МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК
СЕКЦІЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри К Н
_____ А. С. Довбиш
_____2021р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему:
«*Автоматизація процесу ефективної роботи дожимної насосної станції ДНС-7*»

Дипломний проект

Виконав:
студент групи СУдн-74п В. В. Рудоміна

Керівник проекту:
асистент Т. В. Коротка

СУМИ 2021 Р

№ строчки	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	№ екз.	Примітка
1			Документація загальна			
2			Знову розроблена			
3						
4	А4		Реферат	2		
5	А4		Технічне завдання	4		
6	А4	СУдн-74П.151.07.ПЗ	Пояснювальна записка	55		
7						
8			Примінена			
9						
10	А4		Завдання	2		
11						
12			Документація конструкторська			
13			Знову розроблена			
14						
15	А4	СУдн-74П.151.07.А1	Схема автоматизації дожимної насосної станції ДНС-7	1		
16	А4	СУдн-74П.151.07.А2	Схема автоматизації дожимної насосної станції ДНС-7 (продовження)	1		
17	А4	СУдн-74П.151.07.А3	Алгоритм роботи програми	1		
18						
19						
20						
21						
22						
23			Документація по плакатам			
24			Знову розроблена			
25						

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	СУдн-674П.151.07.ДП		
Розробив		Рудоміна В. В.			Автоматизація процесу ефективної роботи дожимної насосної станції ДНС-7. *Відомість проекту*	Літ.	Лист 2 / Листів 1
Керівник		Коротка Т. В.					
Рецензент						Гр.СУдн-74П	
Н.контроль							
Затвердив							

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: “Комп'ютерних наук ”

Секції: Секція комп’ютеризованих систем управління

Спеціальність: 151-«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри К Н
_____ А. С. Довбиш

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра (дипломний проект) студенту

Румоміну Володимиру Володимировичу

1.Тема проекту:

Автоматизація процесу ефективної роботи дожимної насосної станції ДНС-7

затверджена наказом по університету від “*27*” *квітня 2021 р*. №*0211-VI*

2. Термін здачі студентом закінченого проекту *10.06.2021 р.*

3. Початкові дані до проекту: *Завдання кафедри, технічне завдання на проектування, матеріали переддипломної практики.*

4. Зміст записки пояснення

1. Загальна характеристика об'єкту автоматизації;

2. Автоматизація технологічного процесу;

3. Аналіз і вибирання засобів розробки програмного забезпечення;

4. Охорона праці

5.Перелік графічного матеріалу

1. Схема автоматизації дожимної насосної станції ДНС-7
2. Схема автоматизації дожимної насосної станції ДНС-7 (продовження)
3. Алгоритм роботи програми

6.Дата видачі завдання 12.05.21 р.

Керівник проекту _____Т. В. Коротка
Прийняв до виконання _____ В. В.Рудоміна

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів дипломного проекту	Терміни виконання етапів проекту	Приміт.
1	*Загальна характеристика об'єкту автоматизації*	*19.05.21–20.05.21*	
2	*Автоматизація технологічного процесу*	*20.05.21–21.05.21*	
3	*Аналіз і вибирання засобів розробки програмного забезпечення*	*21.05.21-24.05.21*	
4	*Розробка графічної конструкторської документації проекту*	*24.05.21–31.05.21*	
5	*Оформлення охорони праці*	*31.05.21–04.06.21*	
6	*Оформлення ПЗ, графічній конструкторській документації*	*04.06.21-07.06.21*	
7	*Здача дипломного проекту керівникові*	*07.06.21-09.06.21*	
8	*Здача дипломного проекту на рецензію*	*09.06.21-10.06.21*	

Студент-дипломник _____ В. В.Рудоміна
Керівник проекту _____Т. В. Коротка

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування

автоматизації процесу ефективної роботи дожимної насосної станції ДНС-7.

Розробник:
студент групи СУдн-74п В. В. Рудоміна

Погоджено:
керівник проекту:
доцент Т. В. Коротка

Суми – 2021

ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС

Автоматизація процесу ефективної роботи дожимної насосної станції ДНС-7.

В якості промислового збору нафти, нафтового газу і води прийнята однотрубна напірна система, що забезпечує транспортування здобутої нафти через всі технологічні об'єкти, включаючи і об'єкти підготовки нафти, за рахунок гирлового тиску свердловини при будь-якому способі їх експлуатації. Напірні двух- і багатотрубні системи збору допускаються лише на ділянці від групових установок до установок підготовки нафти при роздільному зборі відповідно нафті, що обводнює і необводненій або різносортній. Прагнення максимальне використовувати енергію пласта приводить до того, що свердловину фонтану перекладають на механізований спосіб здобичі тільки тоді, коли повністю припиняється фонтанування. Це приводить до необхідності споруджувати дожимні насосні станції (ДНС), суміщені з ємкостями сепарацій. Крім того, для збору газу від сепарованого на ДНС, будують промислові газозбірні мережі.

У разі великого вмісту води (понад 30%) рідини, що транспортується, застосовуються установки сепарацій. Водонефтяная суміш поступає спочатку у вхідних сепараторів СВ-1/1 і СВ-1/2, які призначені для відділення основної маси рідини від газу, одночасно ці апарати є гасителями пульсацій газорідинного потоку. Далі рідина зливається в сепараторів першого ступеня С-1/1.С-/4 під дії гідростатичного стовпа рідини(за рахунок різниці висот установки апаратів). Після сепараторів першого ступеня разгазированная нафта, що обводнює, поступає у відстійники О-1 і О-2, де відбувається відділення нафти від води. Частково разгазированная нафта поступає на вхід установки попереднього скидання води типу «Хітер-трітер» Х/т-1 і Х/т-2. Потім нафта з тією, що середньою обводнює менше 10% поступає на сепаратора другого ступеня С-2/1 і С2/2, де відбувається остаточне разгазирование. після цього здійснюється облік нафти за об'ємом, масі (28-280 м3/ч) і подача на нафтопровід. Газ, що виділився з нафти, в установках сепарацій і в установці попереднього обезводнення “Хітер-трітер” подається на ГПЗ, а також на факел. Вода пласта, що відокремилася на зневоднюючих установках, поступає в резервуари, а потім на кущові насосні станції, звідки вона поступає для закачування в нагнітальні свердловини.

ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

1. Методічні вказівки з організації самостійної роботи з курсу “Проєктування і експлуатація нафтобаз” для студентів спеціальності 7.090305 – Проєктування, спорудження та експлуатація газонафтопроводів і газонафтосховищ. ІФДТУНГ,2017.
2. Шишкин Г.В. Довідник по проектуванню нафтобаз. – Л.: Недра,2018.
3. Конспект лекцій з дисципліни “Проєктування і експлуатація нафтобаз” (частина 1) для студентів спеціальності 7.090305 – Проєктування,

спорудження та експлуатація газонафтопроводів і газонафтосховищ. ІФДТУНГ, 2016.
4. Конспект лекцій з дисципліни “Проєктування і експлуатація нафтобаз” (частина 2) для студентів спеціальності 7.090305 – Проєктування, спорудження та експлуатація газонафтопроводів і газонафтосховищ. ІФДТУНГ, 2015.
5. Тугунов П.І., Новоселов в.Ф. Типові розрахунки при проектуванні і експлуатації нафтобаз і нафтопроводів. Навчань. допомога для вузів. М., Надра, 2017.
6. Едігаров С.Г., Бобровський С.А. Проектування і експлуатація нафтобаз і газосховищ. М., Надра, 2016.
7. Мацкин Л.А., Черняк І.Л., Ілембітов М.С. Експлуатація нафтобаз. Ізд.3., перераб. і доп. М., Надра, 2015.
8. А.И. Володимирський, Ю.М Дронговський, Л.А. Зайців, Ю.В. Ліванов. Автоматизація і телемеханизация магістральних нафтопроводів. М.: Надра, 2016.
9. Певзнер В.Б. Основи автоматизації нафтогазопроводів і нафтобаз. М.: Надра, 2015.
10. Лісафін В.П. Очисні споруди. Охорона довкілля. Навч. посібник, – Ів-Фр.: ДОП ІФДТУНГ, 2019.
11. N. V. P. R. Durga Prasad, T. Lakshminarayana, et al., “Automatic Control and Management of lectrostatic Precipitator”, IEEE Transactions on Industry Applications, pp. 561-567, Vol. 35, No. 3, May/June, 1999.
12. Ralf Joost and Ralf Salomon. “Advantages of fpga-based multiprocessor systems in industrial applications”. In 31st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2005). IEEE-I ECON, November 2015.
13. Hyman, Anthony. Charles Babbage, pioneer of the computer. — Oxford University Press, 2016.
14. Randell, Brian. The Origins of Digital Computers: Selected Papers.. — 2003.
15. Стахов Е.А. Очищення нефтесодержащих стічних вод підприємств зберігання і транспорту нафтопродуктів. – Л.: Надра, 2017.
16. Охорона праці в машинобудуванні: Підручник для машинобудівних вузов/ Е.Я. Юдін, С.В. Белов, С.К. Баланцев і др.; Під ред. Е.Я. Юдіна, С.В. Белова – 2-е видавництво, перераб. і доп. – М.: Машинобудування, 2018.

РЕФЕРАТ

Рудоміна Володимир Володимирович. Автоматизація процесу ефективної роботи дожимної насосної станції ДНС-7. Кваліфікаційна робота бакалавра (дипломний проект). Сумський державний університет. Суми, 2021 р.

Кваліфікаційна робота бакалавра (дипломний проект) містить 55 листів пояснювальної записки, що включають 13 малюнків; графічну конструкторську документацію, що включає 3 креслення та презинтацію.

Ключові слова: нафта, мікропроцесор.

Проект присвячений автоматизації процесу ефективної роботи дожимної насосної станції ДНС-7. Розроблено технічне завдання. Приведено загальну характеристику об'єкту автоматизації. Автоматизація технологічного процесу. Аналіз і вибирання засобів розробки програмного забезпечення. У результаті, представлений комплект конструкторської документації, що задовольняє всім поставленим завданням.

THE ABSTRACT

Rudomina Vladimir Vladimirovich. The automation of the process of efficient operation of the DNS-7 booster pump station. Bachelor's thesis (diploma project). Sumy State University. Sumy, 2021

The bachelor's thesis (diploma project) contains 55 sheets of explanatory note, including 13 drawings; graphic design documentation, which includes 3 drawings and a presentation.

Key words: oil, microprocessor.

The project is dedicated to the automation of the process of efficient operation of the booster pump station DNS-7. The technical task is developed. The general characteristic of object of automation is resulted. Process automation. Analysis and selection of software development tools. As a result, a set of design documentation is presented, which satisfies all the tasks.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК

СЕКЦІЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра (дипломного проекту)

на тему:

“ *Автоматизація процесу ефективної роботи дожимної насосної станції ДНС-7*”

Виконав:
студент групи СУдн-74п В. В. Рудоміна

Керівник проекту:
асистент Т. В. Коротка

СУМИ 2021 Р

Зміст

Перелік скрочень і позначень……...3
Вступ……...4
1. Загальна характеристика об'єкту автоматизації……..……...5
1.1. Опис технологічного процесу……5
1.2. Сучасний підхід до розробки АСОВІ ТП ДНС……8
2. Автоматизація технологічного процесу……..……..13
2.1 Цільова функція автоматизації……13
2.2. Функції системи, що розробляється……....14
2.3. Структура АСОВІ ТП ДНС ……...15
2.4. Комплекс технічних засобів……...17
3. Аналіз і вибирання засобів розробки програмного забезпечення……...26
3.1 Обгрунтування вибору контроллера……26
3.2 Основні технічні дані контроллера SLC 5/04……..30
3.3 Конфігурація контроллера……..……..32
3.4 Програмування контроллера……32
3.5 Вибір протоколу обміну інформацією між контроллером і верхнім рівнем АСОВІ ТП…….....37
3.6 Операторський інтерфейс……...……..38
4. Охорони праці 40
Висновки…….....53
Список джерел інформації……54

Перелік скорочень і позначень

ДНС	*Дожимна насосна станція.*
АВР	*Автоматичне введення резерву.*
БЕ	*Блок електронний.*
Джампер	*Настановна перемичка.*
ЗРУ	*Захисний розподільний пристрій.*
ІТР	*Інженерний – технічний працівник..*
ЛПДС	*Лінійно – диспетчерський пункт.*
НПС	*Нафтоперекачувальна станція.*
ПДМН	*Придніпровські магістральні нафтопроводу.*
ПЕА	*Перетворювач електроакустичний.*
РНУ	*Районне нефтепроводное управління.*
СТД	*Внутрішньотрубні засоби технічної діагностики.*
ЩСУ– 1 З	*Щити станції управління.*

Вступ

Успішний процес переробки і перекачування нафти і газу залежить від строгого контролю і підтримки на заданому рівні тиску, температури, витрати, а також від контролю якості вихідного продукту. Підтримка із заданою точністю на заданому рівні параметрів швидкоплинних процесів при ручному управлінні виявляється не можливою. Тому сучасне нафтохімічне і нафтопереробні виробництво можливе тільки при оснащенні технічних установок відповідними автоматичними вимірювальними приладами, інформаційно-вимірювальними системами і системами автоматичного управління. Таким чином, сучасний етап розвитку здобичі і переробки нафти і газу немислимий без застосування контрольно-вимірювальних приладів і мікропроцесорної техніки.

АСУ ТП забезпечує: представлення оперативної інформації персоналу для діагностики і прогнозування стану устаткування, контроль і управління технологічними процесами і устаткуванням, надання можливості з'ясування причин порушення нормального режиму роботи, аналіз різних робочих ситуацій.

У даній роботі проводитися розробка автоматизації процесу ефективної роботи дожимной насосної станції ДНС-7, призначеного для контролю, управління, регулювання і сигналізації аварій, що відбуваються на даному об'єкті. У зв'язку з тим, що ДНС-7 була побудована і запущена в експлуатацію в кінці 70-х років, прилади і засоби автоматизації на даний момент морально застаріли і не надавали достатній рівень інформативності і керованості системи. Для того, щоб спростити процес експлуатації, підвищити надійність системи в даному проекті була проведена заміна старих приладів і датчиків на нових сучасніші і застосований мікропроцесорний контроллер для централізованого управління технологічним процесом.

1. Загальна характеристика об'єкту автоматизації

1.1 Опис технологічного процесу

В якості промислового збору нафти, нафтового газу і води прийнята однотрубна напірна система, що забезпечує транспортування здобутої нафти через всі технологічні об'єкти, включаючи і об'єкти підготовки нафти, за рахунок гирлового тиску свердловини при будь-якому способі їх експлуатації. Напірні двух- і багатотрубні системи збору допускаються лише на ділянці від групових установок до установок підготовки нафти при роздільному зборі відповідно нафті, що обводнює і необводненій або різносортній. Прагнення максимальне використовувати енергію пласта приводить до того, що свердловину фонтану перекладають на механізований спосіб здобичі тільки тоді, коли повністю припиняється фонтанування. Це приводить до необхідності споруджувати дожимні насосні станції (ДНС), суміщені з ємкостями сепарацій. Крім того, для збору газу від сепарованого на ДНС, будують промислові газозбірні мережі.

У разі великого вмісту води (понад 30%) рідини, що транспортується, застосовуються установки сепарацій. Водонефтяная суміш поступає спочатку у вхідних сепараторів СВ-1/1 і СВ-1/2, які призначені для відділення основної маси рідини від газу, одночасно ці апарати є гасителями пульсацій газорідинного потоку. Далі рідина зливається в сепараторів першого ступеня С-1/1.С-/4 під дії гідростатичного стовпа рідини(за рахунок різниці висот установки апаратів). Після сепараторів першого ступеня разгазированная нафта, що обводнює, поступає у відстійники О-1 і О-2, де відбувається відділення нафти від води. Частково разгазированная нафта поступає на вхід установки попереднього скидання води типу «Хітер-трітер» Х/т-1 і Х/т-2. Потім нафта з тією, що середньою обводнює менше 10% поступає на сепаратора другого ступеня С-2/1 і С2/2, де відбувається остаточне разгазирование. після цього здійснюється облік нафти за об'ємом, масі (28-280 м3/ч) і подача на нафтопровід. Газ, що виділився з нафти, в установках сепарацій і в установці попереднього обезводнення “Хітер-

трітер” подається на ГПЗ, а також на факел. Вода пласта, що відокремилася на зневоднюючих установках, поступає в резервуари, а потім на кущові насосні станції, звідки вона поступає для закачування в нагнітальні свердловини [1].

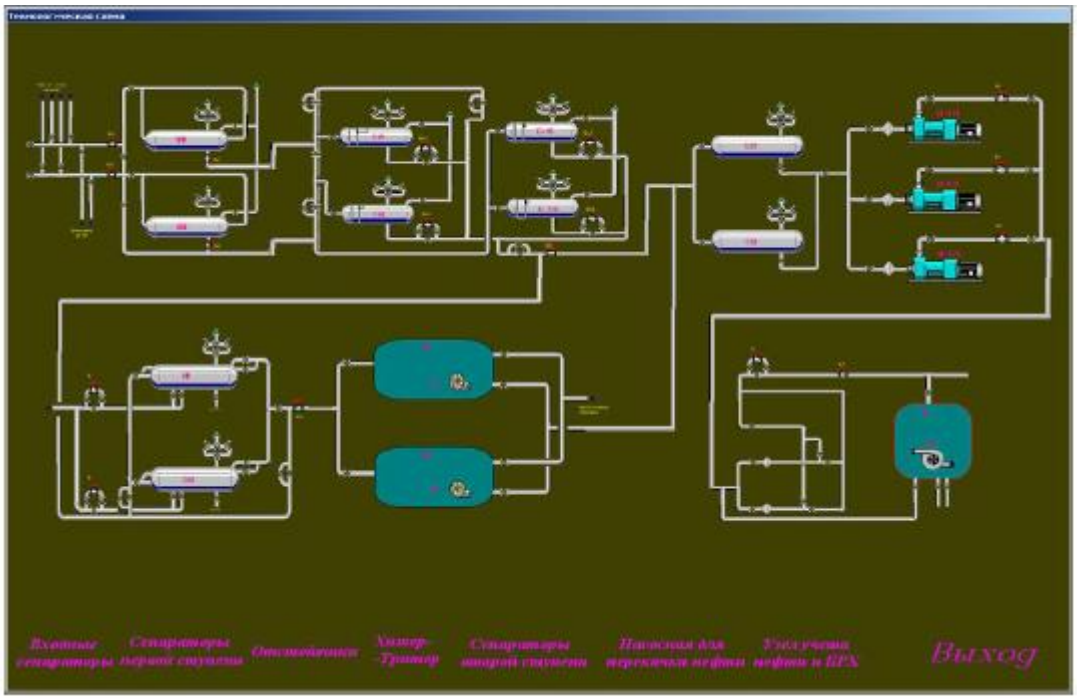


Рисунок 1.1. Технологічна схема

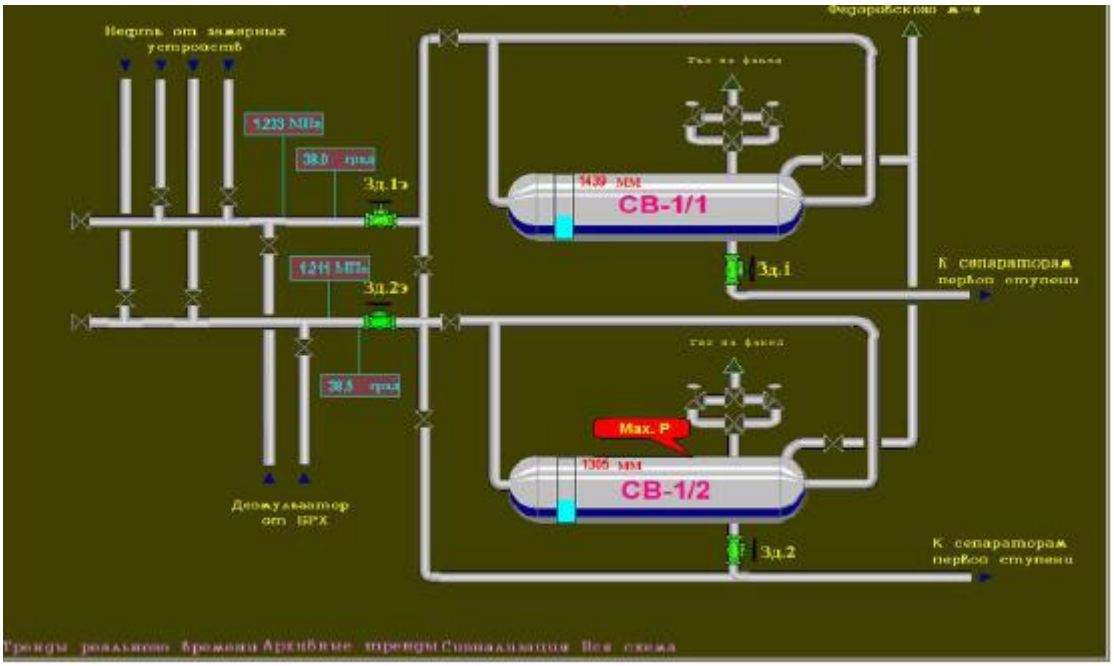


Рисунок 1.2 Вхідні сепаратори

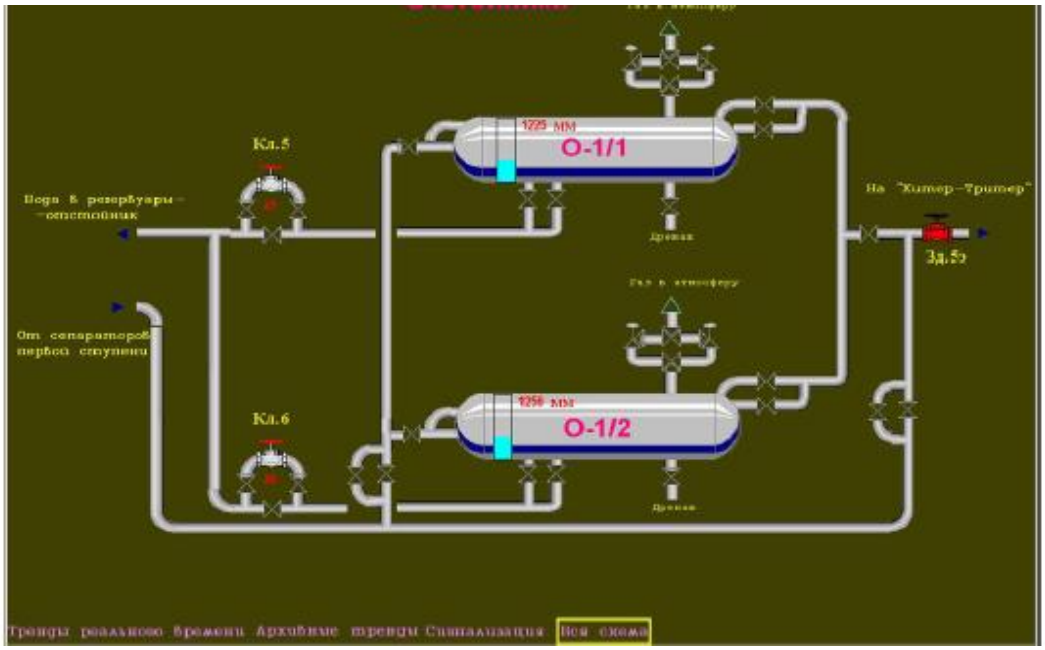


Рисунок 1.3. Відстійники

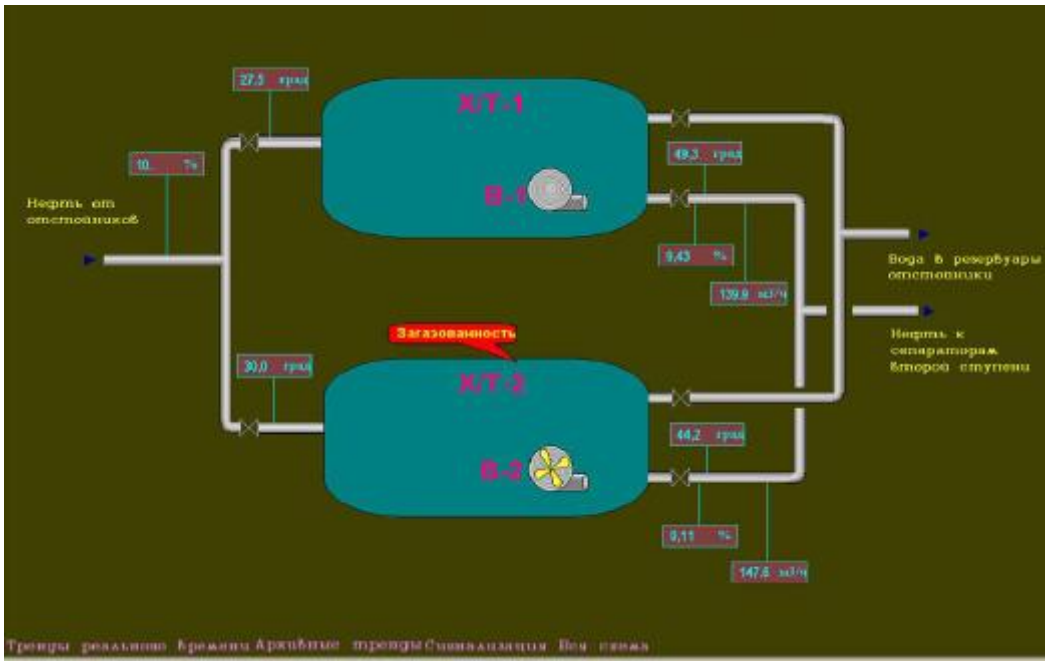


Рисунок 1.4. Установки «Хітер –Трітер»

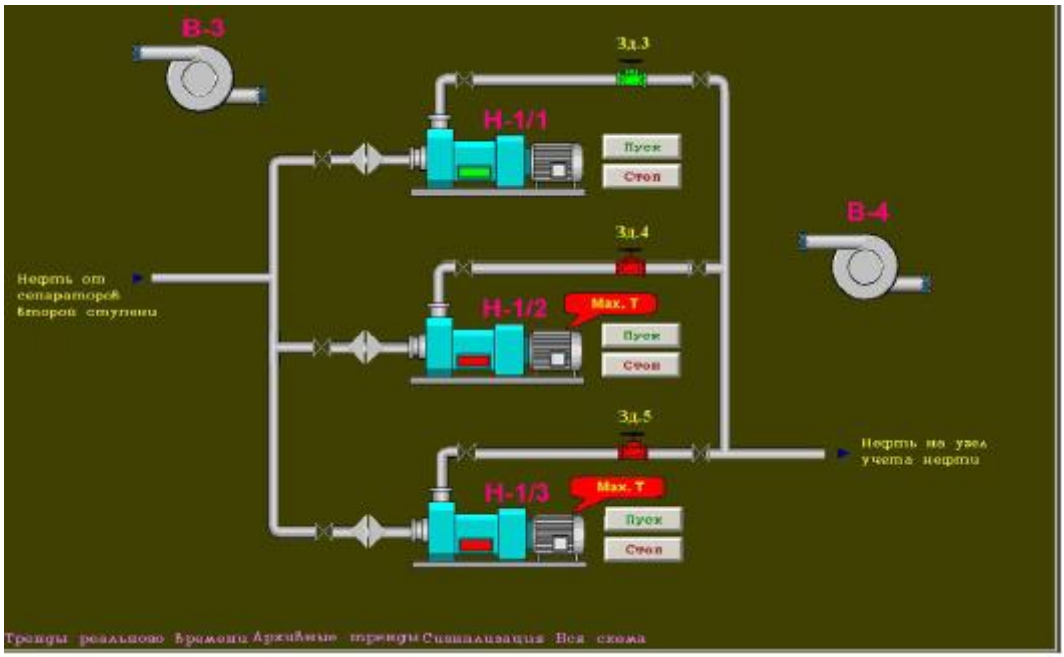


Рисунок 1.5. Насосы для перекачування нафти

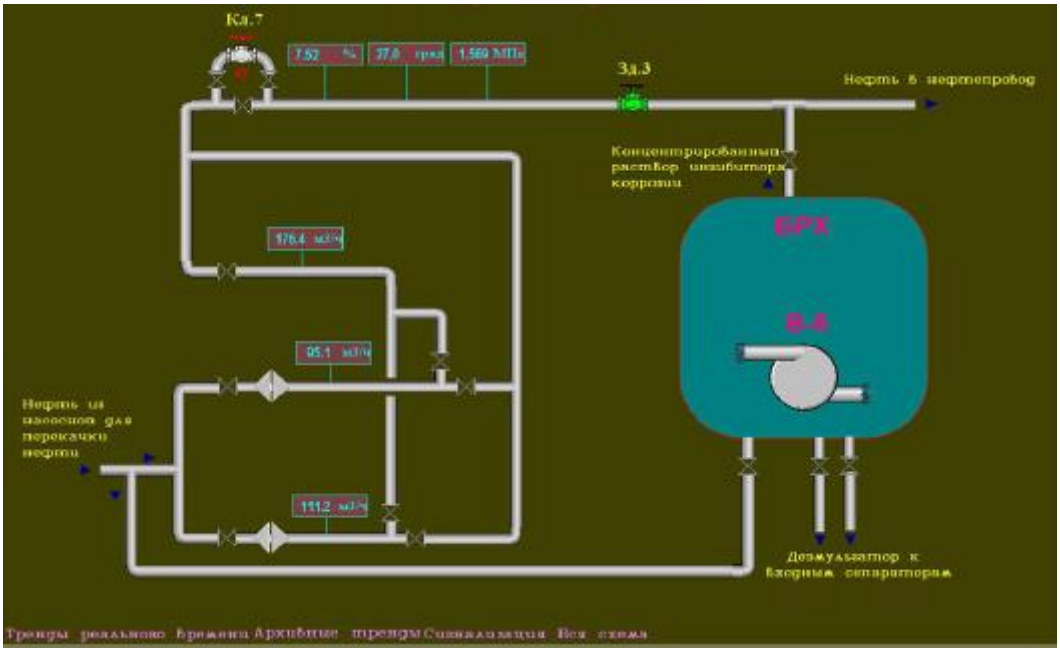


Рисунок 1.6. Вузол обліку нафти.

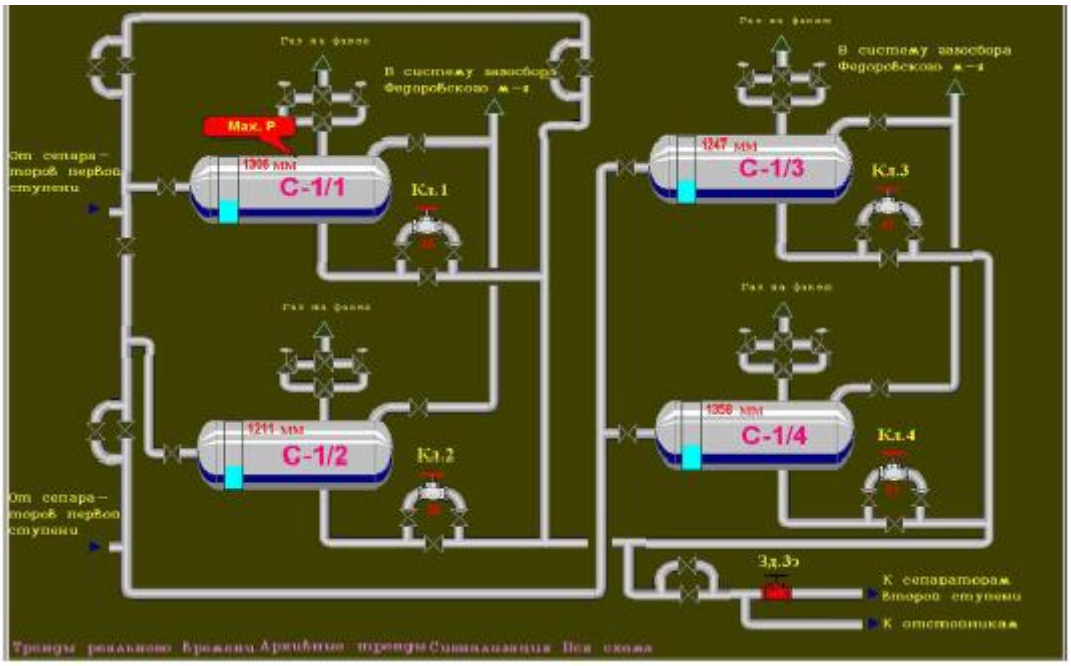


Рисунок 1.7 Сепаратори першого ступеня

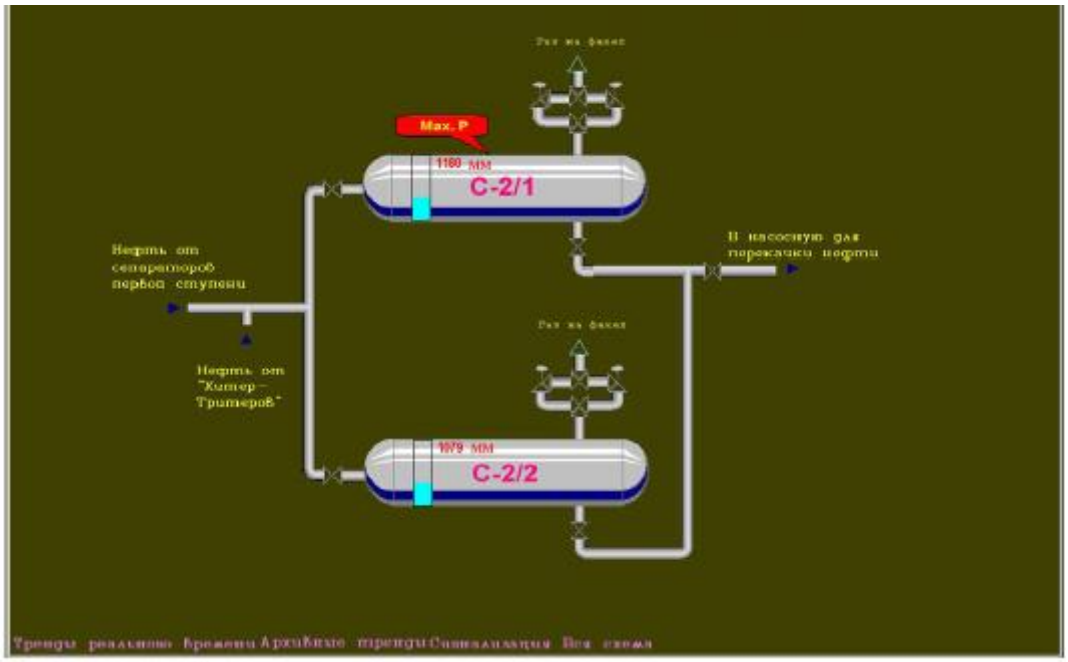


Рисунок 1.8 Сепаратори другого ступеня

1.2 Сучасний підхід до розробки АСОВІ ТП ДНС

У АСОВІ ТП ДНС-4А реалізовано автоматичне і видалене ручне управління засувками і клапанами. Система інтегрована з вузлами обліку нафти і газу. Дані з SCADA TRACE MODE постійно передаються в корпоративну інформаційну систему. У АСОВІ ТП ДНС-4А використані австрійські

контроллери Bernecker & Rainer (B&R), драйвер до яких входить в обширну бібліотеку безкоштовних драйверів TRACE MODE (більше 1585 безкоштовних драйверів).

Кваліфікована розробка алгоритмів управління АСУ ТП підготовки і перекачування нафти дозволила фахівцям компанії IBS забезпечити мінімальне необхідне залучення персоналу технологічних об'єктів до процесу управління механізмами і агрегатами. Такий підхід істотно знижує навантаження на оператора і тим, самим зменшує можливий негативний вплив "людського чинника" на зростання собівартості продукції, створення передумов аварійних ситуацій і забруднення навколишнього середовища.

Близько 95% нафти здобувається сьогодні методом заводнювання. В результаті обводненость нафті в процесі здобичі зростає до 80 і більше відсотків, що приводить до необхідності здійснення додаткових заходів щодо підготовки нафти і викликає постійне зростання собівартості продукції. Точніше — із зростанням тієї, що обводнює нафтогазової емульсії підвищуються витрати на відділення нафти, води, попутного газу, механічних домішок і на дожимной насосній станції (ДНС) все більше з'являється функцій, характерних для установки підготовки і перекачування нафти (УППН). Це означає, що традиційна з погляду функціональності ДНС поступово еволюціонує убік УППН. Нафтовики в якій те момент зрозуміли неефективність перегонки по усередині промисловим трубопроводам (довжина яких, часто, може бути вельми значною) емульсії, що містить 80-90 % води. У зв'язку з цим почали застосовуватися засоби і агрегати по зменшенню тієї, що обводнює безпосередньо на ДНС. Хоча іноді ставлять мульти фазні насоси, але їх застосування досить обмежене. В основному в управлінні такою, що обводнює переноситься на оптимальне управління процесом підготовки нафти на ДНС.

Очевидно необхідно вирішувати наступну задачу — утримати на колишньому рівні витрати на підготовку нафти і при цьому зберегти рівень якості нафти.

Загальне завдання, поставлене перед фахівцями IBS формулювалася в суто економічних термінах, — поліпшити якість підготовки нафти, одночасно понизивши собівартість цього процесу. Особлива увага приділялася можливості подальшої стабілізації рівня собівартості, компенсуючої очікуване збільшення тієї, що обводнює витягуваної нафти. Проект створення АСУ ТП нового покоління для ДНС, що входять у виробничу структуру нафтовидобувних підприємств ТНК, був реалізований компанією IBS в період 2001-2002 рр. В процесі реалізації проекту був виконаний весь цикл робіт, необхідних для введення в експлуатацію АСОВІ ТП ДНС, — від розробки технічних рішень по автоматизації до проведення пуско-налагоджувальних робіт на об'єкті і навчання персоналу. Логічно було виділено 3 основні рівня системи: майданчик підготовки нафти, рівень нафтопромислу (видалення від майданчиків підготовки нафти — 50 км.), рівень НГДУ (у місті, видаленому на 400 км. від нафтопромислу). Таким чином, вийшли 3 зони, охопленої проектом.

Першим етапом робіт були забезпечені традиційні функції моніторингу ТП безпосередньо на майданчику підготовки нафти. Технологічною метою цієї черги проекту було забезпечення тієї, що стабільної обводнює вихідної нафти при нестабільних характеристиках водонафтогазової емульсії, що поступає на майданчик. Був виконаний монтаж контрольно-вимірювального устаткування (більше 200 типів), інстальований і конфігурований SCADA-пакет InTouch на 1500 тегов (на кожному майданчику підготовки), а також система підтримки регламентних робіт Avantis.Pro.

Розробка, реалізована на другому етапі (також на базі лінійки продуктів компанії Wonderware — Industrial SQL, Active Factory, Suite Voyager, SCADA Alarm) дозволяє розділяти подієвий потік, що йде від технологічного об'єкту управління, і розподіляти різні його складові між робочими місцями фахівців (оператор, технолог, механік, енергетик, геолог), здатних ухвалити рішення по даних подіях.

Нарешті, на третій фазі робіт була реалізована парадигма "процессного" управління.

Якщо говорити про технічні перспективи проекту, то необхідно відзначити наступне. Побудова вертикалі "майданчик і InTouch — технологічний сервер Industrial SQL — робочі місця в НГДУ на базі MS Office + Active Factory" дозволяє нарощувати як число приєднуваних технологічних об'єктів, так і число робочих місць в НГДУ. Потенційно вузьким местомом є тэговая ємкість Industrial SQL, оскільки через нього всі технологічні параметри доставляються в НГДУ. Закладена ємкість (100.000 тегів), по наших розрахунках, дозволяє підключити всі кущі родовища, і таким чином, прийти до ситуації, коли вся технологічна інформація з родовища концентрується в одному місці і в єдиному форматі, що украй привабливо з погляду можливості глибокого аналізу протікання ТП.

Вкажемо основні статті експлуатаційних витрат, на які позитивно вплинуло створення даної АСОВІ ТП:

- ремонти технологічного устаткування, ліквідація аварій і супутня витрата що комплектують, енергоносіїв, матеріалів, транспортних ресурсів;
- витрата експлуатаційних матеріалів;
- штрафи (наприклад, за порушення екологічного стану прилеглої території);
- витрати на забезпечення контролю якості і кількості зданої нафти;
- виплати співробітникам, які отримали пошкодження в аваріях.
- Ці витрати можуть бути прийняті за економічні критерії оцінки ефективності АСОВІ ТП. По різних статтях витрат економія склала 5-30%, що було визнане результатом, адекватним проведеним інвестиціям. Очевидно, що ці показники також свідчать про успішність проекту в цілому [3].

2. Автоматизація технологічного процесу

2.1 Цільова функція автоматизації

Автоматизація виробництва виконується для полегшення процесу управління об'єктом, в слідстві чого відпадає необхідність залучення великої кількості операторів. Постом управління станції є пульт управління, розташований в операторній. З нього здійснюється дистанційний контроль і управління устаткуванням, а також режимами роботи основних і допоміжних об'єктів.

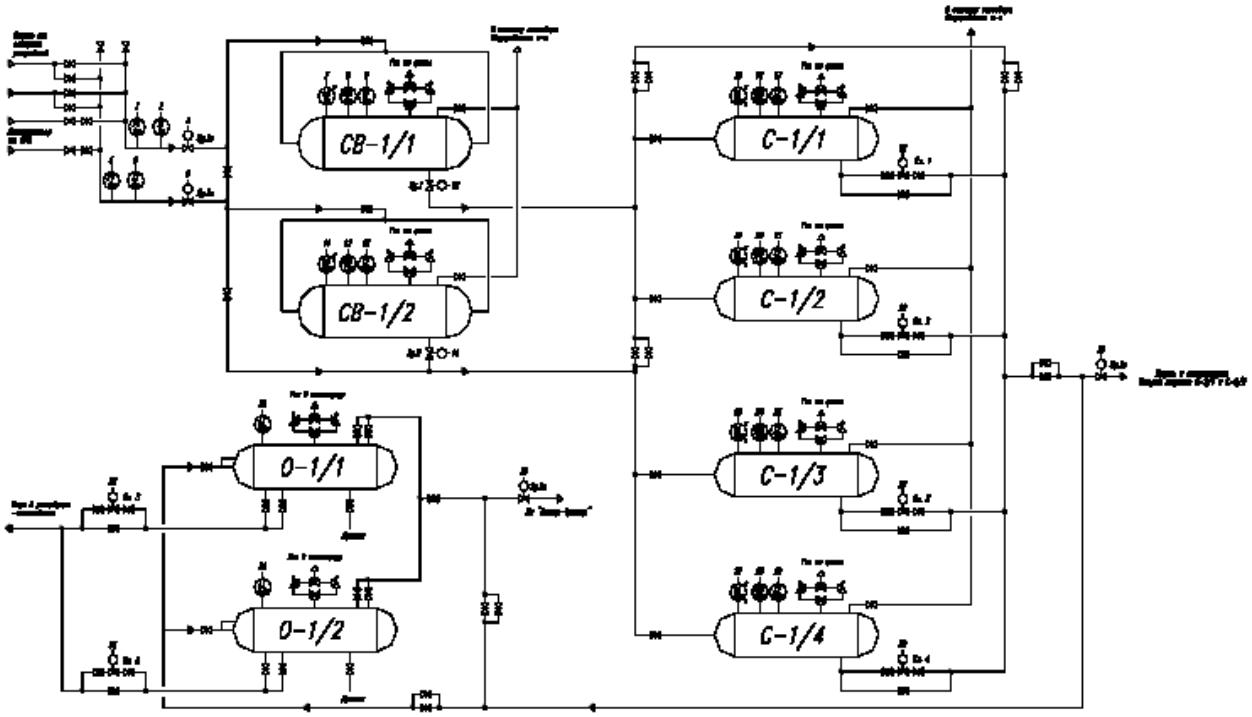


Рисунок 2.1. Схема автоматизації

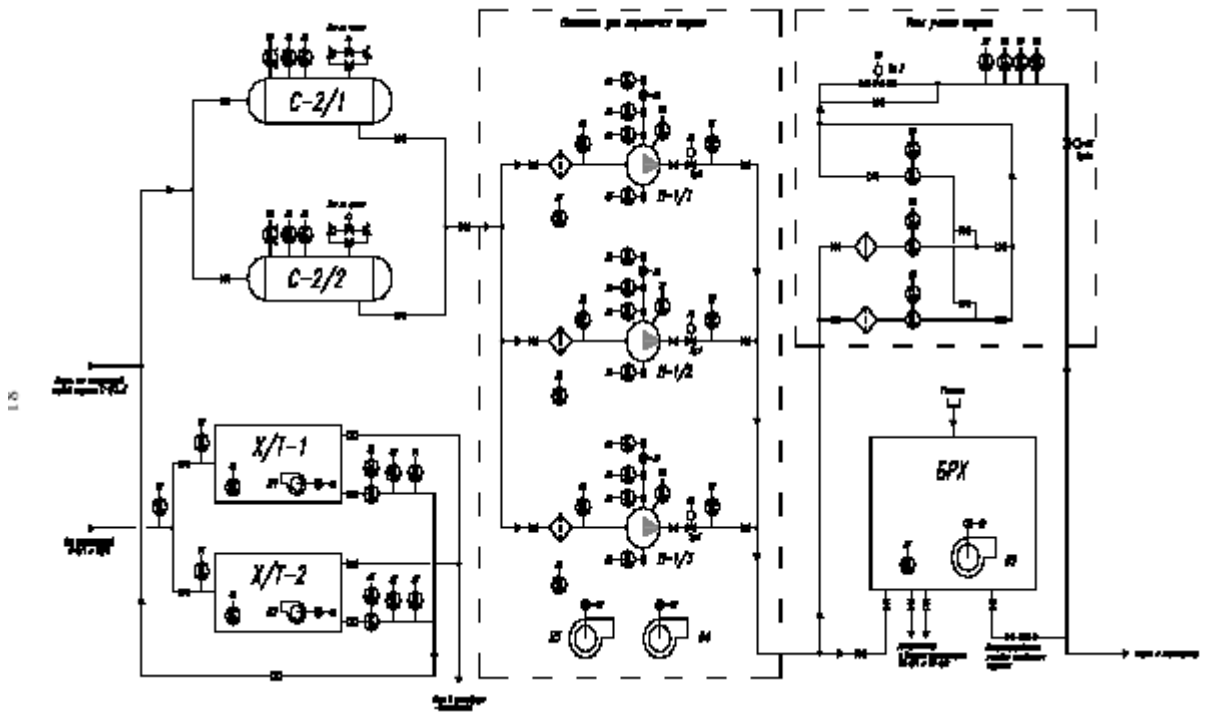


Рисунок 2.2. Схема автоматизації

Технологічний процес повинен протікати якомога безпечніше у всіх його стадіях, для цього в системі автоматизації застосовуються нові, точніші, в порівнянні з ранніми розробками, прилади, датчики і виконавчі механізми. Можливості системи в частині відстежування параметрів процесу, спрацьовування ланцюгів управління Кипіа і аварійного відключення функціонують незалежно один від одного, це реалізовано з метою забезпечити максимальну безпеку виробництва. Проектування АСОВІ здійснюється так, щоб забезпечити безпечне, надійне і точне управління системами станції, а також передбачити експлуатацію установки в найбільш ефективному режимі.

2.2 Функції системи, що розробляється

Актуальність створення системи значно зросла останнім часом у зв'язку з підвищенням вартості нафти, енергоресурсів, реагентів, витрат на зміст обслуговуючого персоналу і підтримку екології навколишнього середовища.

Основні функції АСУ ТП включають:

- збір інформації про контрольований технологічний процес підготовки нафти;
- передача команд, що управляють, в технічний комплекс технічного рівня;
- реєстрація подій (передісторія подій), пов'язаних з контрольованим технологічним процесом;
- реєстрація дій персоналу;
- сповіщення персоналу про виявлені аварійні події, пов'язані з ходом контрольованого технологічного процесу;
- безпосереднє автоматичне управління технологічним процесом відповідно до заданих алгоритмів з можливістю переходу в ручний режим, так з щита автоматики, так і по місцю;
- відображення на автоматизованому робочому місці технологічних параметрів процесу в реальному часі, а також представлення архівної інформації в зручній для сприйняття формі;
- ведення архівної бази даних [4].

Засобом досягнення цих цілей є використання сучасних технічних засобів, у тому числі і мікропроцесорних.

Вживані технічні засоби повинні дозволяти реалізувати із заданого набору алгоритмів одноконтурні, багатоконтурні і багатозв'язкові системи автоматичного регулювання, сигналізації і захисту, а так само оперативно перетворювати і удосконалити існуючі схеми захисту, регулювання і сигналізації.

Застосування сучасних мікропроцесорних засобів повинне дозволити, у разі потреби, розвиток системи управління, а так само її зв'язок з іншими інформаційними мережами, зокрема більш високого рівня.

2.3 Структура АСОВІ ТП ДНС

У АСОВІ ТП ДНС виділяють основні 2 рівні ієрархії:

- нижній рівень – рівень датчиків, приладів, виконавчих механізмів;

- верхній рівень – мікропроцесорних контроллерів і автоматизованих робочих місць операторів.

Всі датчики, прилади і виконавчі механізми нижнього рівня виконані у вибухонебезпечного виконання і рекомендовані для застосування в нафтогазовій галузі. Основною функцією нижнього рівня є перетворення необхідних технологічних параметрів в електричні сигнали і обробка сигналів мікропроцесорним контроллером.

Основними функціями верхнього рівня є полученние з нижнього рівня інформації, передача команд, що управляють.

На щиті автоматики на основі технологічного контроллера АСУ ТП і вторинних приладів датчиків реалізовані:

- схеми технологічного захисту установки;
- схеми збору телемеханической інформації з первинних датчиків встановлених на технологічних об'єктах;
- пускова апаратура;
- ручне управління.

Устаткування сполучення з технологічним устаткуванням побудоване на основі технологічного контроллера SLC5/04 виробництва фірми Allen Bradley з модулями введення сигналів від вимірювальних приладів і датчиків, встановлених на технологічному устаткуванні, і модулями управління пусковою апаратурою.

Автоматизоване робоче місце оператора розробляється на основі операційної системи Microsoft WINDOWS із застосуванням інструментів розробки SCADA-систем RSView32.

АСОВІ ТП передбачає можливість регламентованого втручання оператора в хід технологічного процесу (відкриття/закриття електрозасувок, перевизначення уставок для регуляторів і тому подібне) шляхом подачі команд з автоматизованого робочого місця оператора, організованого на базі промислового персонального комп'ютера [5].

2.4 Комплекс технічних засобів

Всі датчики, прилади і виконавчі механізми виконані у вибухонебезпечного виконання і рекомендовані для застосування в нафтогазовій галузі. Вибрані датчики мають високу точність вимірювання, стійкі до зовнішніх дій різного роду.

2.4.1 Манометр показуючий сигналізуючий ДМ-2005 Сг 1Ех

Манометри показуючі сигналізуючі ДМ - 2005 Сг 1Ех призначені для вимірювання надмірного і вакуумметрического тиску різних середовищ і управлінь зовнішніми електричними ланцюгами від сигналізуючого пристрою прямої дії.

Прилади є вибухозахищеними з виглядом вибухозахисту "вибухонепроникна оболонка" і мають маркіровку по вибухозахисту 1ExdII Вт4.

По захищеності від дії навколишнього середовища прилади мають виконань:

- по стійкості до атмосферних дій - звичайне і захищене від попадання всередину пилу і води;
- по стійкості до дії агресивних середовищ - звичайне і захищене від дії агресивних середовищ.

Контрольовані середовища: неагресивні, некристализирующие рідини, гази, пари зокрема кисень.

Технічні дані:

- діапазон свідчень приладів, Мпа

від 0 до 0,1; 0,6; 0,25; 0,4; 0,6; 0,1; 1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10,0; 16,0; 25,0; 40,0; 60,0;100,0;160,0;

- клас точності приладів 1,5;
- діапазон вимірювань надмірного тиску має бути від 0 до 75% діапазону свідчень; вакуумметрического тиск дорівнює діапазону свідчень;
- діапазон установок приладів: від 5 до 95% діапазону свідчень - для діапазону вимірювань від 0 до 100%, від 5 до 75% діапазону свідчень - для діапазону вимірювань від 0 до 75 %;

- мінімальний діапазон установок, що задається сигналізуючим устройством від 0 до 10% діапазону установок;

- параметри сигналізуючого пристрою: напруга зовнішніх коммутируемых ланцюгів: 24; 27; 36; 40; 140; 220; 380В - для ланцюгів змінного струму і 24; 27; 36; 40; 110; 220 В - для ланцюгів постійного струму;

- розривна потужність контактів 10Вт постійного і 20ВА контактами; 30Вт постійного і 50ВА змінного струму - для сигналізуючого пристрою з магнітним підтисканням контактів;

- сила струму до 1 А;

- відхилення напруги від номінальних значень має бути від + 10 до - 15 %;

- частота змінного струму (50+/-1) Гц;

- межа основної похибки спрацьовування сигналізуючого пристрою, що припускається: +/- 2,5% діапазону свідчень - для приладів з ковзаючими контактами; +/- 4% діапазону - для приладів з магнітним підтисканням контактів;

- прилади стійкі до дії температури навколишнього повітря від -50 до + 60 З і відносній вологості до 98% при 35 З і нижчих температурах конденсації вологи;

- прилади стійкі до дії вібрації частотою (5 - 35) Гц з амплітудою зсуву 0,35мм [6].

2.4.2 Сигналізатор рівня ультразвукової СУРИ-3

Сигналізатор рівня ультразвуковий СУРИ-3 призначений для сигналізації положення рівня різних рідких продуктів в двох точках технологічних ємкостей і управління технологічними агрегатами.

Технічні дані:

- чотири оптоелектронні ключі типу «сухий контакт»;

- індикація положення першого і другого граничного рівнів за допомогою світлодіодів;

- робочий надмірний тиск 2 Мпа;

- робоча температура від –45 до +65 (З;
- максимальна довжина чутливого елементу 4м(жорсткий ЧЕ) і 16м (гнучкий ЧЕ);
- середнє напрацювання на відмову не менше 50000ч;
- термін служби не менше 10 років;

Вимірювані середовища: рідкі (нафта, темні і світлі нафтопродукти, зріджений газ) [7].

2.4.3 Сигналізатор рівня ультразвукової СУРИ-5

Сигналізатор рівня ультразвуковий СУРИ-5 призначений для видачі електричного сигналу в систему автоматичного контролю і управління досягши аварійного рівня рідких продуктів.

Технічні дані:

- два оптоелектронні ключі типу «сухий контакт»;
- індикація положення рівня за допомогою світлодіодів;
- робочий надмірний тиск 84.106.7 кПа;
- робоча температура від –45 до +65 (З;
- довжина чутливого елементу 0,25.0,4м;
- середнє напрацювання на відмову не менше 50000ч;
- термін служби не менше 10 років [7].

2.2.4 Датчик рівня ультразвукової Дуу4

Датчик рівня ультразвукової Дуу4 призначені для вимірювання рівня різних рідких продуктів. Датчики можуть здійснювати:

- контактне автоматичне вимірювання рівня рідин;
- контактне автоматичне вимірювання до чотирьох рівнів розділу незмішуваних рідких продуктів;
- вимірювання температури контрольованого середовища в одній крапці;
- вимірювання тиску контрольованого середовища.

Технічні дані:

- вихідний сигнал 4-20мА або сухі контакти або RS-485(Modbus RTU);

- робочий надмірний тиск 2 Мпа;
- робоча температура від –45 до +95 (З;
- довжина чутливого елементу 4м(жорсткий ЧЕ) або 25м (гнучкий ЧЕ);
- середнє напрацювання на відмову не менше 50000ч;
- термін служби не менше 8 років [7].

2.4.5 Термоперетворювач з уніфікованим вихідним сигналом МЕТРАН 200Т-Ех

Датчики призначені для безперервного перетворення температури рідин, пари і газів в уніфікований струмовий електричний вихідний сигнал дистанційної передачі, які можуть використовуватися для роботи в системах автоматичного контролю, регулювання і реєстрації температури на об'єктах в різних галузях промисловості, енергетики, комунального господарства.

Технічні дані:

- діапазон вимірюваних температур 0 - 150 $^{oC;}$
- межа основної похибки, що припускається ?(0,5 %;
- додаткова погрішність датчиків, викликана дією вібрації, виражена у відсотках від діапазону зміни вихідного сигналу, не повинна перевищувати (0,25%;
- зміна значення вихідного сигналу, викликана зміною опору навантаження від 0,1 до 1,0 не перевищує? (0,1%;
- додаткова погрішність датчиків, викликана зміною температури навколишнього повітря в робочому діапазоні, виражена у відсотках від діапазону зміни вихідного сигналу на кожних 10 ^{oC}, не перевищує ±0,45%;
- довжина занурюваної частини в зону вимірювання 120 мм;
- температура навколишнього середовища від мінус 50 до 60 ^{про} З;
- граничне значення вихідного сигналу 4-20 мА;
- опір навантаження, що підключається на виході датчика, включаючи лінію зв'язку - від 0,1 до 1,0 кОм;
- напруга живлення постійного струму 36 (? 0,72 В;
- споживана потужність, не більше 0,8 Вт;

- стійкість до пилу і бризок IP 54;
- кліматичного виконання і категорії виконання У.2;
- призначений термін служби до списання датчика 12 років;
- норма середнього напрацювання на відмову 32000 ч;
- маса датчика, не більше 0.73 кг [8].

2.4.6 Витратомір Метран-350

Витратомір Метран-350 (спільне виробництво з компанією Emerson Process Management) призначений для роботи в системах автоматичного контролю, регулювання і управління технологічними процесами в різних галузях промисловості, а також в системах комерційного обліку рідин, пари і газів.

Основні переваги:

- проста установка в трубопровід через один отвір;
- установка в трубопровід без зупинки процесу (спеціальна конструкція);
- мінімальна вірогідність витоків вимірюваного середовища;
- нижчі втрати тиску і менші довжини прямолінійних ділянок в порівнянні з витратомірами на базі звужуючих пристроїв;
- істотне зниження вартості монтажу і обслуговування завдяки інтегральній конструкції;
- легкість взаємодії з існуючими контрольними системами або обчислювачами витрати за допомогою інтелектуального протоколу комунікацій HART і Modbus;
- простота перенастроювання динамічного діапазону;
- висока надійність, відсутність рухомих частин.

Вимірювані середовища: газ, пара, рідина.

Параметри вимірюваного середовища:

- температура: -40.400 °C – інтегральний монтаж і -40.677 °C – видалений монтаж;
- надмірний тиск в трубопроводі 25 Мпа.

Межі основної відносної похибки вимірювань масової (об'ємного) витрати, що припускається, до ±1 %.

Самодіагностика.

Середній термін служби – 10 років.

Міжперевірочний інтервал – 2 року.

Принцип дії витратоміру Метран-350 заснований на вимірюванні витрати і кількості середовища (рідини, пари, газу) методом змінного перепаду тиску з використанням усереднюючих напірних трубок моделей Annubar Diamond II+ (4 покоління) і Annubar 485 (5 покоління), на яких виникає перепад тиску, пропорційний витраті. Сенсори встановлюється перпендикулярно напряму потоку, перетинаючи його по всьому перетину [8].

2.4.7 Інтелектуальний датчик тиск Метран 100

Для отримання аналогових даних про надмірний тиск на різних вузлах використовуються інтелектуальні датчики тиску Метран-100-ДИ. Для вимірювання різниці тиску на вході і виході фільтрів використовуються датчики Метран-100-ДД.

Діапазони вимірюваного тиску:

- мінімальний 0-25 кПа;
- максимальний 0-25 Мпа.

Основна погрішність до ±0.1% від діапазону.

Виконань:

- звичайне;
- вибухозахищене (Ex);

Міжперевірочний інтервал: 3 року.

Гарантійний термін експлуатації: 3 року.

Можливості датчика:

- контроль поточного значення вимірюваного тиску;
- контроль і налаштування параметрів датчика;
- установка "нуля";

- вибір системи і налаштування одиниць вимірювання;
- налаштування часу усереднювання вихідного сигналу (демпфування);
- перенастроювання діапазонів вимірювання, зокрема на нестандартний (25:1, 16:1, 10:1);
- настроювання на "зміщений" діапазон вимірювання;
- вибір залежності вихідного сигналу від вхідної величини: (що лінійно-зростає, лінійно-убуває, пропорційна Корню квадратному перепаду тиску);
- калібрування датчика;
- безперервна самодіагностика;
- тестування і управління параметрами датчика на відстані;
- захист налаштувань від несанкціонованого доступу [9].

2.4.8 Віброперетворювач DVA-1-2-1

DVA-1-2-1 призначений для вимірювання середньоквадратичного значення (СКЗ) віброшвидкості. Тип вихідного інтерфейсу: 4-20 мА;

Віброперетворювачі мають вибухозахищеного виконання з виглядом вибухозахисту "іскробезпечний ланцюг" і маркіровкою по вибухозахищеності 1ExibIICT5 по ГОСТ 51330.10.

Термін служби – 8 років [10].

2.4.9 Сигналізатор довзрывоопасных концентрацій газів СТМ-10

Стаціонарні сигналізатори СТМ-10 призначені для автоматичного безперервного контролю довзрывоопасных концентрацій багатокомпонентних повітряних сумішей горючих газів і пари.

Діапазон вимірювання: 0-50 % НКПР.

Діапазон сигнальних концентрацій: 5-50% НКПР.

Стандартна установка порогів: 1-й – 7 % НКПР, 2-й, – 12 % НКПР.

Час спрацьовування сигналізації: не більше 10 с.

Час прогрівання: не більше 5 мин.

Температура навколишнього середовища: -60.+50 °С.

Живлення: 220 В (50 ± 1 Гц).

Термін служби: не менше 10 років.

Сигналізатори мають світлову сигналізацію на лицьовій панелі по кожному каналу досягши порогових концентрацій горючих газів або несправності датчика [10].

2.4.10 Аналізатор вологості 3050 OLV

Аналізатор 3050 OLV визначає вологість в потоці газу, вимірюючи частоту коливань кварцевого кристала.

Коли кристал обдувається аналізованим вологим газом, вода адсорбується спеціальним покриттям кристала, викликаючи зменшення частоти його коливань. Потім кристал обдувається порівняльним газом, як який використовується осушений аналізований газ. При цьому адсорбована вода віддаляється з поверхні кристала, і частота його коливань знов збільшується.

Різниця між цими двома частотами пропорційна вмісту води в газі.

Періодичність перемикання потоків аналізованого і порівняльного газів, залежно від додатку, програмується користувачем.

Діапазон: 0,1...2500 ppmv (що калібрується), до 9999 ppmv.

Одиниці вимірювання: ppmv ?С точки роси, мг/м3;

Погрішність: +10% від свідчення в діапазоні 0,1...2500 ppmv;

Чутливість: +0,1 ppmv або 1% від свідчення;

Час відгуку: не більше 1 міни для 90% при зміні вологості від 1000 до 10 ppmv;

Аналоговий вихід: 4...20 мА.

Релейні виходи: 3 реле, для сигналізації про помилку системи і про перевищення встановлених концентрацій;

Інтерфейси: RS-232, RS-485;

Параметри навколишнього середовища: Аналізатор: 5...50 °С (-20...+50 °С у шафі) [11].

2.4.11 ГИК точковий детектор вуглеводневих газів IRFMD

Призначений для вимірювання концентрацій вуглеводневих газів в повітрі.

Технічні характеристики і вигода:

- аналоговий сигнал 4-20мА;
- індикація рівня загазованості на 4-х цифровому дисплеї;
- немає необхідності проводити поточне калібрування;
- канал передачі даних RS-485 за допомогою протоколу Modbus RTU$
- оптична система з підігрівом для видалення конденсації;
- індикація забруднення оптичної системи;
- захищеність від типових отруйних речовин;
- працює в середовищі з недостатнім змістом кисню;
- ступінь захисту IP66;
- робоча температура від –45 до +75 (С.

3. Аналіз і вибирання засобів розробки програмного забезпечення

3.1 Обгрунтування вибору контроллера

Промислові контроллери – мозок сучасних систем промислової автоматизації. Вони щонайближче розташовані до технологічного процесу. Їх відмова практично приводить відразу до відмови всієї системи промисловій автоматизації. З промисловими контроллерами доводиться стикатися практично всім фахівцям, які працюють в області АСОВІ ТП.

Існує величезна кількість підприємств, що активно працюють в області промислових контроллерів. Одні з найкрупніших постачальників засобів контролю і управління технологічними процесами світового ринку наступні: канадська компанія «Control Microsystems», група компаній «Tekon» - провідний російський постачальник засобів і систем АСОВІ ТП, компанія «Елеси», Індустріальні комп'ютерні системи, Emerson Process Management, Rockwell Automation, Metso Aytomation, Yokogawa Electric, Opto 22, Octagon, Siemens, Modicon, Remicont-130 та інші. Вироби цих виробників стають все менш дорогими, все більш ретельно випробуваними і більш широко поширеними. Нижче приведений короткий огляд контроллерів деяких фірм-виробників.

Компанія «Індустріальні комп'ютерні системи» випустила третє покоління моноблочних контроллерів сімейства FX3U, що володіє унікальним для даного класу PLC швидкодією, значним розміром пам'яті, високою гнучкістю конфігурації, розвиненими засобами комунікації. Ці контроллери поєднують в єдиному конструктиві: джерело живлення, центральний процесор, пам'ять, вбудовані канали дискретного введення/виводу, порт програмування RS-422. Кількість вбудованих каналів дискретного введення/виводу складає від 16 до 128. При необхідності збільшення кількості каналів передбачена можливість підключення до внутрішньої високошвидкісної шини контроллера додаткових модулів введення/виводу. Однією з найважливіших конструктивних особливостей PLC FX3U є наявність другої шини розширення, розташованої з

лівого боку контроллера і призначений для підключення додаткових модулів-адаптерів.

Всі контроллери даної серії мають вбудовану незалежну пам'ять програми об'ємом 256 Кбайт. Це дозволяє реалізувати складні алгоритми управління і зберігати великий об'єм інформації в регістрах даних[13-14].

Переваги нової серії FX3U програмованих логічних контроллерів виробництва Mitsubishi Electric: приваблива вартість, висока надійність, висока швидкодія в своєму класі, гнучкість конфігурації, підключення до 384 каналів введення/виводу, підключення до 128 каналів аналогового введення/виводу, розвинених засобів комунікації.

Комунікаційний контроллер ЕЛСІ-ГРУДКА, розроблений фахівцями НДІ Томська Електронних систем, покликаний вирішити задачу збору інформації від різних підсистем і маршрутизації інформації між підсистемами. ЕЛСІ-ГРУДКА – спеціалізований пристрій, призначений для організації інформаційного обміну між устаткуванням систем автоматики і телемеханіки, що використовують різні інтерфейси. Контроллер дозволяє з мінімальними витратами реалізувати інформаційний обмін між декількома каналами з інтерфейсами зв'язку, що відрізняються, об'єднати в єдину систему устаткування різних виробників або типів, а також здійснити перетворення одних протоколів в інших. ЕЛСІ-ГРУДКА надає користувачеві можливість роботи з найбільш поширеними технологічними протоколами і інтерфейсами. Контроллер призначений для безперервної експлуатації, що не обслуговує, на технологічних об'єктах.

Контроллер SCADAPack, розроблений канадською компанією Control Microsystems, об'єднує в собі високопродуктивний 32-бітовий процесор, 16 Мбайт flash-памяти, 4 Мбайта CMOS-памяти, аналогові і цифрові входи/виходи, широкі комунікаційні можливості локальних мереж і USB, а також розширені можливості енергозбереження. ПЛК SCADAPack може програмуватися як локально, так і видалено за допомогою мов релейної логіки. Для високошвидкісної взаємодії з іншим устаткуванням в контролі використовується Ethernet-адаптер, що підтримує протоколи ModBus/TCP, ModBus RTU/ASCII в

UDP, DNP в TCP. Можливе постачання контроллера з інтегрованим модулем безпровідного зв'язку, що працює на частоті 900 Мгц або 2,4 Ггц [14].

У ОАО «Зеім» були розроблені контроллер з функціонально децентрализованной архітектурою – КРОС-500 і контроллер з функціонально і географічно децентрализованной архітектурою – ТРАСА, призначені для автоматизації на однорідній апаратурі об'єктів різних класів – простих і складних, зосереджених і розподілених. Відмітною особливістю цих контроллерів є наявність в їх складі модулів, які автономно і незалежно від центрального процесора виконують не тільки функції введення/виводу, але і різні функції, що управляють, запрограмовані користувачем. Це істотно підвищує надійність, живучість контроллера і динаміку виконання окремих функцій, а також знижує вартість систем.

Контроллер THINKIO, розроблений фірмою Контрон, є новим, в максимальному ступені гнучкою системою управління, що настроюється. Малі розміри контроллера (товщина не більше 70 мм) забезпечують його установку в малогабаритних промислових комутаційних шафах. Нова система складається з вмонтовуваного на DIN-рельсе комп'ютера THINKIO і модульної системи введення/виводу компанії Wago. Контроллер THINKIO оснащений процесором, сумісним з INTELR PENTIUMR MMX з частотою 266 Мгц, сторожовим таймером, стандартними комунікаційними інтерфейсами: для USB, два Fast Ethernet, RS-232 і промислові шини (Profibus, CAN і DeviceNet), цифровим графічним DVI – інтерфейсом, а також роз'ємами для безпосереднього підключення до системи введення/виводу Wago. Можливість конфігурації і управління контроллером через інтернет і локальну мережу забезпечується інтегрованим програмним середовищем SOPH.I.A.

Серія могутніх програмованих контроллерів Quantum фірми Modicon є чудовою платформою для вирішення всіх завдань автоматизації. Завдяки модульній архітектурі контроллера Quantum, масштабованій від одиночного контроллера до глобальної системи автоматизації, він може вирішувати найбільш відповідальні завдання в масштабі цілого підприємства. Контроллери

Quantum програмно, а також на мережевому рівні сумісні з молодшими серіями контроллерів - Compact і Momentum, що дозволяє будувати ще гнучкішу і ефективнішу архітектуру управління. Quantum простий при конфігурації і в експлуатації, надає широкий вибір архітектури і модулів, має тисячі інсталяцій по всіх миру і перевірений у вирішенні сотень різних завдань.

Сімейство програмованих контроллерів SIMATIC S7-200 фірми Siemens призначені для побудови щодо простих і дешевих систем автоматичного управління. Вони володіють високою продуктивністю: висока швидкість виконання інструкцій і, як наслідок, малий час циклу виконання програми. Наявність швидкісних лічильників зовнішніх подій, що розширюють можливі сфери застосування контроллерів. Швидкісна обробка запитів на переривання. Контроллери SIMATIC S7-200 володіють високою універсальністю: можливість розширення системи управління за рахунок підключення додаткових модулів введення-виводу. Могутня система команд для швидкої і зручної обробки інформації в будь-яких практичних застосуваннях. Безліч додаткових характеристик: PPI інтерфейс, що підтримує програмування, виконання процедур обслуговування людино-машинного інтерфейсу, послідовного обміну даними з різною апаратурою. Дружні пакети програмування STEP 7 Micro/Win і STEP 7 Micro/DOS. Трирівневий парольний захист програм користувача. Текстовий дисплей TD200 і широкий спектр панелей оператора, що дозволяють створювати зручний людино-машинний інтерфейс. Програмовані контроллери SIMATIC S7-200 розширені новими типами центральних процесорів: CPU 210, CPU 221, CPU 222 і CPU 224. Нові центральні процесори CPU 22x в порівнянні зі своїми аналогами мають менші габарити, оснащені великими об'ємами пам'яті, мають вищу швидкодію, можуть програмуватися на мові FBD.

Одним зі світових лідерів в області розробки і виробництва високонадійних промислових контроллерів від мікроконтролерів MicroLogix до могутніх контроллерів PLC є фірма Allen-Bradley. Одними з найпоширеніших є контроллери SLC-500 (Small Logical Controller), що мають широкий діапазон застосування, - від малих автономних до великих розподілених систем

управління. SLC є хорошим прикладом сучасного програмованого логічного контроллера. У даному дипломному проекті застосований мікропроцесорний контроллер фірми Allen-Bradley SLC-500.

Контроллери SLC-500 можуть мати фіксовану і модульну конструкцію. Модульним контроллером є шасі, блок живлення, модуль процесора і набір модулів введення/виводу для об'єкту, визначуваний кількістю вхідних і вихідних сигналів. До складу модульних програмованих контроллерів серії SLC входять 12 модифікацій процесорів, більше 80 типів модулів ввода/ виводу, спеціальних модулів, 4 типоразмера шасі для установки модулів (4, 7, 10, 13 місць). Кожен модуль центрального процесора може підтримувати до 30 модулів введення/виводу в системі і до 3 шасі.

3.2 Основні технічні дані контроллера SLC 5/04

У розробленій системі автоматизації був використаний модульний контроллер американської фірми Allen Bradley SLC 5/04, оскільки його функції задовольняють вимогам системи, що розробляється [15]. У таблиці 3.1 приведені короткі характеристики контроллера SLC 5/04.

Таблиця 3.1 - Короткі характеристики SLC 5/04

Пам'ять програм	20До слів
Додаткова пам'ять	До 4К слів
Ємкість В/в	960 дискр.
Макс. Шасі/слот В/в	3/30
Додаткові резервні ЗУ	EEPROM, UVPROM
Програмування	APS, RSLogix 500 A.I
Набор інструкцій	71
Час виконання бітової інструкцій	0,37 мкСек
Типовий час сканування	0,9 мСек / До

У розробленій системі автоматизації присутні наступні сигнали:

- дискретні входи – 158;
- дискретні виходи – 67;
- аналогові входи – 51.

3.3 Конфігурація контроллера

У своєму складі контроллер має:

- CPU – 1747-L541 5/04;
- шасі на 13 слотів – 2 шт.;
- джерело живлення 1746-P4 – 2 шт.;
- модуль дискретного введення (24В) 1746-IB32 – 3 шт.;
- модуль дискретного введення (220В) 1746-IM16 – 5 шт.;
- модуль дискретного виведення (24В) 1746-OB32 – 1 шт.;
- модуль дискретного виводу (220В) 1746-OW16 – 4 шт.;
- модуль аналогового введення 1746-NI16I – 3 шт.
- модуль аналогового введення 1746-NR4 – 3 шт.

3.4 Програмування контроллера

Програма та, що управляє системою автоматизації містить наступні блоки:

- основна програма;
- підпрограма ініціалізації аналогових модулів;
- підпрограма копіювання даних з дискретних датчиків в пам'ять контроллера;
- підпрограма обробки аналогових і дискретних сигналів;
- підпрограма обробки ПІД інструкції.

У підпрограмі ініціалізації аналогових модулів (викликається тільки при першому запуску контроллера або при його перезавантаженні) відбувається запис конфігураційного слова [13-14].

Програмування контроллера здійснюється за допомогою мови релейно-сходової логіки Ladder Logic. Ця мова програмування є сходами, кожна сходинка яких починається з одного або декількох умов, а завершується дією. Причому ця дія виконається тільки тоді, коли будуть вірні умови передуючі йому. Кожна сходинка називається «рангом».

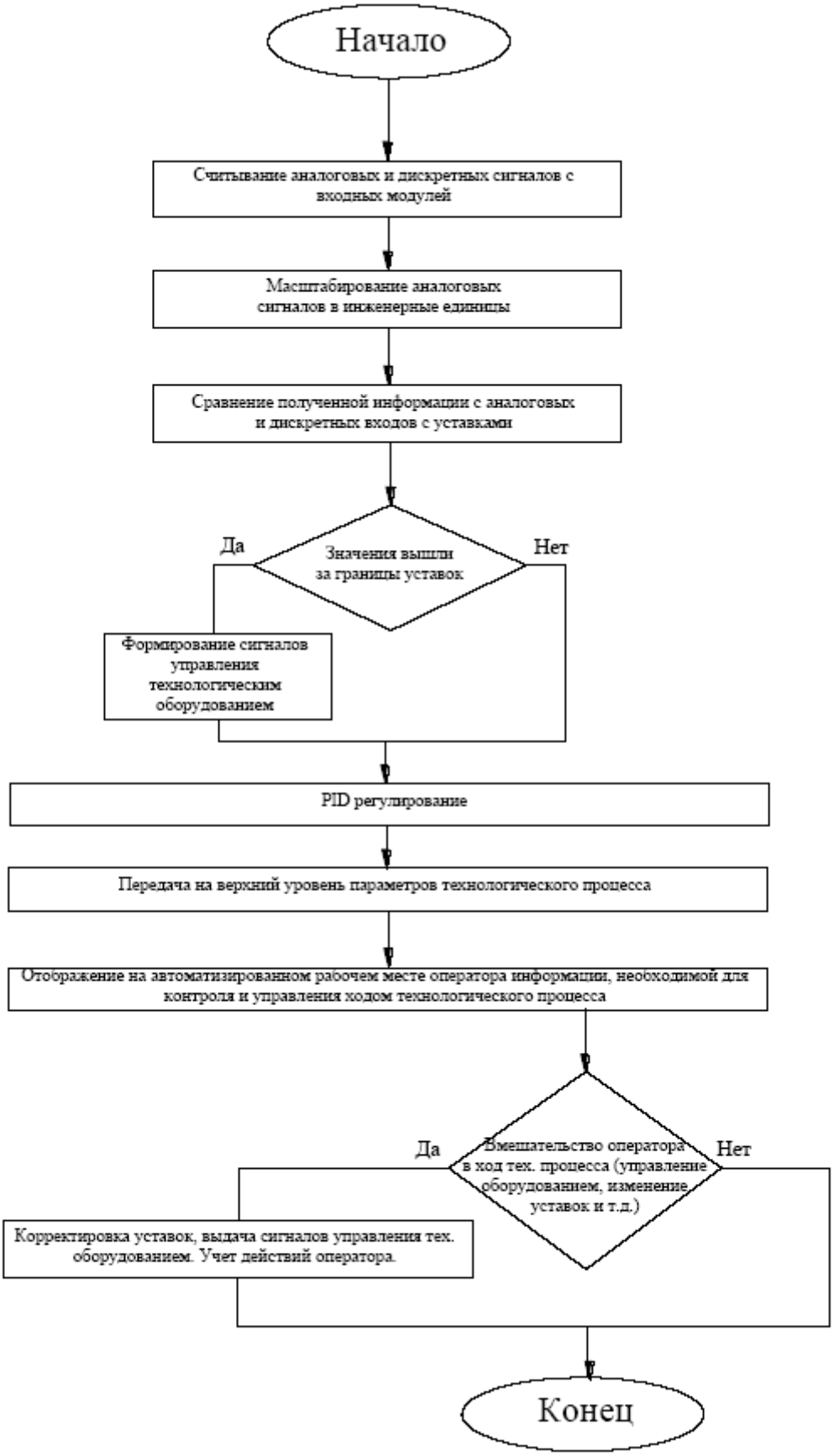


Рисунок 3.1. Алгоритм роботи програми

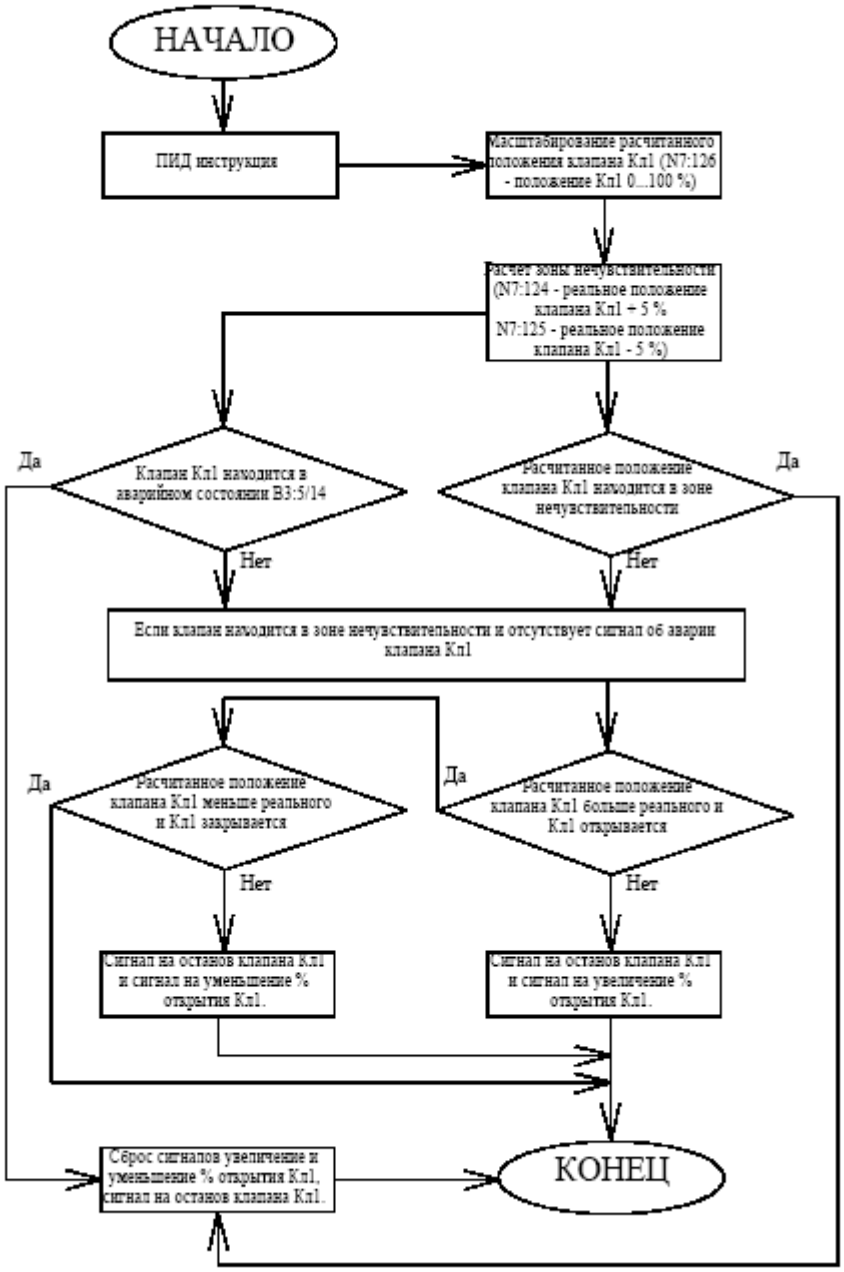
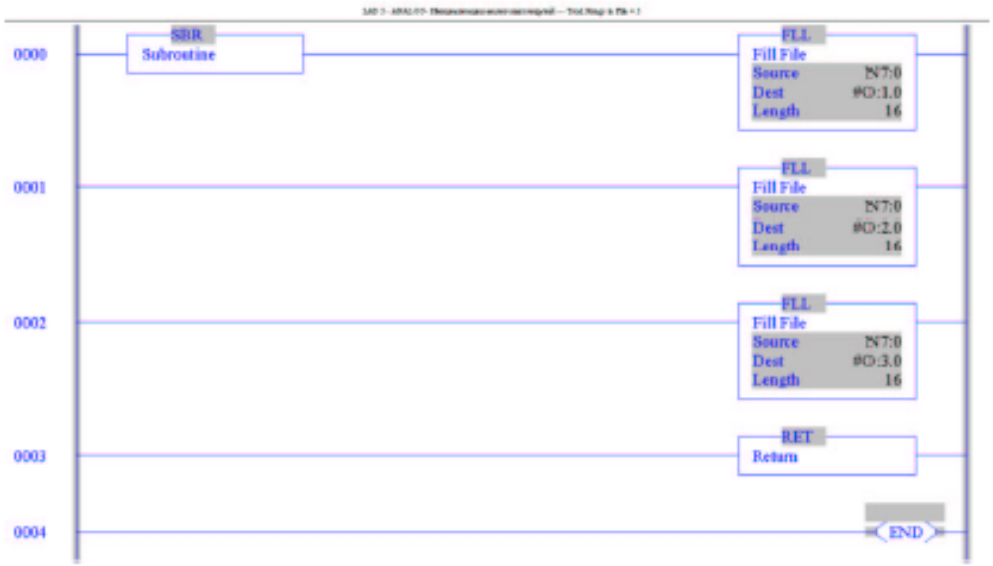


Рисунок 3.2. Алгоритм роботи ПІД регулювання

LAD 2 - MAIN - Âèäèîý ñóòèèóà --- Total Rungs in File = 5
Вызов подпрограммы инициализации аналоговых модулей
First Pass
S2:1
15
JSR
Jump To Subroutine
SBR File Number U:3
Вызов подпрограммы копирования инфо с дискретных датчиков
JSR
Jump To Subroutine
SBR File Number U:4
Вызов подпрограммы обработки сигналов
JSR
Jump To Subroutine
SBR File Number U:6
Вызов подпрограммы ПИД регулирования
JSR
Jump To Subroutine
SBR File Number U:5
0000
0001
0002
0003
0004
END


SBR
Subroutine
FLL
Fill File
Source N7:0
Dest #O:1.0
Length 16
FLL
Fill File
Source N7:0
Dest #O:2.0
Length 16
FLL
Fill File
Source N7:0
Dest #O:3.0
Length 16
RET
Return
0000
0001
0002
0003
0004
END

LAD 4 - DIGITAL - [illegible] --- Total Rungs in File = 10

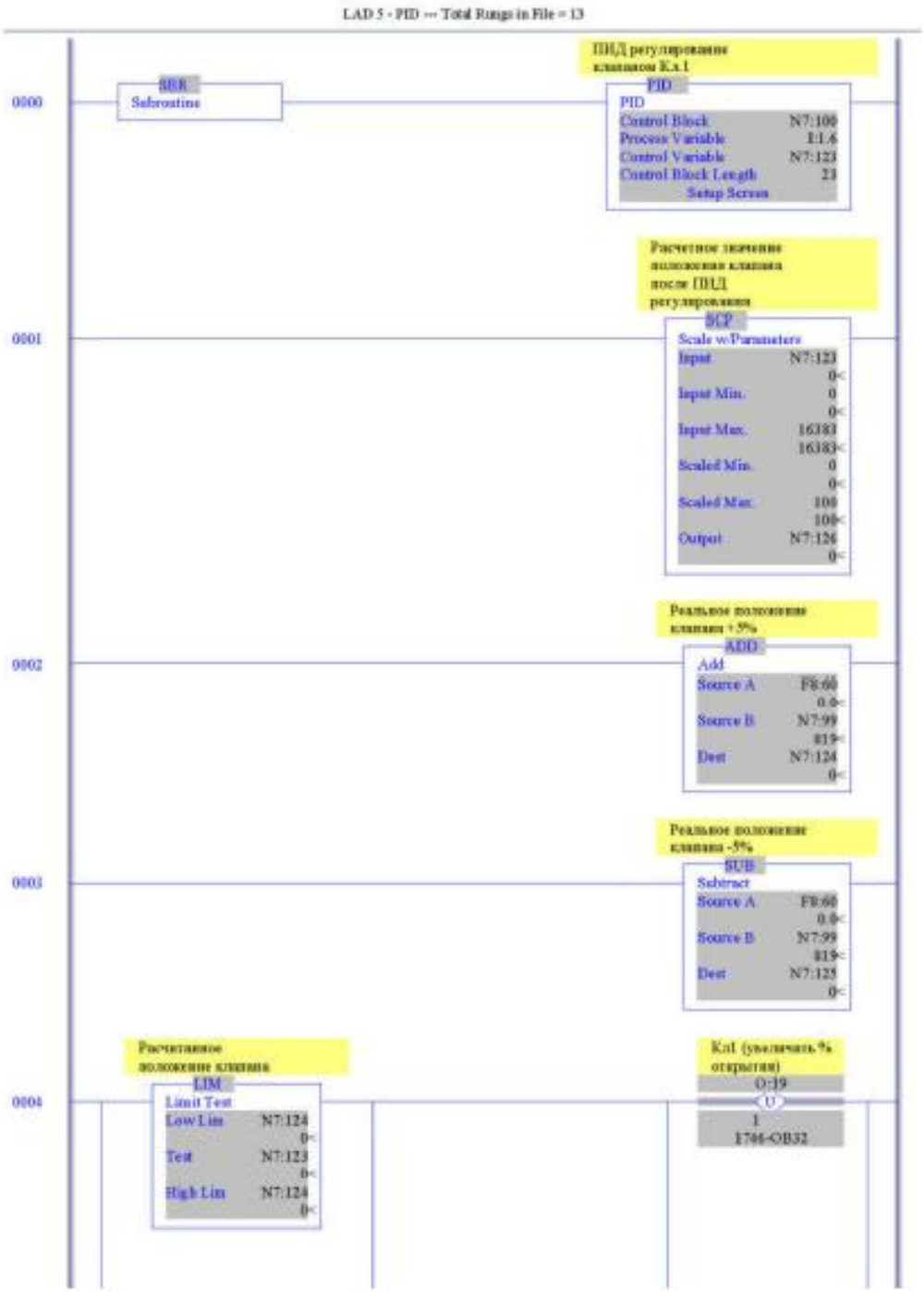


Рисунок 3.3. Текс програми

3.5 Вибір протоколу обміну інформацією між контроллером і верхнім рівнем АСОВІ ТП

Система збору інформації і контролю призначена для збору даних про стан технологічних параметрів, управління установками, допоміжними системами,

насосними агрегатами, забезпечувати обслуговуючий персонал достовірною інформацією.

Структура SCADA системи має два рівні: нижній рівень – сигнали від датчиків і верхній – автоматизоване робоче місце оператора.

Контроллер постійно прочитує інформацію з датчиків, при зміні технологічних параметрів або перевищення ними заданих уставок видає повідомлення в операторну, управляє роботою насосів, засувок, регуляторів і так далі

Інформація з датчика поступає в модуль, після чого контроллер перетворить це значення, порівнює з уставками і за допомогою тега значення відображається в моніторі оператора.

Для зв'язку з контроллером використовується мережевий адаптер 1748-KTX, призначений для роботи з мережею DH-485 по протоколу DF1. Максимальна довжина мережі 4000 футів, максимальна швидкість передачі даних 19,2 Кб/с [14].

3.6 Операторський інтерфейс

Як програмне забезпечення для реалізації верхнього рівня використовуваний RSView32, що належить фірмі Rockwell Software (США)

При вході і виході з програми спостереження походить запит імені користувача і особистого пароля. Для організації зв'язку з верхнім рівнем була розроблена таблиця тегов, представлена в Пріложенії І. Операторський інтерфейс складається з 11 графічних екранів включаючи тренди і сигналізацію, ієрархія екранів представлені в Додаток До.

Оператори і диспетчери отримують необхідну інформацію про хід контрольованого процесу, а так само інформацію про стан устаткування за уявленням її на екранах ММІ, представлені в Пріложенії Л. Для легшого сприйняття інформації при створенні інтерфейсу використовувалися: графіки(тренди), таблиці(сигналізація), анімація і так далі

Відображення технологічних параметрів процесу: температура, тиск, рівень, обводнює і так далі повинно проводиться з певною точністю. Мінімальне значення величини, яку може зміряти прилад, можна визначити по формулі:

$$Мин.знач.изм.величины = \frac{(Max_{шк.прибора} - Min_{шк.прибора})Кл.точн.прибора}{100} \quad (3.1)$$

Як приклад визначимо з якою точністю необхідно відображати тиск перед засувкою 1э.

$$Мин.знач.изм.величины = \frac{(Max_{шк.прибора} - Min_{шк.прибора})Кл.точн.прибора}{100} =$$

$$= \frac{(2{,}5 - 0)0{,}1}{100} = 0{,}0025$$

Якщо перша значуща цифра 1 або 2, то значення повинне відображатися з точністю - кількість нулів після коми плюс 1. В даному випадку необхідно відображати три знаки після коми. В тому разі якщо перша значуща цифра від 3 до 9, то значення параметра відображається так, кількість знаків після коми дорівнює кількості нулів після коми в розрахованому вище параметрі [16].

4. Охорона праці

Охрана праці на підприємстві.

Перед тим, як приступити до виконання робіт, при яких виникає потенційна небезпека життя або здоров'ю обслуговуючого персоналу, проводяться інструктажі по техніці безпеки. Для попередження травматизму і для закріплення працівниками знань по техніці безпеки на підприємстві розроблений план-графік проведення перевірки знань по техніці безпеки. Тому, завдяки цим заходам, наявності попереджувальних знаків, а також завдяки виконання працівниками правил техніки безпеки на підприємстві ось вже 10 років немає нещасних випадків, а також випадків травматизму.

До небезпечних чинників на виробництві відносяться:

- *підвищений рівень звукового тиску;*
- *підвищений рівень вібрації;*
- *висока концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони;*
- *джерела високої температури;*
- *устаткування, яке працює під електричним струмом;*
- *роботи, які проводяться на висоті.*

Підвищений рівень звукового тиску і вібрації приводить до виникнення шумової і вібраційної хвороби, тому на виробництві здійснюється постійний контроль рівнів звукового тиску і вібрації. Аналіз проведених вимірювань показує, що підвищений рівень звукового тиску спостерігається тільки в механічній майстерні при виконанні робіт на фрезерному верстаті (рівень звукового тиску складає 108 *дБ* при допустимому 85 *дБ*) і в насосному залі НПС, при включеній вентиляції і роботі магістральних насосів (рівень звукового тиску складає 96 *дБ* при допустимому 85 *дБ*). У всіх інших приміщеннях рівень шуму не перевищує допустимого значення. Рівень вібрації при жодному з проведених вимірювань не перевищував допустимого значення завдяки тому, що насоси встановлені на основах, що віброгасять.

При виконанні технологічних процесів, а також при виконані допоміжних робіт на НПС є ділянки, де відбувається викид шкідливих речовин в повітря робочої зони (пил, пари вуглеводень і ін.). Характеристика джерел, з яких відбувається викид забруднюючих речовин в повітря на НПС приведені в *таблиці 4.1*.

***Таблиця 4.1** – Джерела викиду забруднюючих речовин в повітря на НПС.*

№ п/п	Об'єкт	Річний фонд часу	Річний оборот нафти	Шкідливі вещества	Елемент викиду загрязнений
1	Резервуарний парк		1млн 400т. тонн	пари нафти	предохрани-тельные кла-паны КДС-3000
2	НПС №2: насоси НМ 2500-230	760		Сероводо-род, преде-льные угле-воды	торцеві двух-сторонние ущільнення насосів, а потом через хутро. вытяжную вентиляцию
3	НПС №1: насоси 14н12-2 ЦНС 300-400 14 Ндснм.	48 800 4500		Сероводо-род, преде-льные угле-воды	торцеві двух-сторонние ущільнення насосів, а потом через хутро. вытяжную вентиляцию
4	Збірка витоків нафти підз. рез-р V=50 м3	600	200 тонн	сірководень граничні углеводород	механічна витяжна вентиляція
5	Збірка витоків конденсату подз. рез-р V=2.4 м3	4320	45 м3 конденсату	пари бензину (основа конденсату)	дыхательный клапан

№ п/п	Об'єкт	Річний фонд часу	Річний оборот нафти	Шкідливі вещества	Елемент викиду загрязнений
6	Збірка відтоків від майданчика пуску-прийому ОП НПС №1 подз. рез-р V=15 м3	180	60 м3	пари нафти	відкритий люк
7	Збірка відтоків від майданчика пуску-прийому ОП НПС №2 підз. рез-р V=50 м3	320	32 м3	пари нафти	відкритий люк
8	Склад ПММ, подз. рез-ры: бензин V=10 м3 бензин V=50 м3 бензин V=5 м3 дизпаливо V=5 м3 дизпаливо, надз. рез-р V=100 м3 масло: 2 рез-ри V=5 м3		20 тонн 100 тонн 20 тонн 35 тонн 120 тонн 3 тонни	вуглеводневі, сероводород, бензин нафтовий	дихальний клапан: D=50 мм D=50 мм D=50 мм D=50 мм D=100 мм люк D=500 мм
9	Камера фільтрів грязе-улавливатель майданчика №1 (фільтри трубча-тые)	3		пари нафти, сероводород, предельные вуглеводень	при ремонтних роботах (чищення фільтрів) пло-щадь випаровування 1 м2
10	Ділянка обслуговування автомобілів	30		оксиди азоту, углероду, сірі, раз-личных углеводород	примусова витяжна вентиляція
11	Ділянка електрозварювання	250		оксиди заліза і марганцю	місцева витяжна вентиляция

№ п/п	Об'єкт	Річний фонд часу	Річний оборот нафти	Шкідливі вещества	Елемент викиду загрязнений
12	Акумуляторна	750		пари сарною кислоты	механічна витяжна вентиляція
13	Ділянка заточування інструментів верстат Dкр=400 мм	95		механічний пил	індивідуальний масляный пиловловлювач
14	Ділянка переробки деревини, два верстати	320 і 400		деревинний пил	циклон Гипродревпрома (D=600 мм)
15	Казан битумоварочный ветош фільтри	100	150 50	оксиди азоту, углероду, сажа	димар

При проведенні технологічних процесів на НПС існує небезпека отримати травму. Вид можливої поразки організму, ділянка можливої небезпеки і характеристика джерел небезпеки представлені в *таблиці 4.2.*

***Таблиця 4.2** – Характеристика небезпечних чинників на НПС*

Вид поразки	**Місце потенційної опасности**	**Характеристика источника поразки**
Поразка електричним струмом	**Зварна ділянка** **Залу електродвигунів** **Електроустаткування**	**F=50 Гц, U=380В, I=10а** **F=50 Гц, U=6 В, I=120а** **F=50 Гц, U=380В, I=10а**
Отруєння парами	**Колодязі** **Резервуар** **Насосний зал**	**Пари вуглеводень** **Пари вуглеводень** **Пари вуглеводень**
Опіка	**Бойлерна**	**t= 180 0С**
Падіння з висоти	**Резервуар**	**Н= 12,5 м**
Поразка від дії високого тиску	**Трубопроводу** **Насосною залу** **Замочна арматура**	**Р= 14(40 кГс/см2** **Р= 40 кГс/см2** **Р= 14(40 кГс/см2**

Для забезпечення нормальних умов праці необхідно у виробничих приміщеннях створити відповідні метеорологічні умови. Нормування метеорологічних умов робочої зони відбувається відповідно до категорії виконуваних робіт.

Для створення необхідних умов праці, нормалізацію метеорологічних умов на робочому місці проводять за допомогою вентиляції. Насосний зал і зал електродвигунів обладнані припливною, витяжною і підпірною вентиляційними системами, характеристика яких подана в *таблиці 4.3.*

Для нагріву повітря в «холодний» період року встановлені электро-калориферы. У «теплий» період року повітрообмін частково проходить через дефлектори, які встановлені на даху електрозалу.

Таблиця 4.3 – *Характеристика штучної вентиляції об'єктів НПС*

Приміщення	**Тип вентиляції**	**Вентиляційне устаткування**	**Кратність повітрообміну 1/рік**
Електрозал			
Насосний зал	**Підпірна**	**Ц 4 70**	**6-7**
	Пріточна	**Ц 4 70**	**6-7**
Механічна майстерня	**Витяжна**	**Ц 4 70**	**6-7**
	Пріточна	**Ц 4 - 70**	**5-6**
Хімічна лабораторія	**Витяжна**	**Ц 4 70**	**5-6**
Адміністративне приміщення	**Місцева**	**Витяжна шафа**	**—**
	Місцева	**Кондиціонер**	**—**

Для поліпшення побутових умов на НПС існують санітарно-побутові приміщення: вбиральні, душові, туалети, місця для куріння, приміщення для зберігання і обробки спецодягу.

Для створення нормальних умов зорової роботи встановлюються значення оптимальної освітленості.

Проведені вимірювання освітленості показали, що її рівень відповідає нормативним значенням. Результати вимірювань приведені в *таблиці 4.4*

При проведенні робіт, які пов'язані з обслуговуванням основного і допоміжного устаткування, велику роль по попередженню травматизму, збереженню здоров'я людини і запобігання виникненню нещасних випадків, грають засоби індивідуального захисту. Перелік шкідливих виробничих чинників і засобу індивідуального захисту приведені в *таблиці 4.5.*

Таблиця 4.4 *– Характеристика освітленості робочих місць об'єктів НПС.*

Найменування об'єкту	**Розряд здоро-вой роботи**	**Загальна освітленість, *лк***		**Комбінована освітленість, *лк***	
		факт	**нормат ив**	**факт**	**нормат ив**
Гараж	**Va**	**163**	**150**		
Операторна	**IV**	**400**	**400**	**206**	**150**
Насосна	**VI**	**400**	**400**	**150**	**150**
Залу електродвигунів	**VI**	**400**	**400**	**180**	**150**
Хімічна лабораторія	**II**	**400**	**400**	**330**	**300**

Захист тіла людини при роботі з електроустаткуванням, від поразки електричним струмом, захист органів дихання при роботі в місцях, де є випаровування шкідливих речовин, захист органів слуху від дії шуму з перевищенням гранично допустимого рівня – все це веде до збереження здоров'я людей.

Таблиця 4.5 – *Засоби захисту від дії шкідливих чинників.*

Шкідливий виробничий чинник	**Призначення засобу індивідуального захисту**	**Назва засобу індивідуального захисту**
Поразка електричним струмом	Захист тіла	Діелектричні калоша, боти, рукавиці, монтерський інструмент з ізолюючими ручками, переносні огорожі, захисні заземлення, спецодяг
Механічне пошкодження органів зору	**Захист органів зору**	**Захисний окуляр**
Отруєння шкідливими випарами	**Захист внутрішніх органів**	**Пріточна, витяжна, місцева витяжна вентсистема, протигази**
Пошкодження шкіряного покров	**Захист тіла**	**Тканини рукавиці, каски, спецодяг**
Шум з перевищенням гранично допустимого рівня	**Захист органів слуху**	**Проти галасливі вкладиші, антифони**

Пожежна безпека.

Нафта, яка перекачується по трубопроводу, є пожаронебезопасным речовиною. Крім того, в допоміжному обслуговуванні використовуються інші пожаронебезопасные речовини, тому до НПС ставляться додаткові вимоги по пожежній безпеці.

Для ліквідації пожеж на об'єктах НПС передбачена пожежна команда, у складі якої є спеціальні машини для гасіння пожеж на резервуарі. Крім того на території НПС розміщено сім протипожежних пунктів з необхідним набором засобів пожежогасіння.

Для гасіння пожеж на НПС окрім первинних засобів пожежогасінні є стаціонарна система піногасіння, яка включає:

- *пінну насосну;*
- *пожежну насосну;*
- *пожежні водоймища;*
- *растворопроводы по периметру резервуарного парку з відведеннями до резервуарів;*
- *растворопроводы на об'єкти НПС-1 і НПС-2;*
- *теплові предупредители в приміщеннях і на резервуарах типу ММ-1-90, ТРВ, НГ-103;*
- *прилад сигналізації в операторній НПС-1 і блоці сигналізації і управлінні НПС-2.*

Система піногасіння призначена для гасіння пожеж на таких об'єктах:

- *резервуарний парк;*
- *насосний зал НПС-1;*
- *насосний зал НПС-2;*
- *електрозал НПС-2;*
- *насосний зал підпірної насосною НПС-1;*
- *блок-бокс регуляторів тиску НПС-2.*

На НПС щомісячно проводять перевірку справності системи піногасіння. Проводиться ручне включення цієї системи і перевіряється час випуску піни, справність насосів, якість піни, вміст піноутворювачі і води в суміші.

Для захисту об'єктів НПС від попадання блискавки, всі об'єкти на території захищені молнеотводами, а на даху кожен з восьми резервуарів встановлено по чотири молнеприемника.

Охорона навколишнього середовища.

Для НПС є розроблений проект норм гранично допустимих викидів (ПДВ). При цьому розглянуто двадцять сім джерел викиду забруднюючих речовин, з яких проводяться викиди чотирнадцяти видів забруднюючих речовин. Значення ПДВ для цих речовин приведене в *таблиці 4.6.*

Таблиця 4.6– *Характеристики викидів в атмосферу.*

№ п/п	Назва речовин	ГДК, ОБУР	Клас опасности	Потужність викиду загрязняющих речовин
1	Оксид заліза	0,4	3	0,0055
2	Марганець і його з'єднання	0,01	2	0,0011
3	Свинець і його з'єднання, окрім тетраетилсвинець	0,001	1	0,0002
4	Двооксид азоту	0,085	2	0,0354
5	Оксид азоту	0,4	3	0,0058
6	Кислота сірчана по			

№ п/п	Назва речовин	ГДК, ОБУР	Клас опасности	Потужність викиду загрязняющих речовин
	молекулі H2SO4	0.3	2	0.0006
7	Кремнію діоксид аморфний (Аєросил - 175)	0,02	3	0,0009
8	Сажа	0,15	3	0,0077
9	Сірчаний ангідрит	0,5	3	0,0105
10	Сірководень	0,008	2	0,0003
11	Оксид вуглецю	5	3	0,4415
12	Фториди, газоподібні	0,02	2	0,0011
13	Фториди погано розчинні неорганічні (фторид алюмінію і кальцію)	0,2	2	0,0009
14	Бутан	200	4	33,4475
15	Пентан	100	4	14,6356
16	Бензапирен	0,0001	1	0,00001

№ п/п	Назва речовин	ГДК, ОБУР	Клас опасности	Потужність викиду загрязняющих речовин
	(мкг/100м3)			
17	Ангідрит бензойний (бензальдегид)	0,04	3	0,0004
18	Бензин (нафтовий, малосерчаный)	5	4	0,2871
19	Масло мінеральне нафтове (веретенне, машинне, циліндрове і ін.)	0,05	3	0,00001
20	Пил деревинний	0,1	3	0,0778
21	Пропан	65	4	43,9882
22	Вуглеводень ароматичний	0,2	3	0,0002
23	Вуглеводень неграничний	3	4	0,0009
24	Пил абразивно-металевий	0,4	3	0,0009

№ п/п	Назва речовин	ГДК, ОБУР	Клас опасности	Потужність викиду загрязняющих речовин
25	Вуглеводень граничний	65	4	0,0245

Серед всіх об'єктів НПС основним джерелом забруднення є резервуарний парк, де викиди пари вуглеводень проходять за рахунок малих і великих дихань. Іншими джерелами є підпірна і магістральна насосні, допоміжні виробництва, які обслуговують процес перекачування (зварювальна ділянка, гаражі, лабораторія, ангар). За цими об'єктами ведеться постійний контроль.

Висновки

Для досягнення найбільшої ефективності роботи дожимной насосної станції ДНС-7 необхідно використовувати автоматизовану систему управління технологічним процесом.

Автоматизована система в роботі розроблена на базі контроллера SLC-500. Складена програма для даного контроллера, з використанням програмного забезпечення для програмування мікропроцесорних контроллерів серії SLC-500 RSLogix500. Розроблений інформативно ємкий і зручний в роботі MMI (людино-машинний інтерфейс), розроблений в RSView3.2.

Об'єм сигналів системи є наступний:

дискретні входи – 158;

дискретні виходи – 67;

аналогові входи – 51.

Дана робота забезпечує мінімальне втручання людини в технологічний процес.

Прилади і мікропроцесорний контроллер достатньо надійні і сучасні, що гарантує безвідмовну і ефективну роботу технологічного процесу.

Список джерел інформації

1. Методічні вказівки з організації самостійної роботи з курсу “Проєктування і експлуатація нафтобаз” для студентів спеціальності 7.090305 – Проєктування, спорудження та експлуатація газонафтопроводів і газонафтосховищ. ІФДТУНГ,2017.
2. Шишкин Г.В. Довідник по проектуванню нафтобаз. – Л.: Недра,2018.
3. Конспект лекцій з дисципліни “Проєктування і експлуатація нафтобаз” (частина 1) для студентів спеціальності 7.090305 – Проєктування, спорудження та експлуатація газонафтопроводів і газонафтосховищ. ІФДТУНГ, 2016.
4. Конспект лекцій з дисципліни “Проєктування і експлуатація нафтобаз” (частина 2) для студентів спеціальності 7.090305 – Проєктування, спорудження та експлуатація газонафтопроводів і газонафтосховищ. ІФДТУНГ, 2015.
5. Тугунов П.І., Новоселов в.Ф. Типові розрахунки при проектуванні і експлуатації нафтобаз і нафтопроводів. Навчань. допомога для вузів. М., Надра, 2017.
6. Едігаров С.Г., Бобровський С.А. Проектування і експлуатація нафтобаз і газосховищ. М., Надра, 2016.
7. Мацкин л.А., Черняк і.Л., Ілембітов м.С. Експлуатація нафтобаз. Ізд.3., перераб. і доп. М., Надра, 2015.
8. А.И. Володимирський, Ю.М Дронговський, Л.А. Зайців, Ю.В. Ліванов. Автоматизація і телемеханизация магістральних нафтопроводів. М.: Надра, 2016.
9. Певзнер В.Б. Основи автоматизації нафтогазопроводів і нафтобаз. М.: Надра, 2015.
10. Лісафін В.П. Очисні споруди. Охорона довкілля. Навч. посібник, – Ів-Фр.: ДОП ІФДТУНГ, 2019.
11. N. V. P. R. Durga Prasad, T. Lakshminarayana, et al., “Automatic Control and Management of lectrostatic Precipitator”, IEEE Transactions on Industry Applications, pp. 561-567, Vol. 35, No. 3, May/June, 1999.

12. Ralf Joost and Ralf Salomon. “Advantages of fpga-based multiprocessor systems in industrial applications”. In 31st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2005). IEEE-I ECON, November 2015.

13. Hyman, Anthony. Charles Babbage, pioneer of the computer. — Oxford University Press, 2016.

14. Randell, Brian. The Origins of Digital Computers: Selected Papers.. — 2003.

15. Стахов Е.А. Очищення нефтесодержащих стічних вод підприємств зберігання і транспорту нафтопродуктів. – Л.: Надра, 2017.

16. Охорона праці в машинобудуванні: Підручник для машинобудівних вузов/ Е.Я. Юдін, С.В. Белов, С.К. Баланцев і др.; Під ред. Е.Я. Юдіна, С.В. Белова – 2-е видавництво, перераб. і доп. – М.: Машинобудування, 2018.