнемосхеми, тренди, та історії).
- Наявність віртуального сервера.

Для початку роботи потрібно створити проєкт (Рис. 4.1).

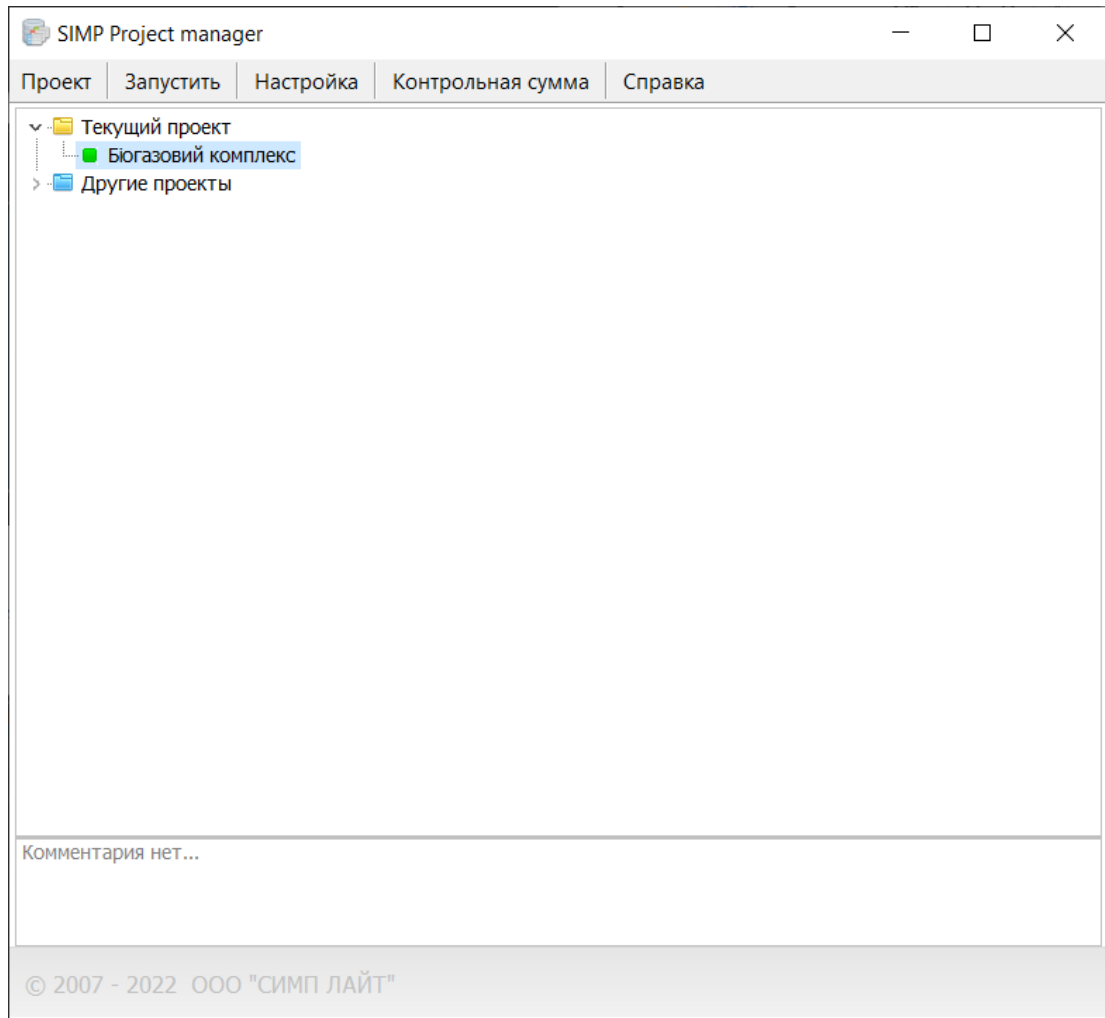


Рис. 4.1. Project manager

Після створення проєкту потрібно створити канали. Я створював та налаштовував віртуальні канали (Рис. 4.2).

					СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

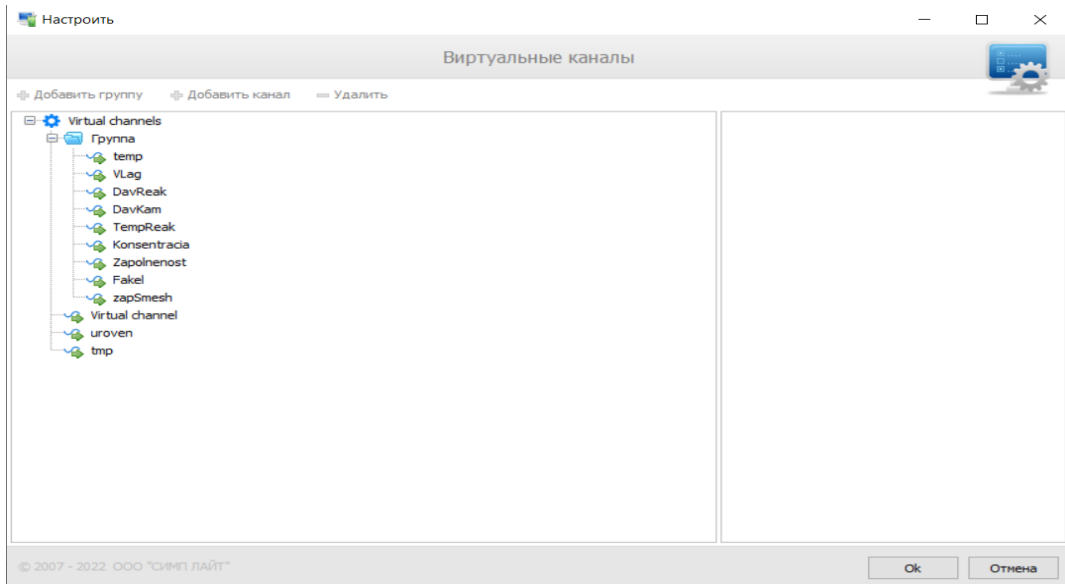


Рис. 4.2. Виртуальні канали

Після створення віртуальних каналів їх потрібно активувати в конфігураторі каналів (Рис. 4.3).

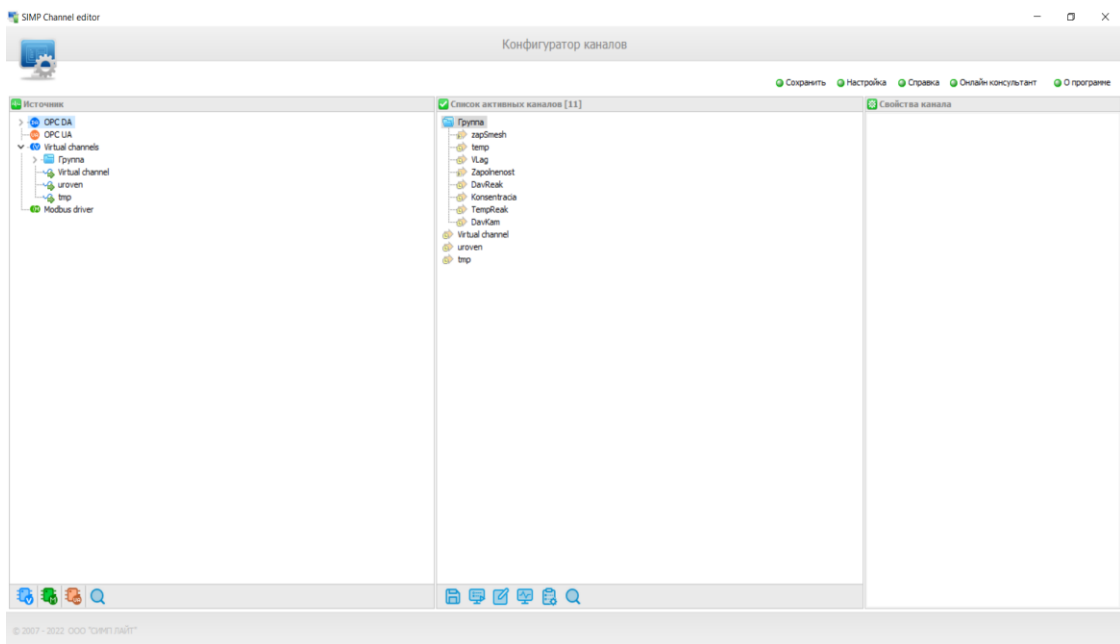


Рис. 4.3. Конфігуратор каналів.

Після виконання цих дій я перейшов до редактора мнемосхем (Рис. 4.4).

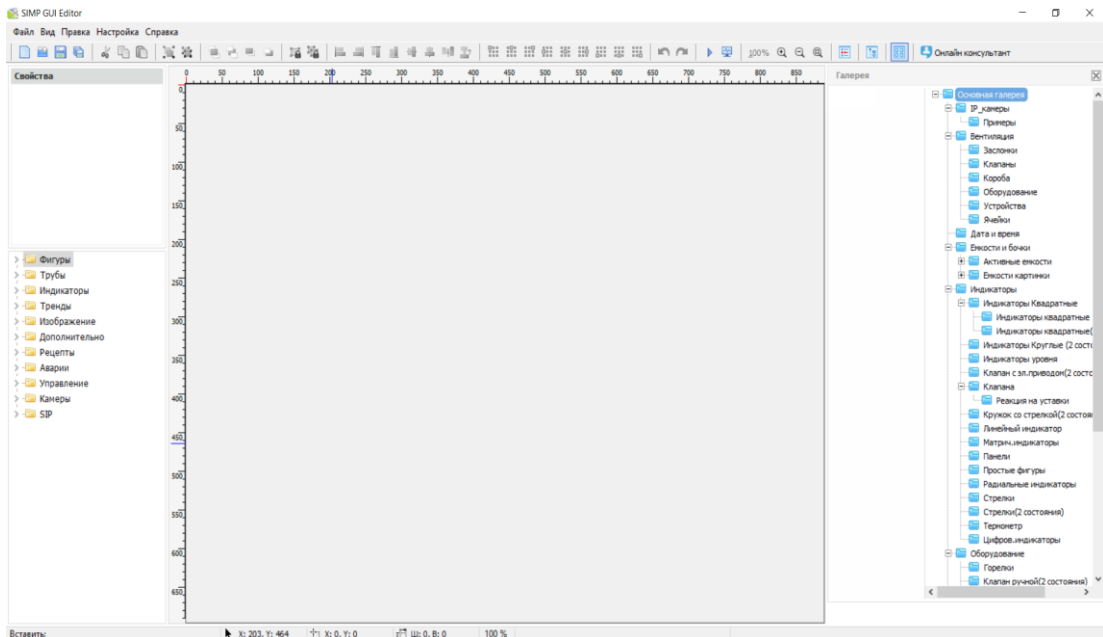


Рис. 4.4. Редактор мнемосхем

4.3 Каналы SCADA системы.

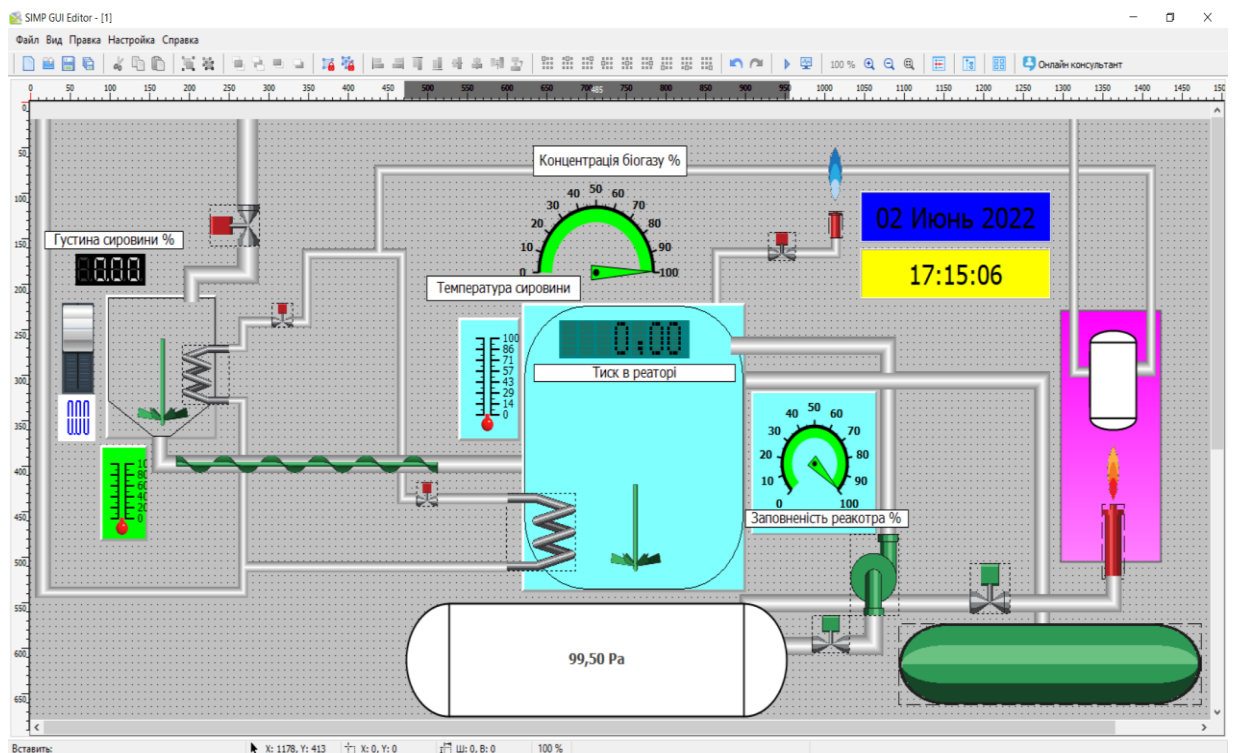


Рис. 4.5. Элементы SCADA системы

На рисунку 4.5 зображено всі елементи які використовувались в проєкті SCADA системи біогазового комплексу серед них: трубопроводи, активні трубопроводи, уставки, ємності, активні ємності та фігури, мішалки, турбіна, факели, полум'я, електроклапани, індикатори радіальні, цифрові індикатори, теплообмінники, шнек, дата, час, та текстові

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ

Арк.

39

елементи. Для функціонування та відображення всіх активних блоків необхідно прив'язати їх до каналів, та обрати змінні при яких буде або вмикатись або вимикатись обраний об'єкт.

До каналу температури належить:

- активні трубопроводи;
- теплообмінники;
- котел (факел, горілка, пальник);
- електроклапани;

За температурою можемо спостерігати на трендах (Рис. 4.6)

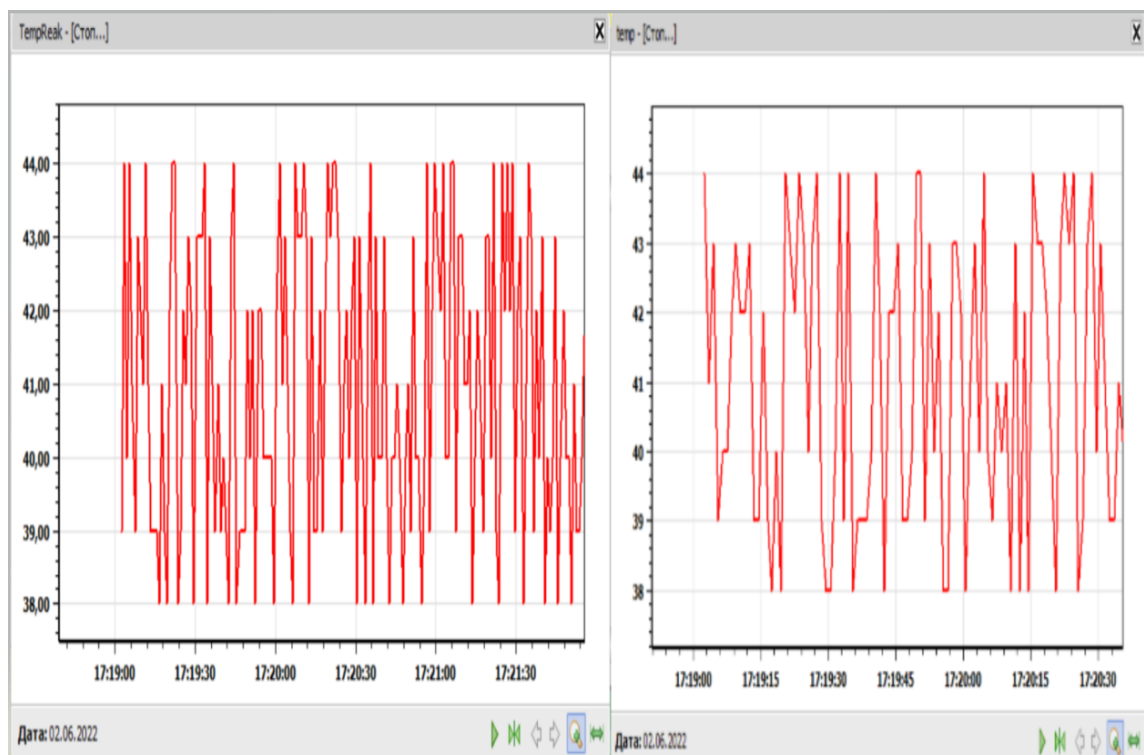


Рис. 4.6. Тренди температури

Канал густини включає в себе:

- давач густини;
- резервуар;
- мішалку;
- трубопровід;
- електроклапан.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ

Арк.

40

Давач зчитує густину сировини в реальному часі та регулює електроклапан на подачу води для досягнення меншої густини. За густиною можна спостерігати на індикаторі, та продивитися за весь час в трендах (рис. 4.7.).

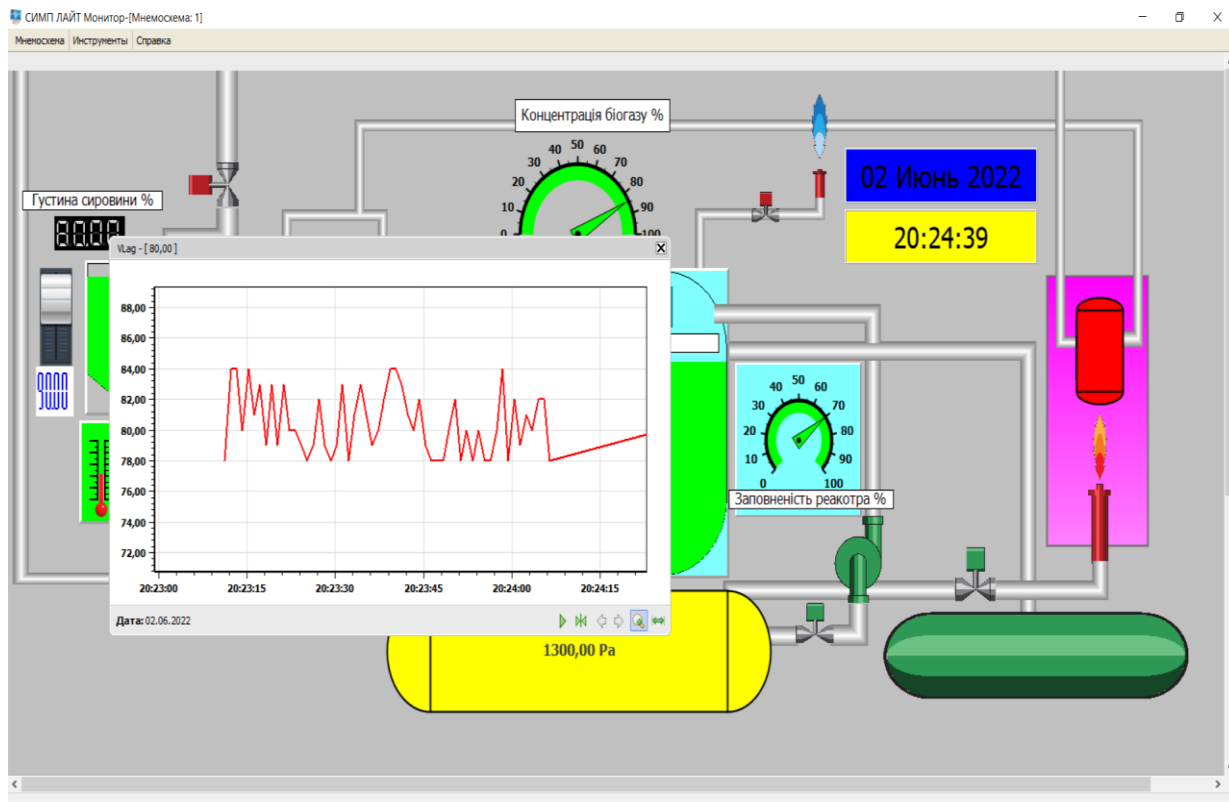


Рис. 4.7. Густина сировини

До каналу концентрації метану в біогазі входять :

- давач концентрації метану;
- трубопроводи;
- електроклапани;
- аварійний факел;

За концентрацію слідкуємо на індикаторі та тренді (рис. 4.8).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

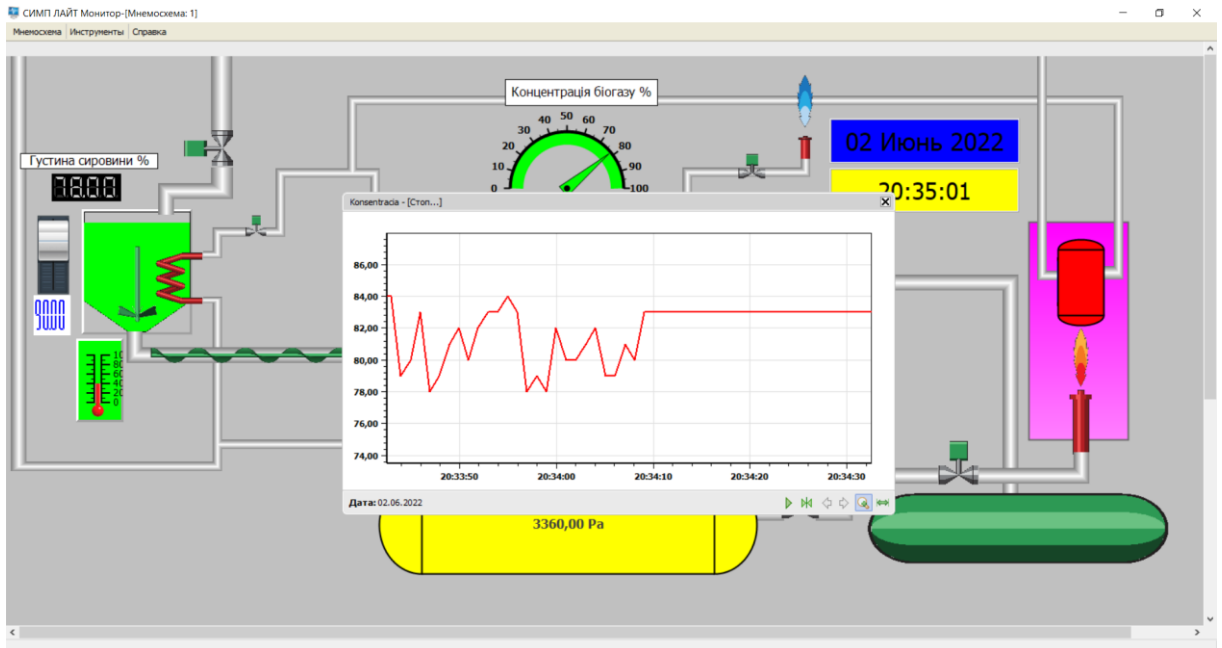


Рис. 4.8. Концентрація метану

В Канал заповненість реактора входять :

- давач рівня;
- трубопроводи;
- електроклапани;
- мішалка;
- шнек.

За заповненістю слідкуємо на індикаторі та тренді (рис. 4.9).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

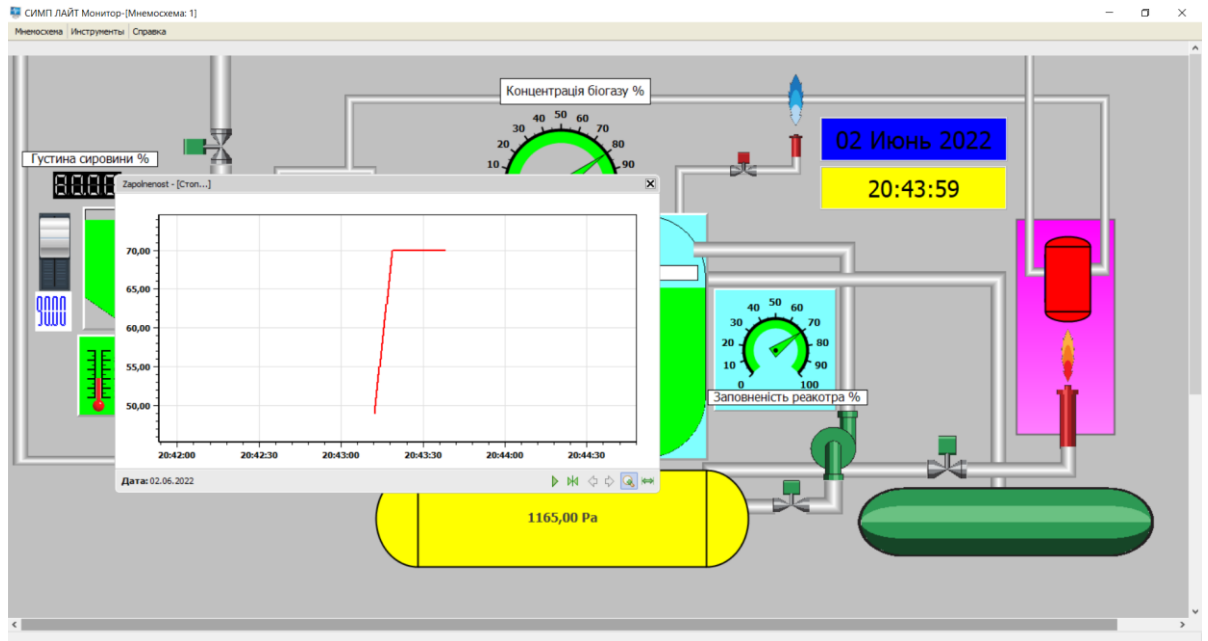


Рис. 4.9. Заповненість реактору

До каналу керування тиском належать:

- давачі тиску;
- трубопроводи;
- електрорклапани;
- резервуари;
- насос;
- факели.

За тиском слідкуємо за індикаторами та трендами (рис. 4.10).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ

Арк.

43

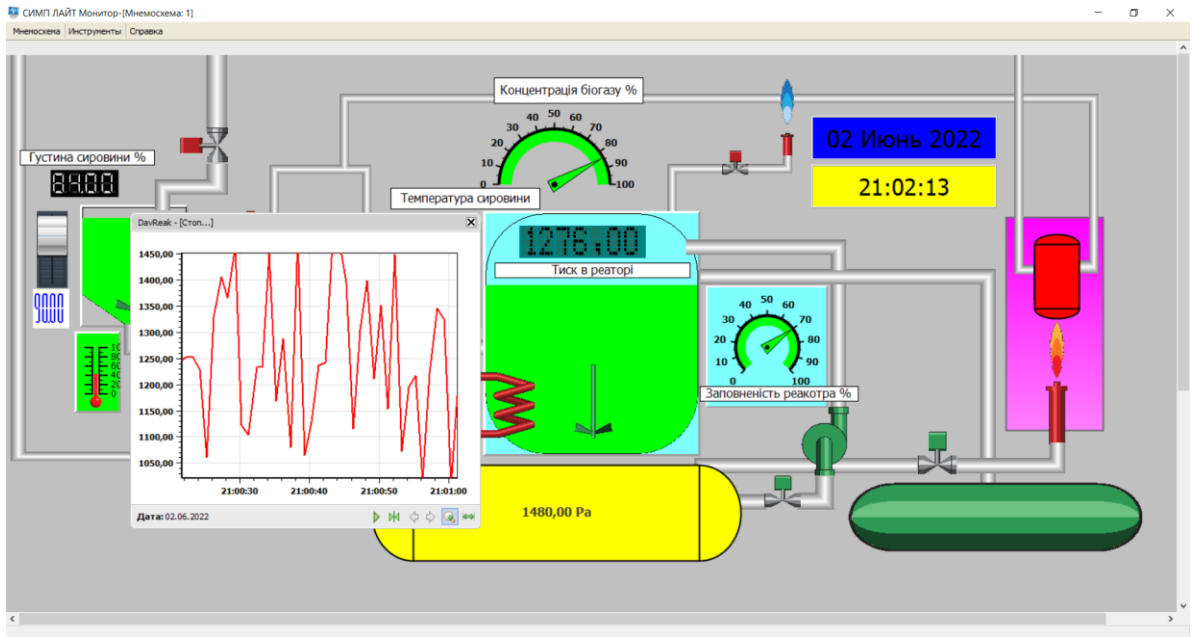


Рис.4.10 Тиск в реакторі та камері зберігання

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ

Арк.

44

ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті було розроблено систему автоматизованого керування біогазового комплексу, а саме проведено аналіз об'єкта:

В результаті аналізу технологічного процесу було розроблено схему інформаційно – матеріальних потоків. З її використанням розроблено функціональну схему автоматизації. Детально розглянуті окремі контури керування: температури, тиску, двигунів, заповненості реактора, густини та ін.

Обрані технічні засоби автоматизації, а саме: датчі температури, тиску, концентрації та ін.; виконавчі механізми - двигуни, клапани; програмований логічний контролер (SIEMENS SIMATIC S7-1200) з необхідними модулями (6ES7232-4HD32-0XB0 та 6ES7231-4HF32-0XB0).

Розроблена структура SCADA, обране середовище SIMPLight. Створений інтерфейс SCADA системи для всього комплексу.

					СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Системи метанового зброджування [Електронний ресурс]. – 2018. - Режим доступу до ресурсу: https://pidru4niki.com/73009/ekologiya/sistemi_metanovogo_zbrodzhuvannya
2. Галкін П. В., Ключник І. І. Програмування ПЛК в CODESYS : навчальний посібник. Харків : ФОП Панов А. М., 2019. 92 с.
3. Conversion Technologies [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: energy.gov/eere/bioenergy/conversion-technologies
4. ДСТУ Б А.2.4-16 – 2008. Система проектної документації для будівництва. Автоматизація технологічних процесів. Зображення умовні приладів і засобів. Автоматизації в схемах. Введеній у 2008 році зі скасуванням ГОСТ 21.404-85.
5. Програмований логічний контролер [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.compel.ru/lib/95591>
6. Datasheet SIEMENS S7-1200 [Електронний ресурс]. – 2018. - Режим доступу до ресурсу: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/DatasheetDownload?downloadUrl=teddatsheet%2F%3Fformat%3DPDF%26caller%3DMall%26mlfbs%3D6AG1212-1AE40-2XB0%26language%3Den>
7. General technical specification SIMATIC IPC647 [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/10224666?tree=CatalogTree>.
8. [Електронний ресурс] - 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://ecopolitic.com.ua/news/ukraine-proizvodit-230-mln-m3-biogaza-v-god-a-mozhet-v-30-raz-bolshe/>
9. Створення ПЛК [Електронний ресурс] - 2021. – Режим доступу до ресурсу: https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/160798/mod_resource/content/1/%D0%9F%D0%9A%D0%9F_%D0%BB%D1%80_%E2%84%964.pdf
10. How to get started with PLC/SCADA Development: Skelia [Електронний ресурс] - 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://skelia.com/articles/how-to-get-started-with-plc-scada-development-skelia/>.
11. OFFICE OF THE MANAGER NATIONAL COMMUNICATIONS SYSTEM October 2004. "[Supervisory Control and Data Acquisition \(SCADA\) Systems](#)" (PDF). NATIONAL

					СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

COMMUNICATIONS SYSTEM. Archived from [the original](#) (PDF) on 14 July 2015. Retrieved 14 July 2015.

12. Програмне забезпечення SIMPLigt [Електронний ресурс]. – 2022. - Режим доступу до ресурсу: <https://fontsforyou.com/en/fonts/24785-siplelight.font>

13. Technological process of biogas production [Електронний ресурс]. - Режим доступу до ресурсу: <https://www.gasum.com/en/our-operations/biogas-production/how-is-biogas-produced/#:~:text=Stages%20in%20biogas%20production&text=Microbes%20need%20warm%20conditions%2C%20so,removing%20impurities%20and%20carbon%20dioxide>.

					СУ-81/3-9 6.151.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

