

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2023 р

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня магістр

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

«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»

на тему: «Система автоматизованого керування дотискної насосної станції»

Здобувача групи Су.м-22

Домрачева Степана Владиславовича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

(підпис)

Домрачев Степан Владиславович

Керівник: асистент каф. КСУ, доцент, к.т.н. Журавльов О.Ю.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Суми – 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ
_____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра здобувачу вищої освіти

Домрачеву Степану Владиславовичу
(Прізвище, імя, по-батькові повністю)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Система автоматизованого керування дотискної насосної станції
- 1 затверджена наказом ректора СумДУ № 1227- М від " 18 " _____ 09 _____ 2023 р.
- 2 Термін здачі студентом закінченої роботи: 18 грудня 2023 р.
- 3 Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: Завдання кафедри, опис будови сепараторної станції.
- 4 Зміст кваліфікаційної роботи (питання, що підлягають розробленню):
 1. Аналіз завдання кафедри та фахової літератури.
 2. Технологічна характеристика об'єкта автоматизації.
 3. Моделювання контурів регулювання сепараторної установки.
 4. Дослідження роботи контурів регулювання сепараторної установки.
5. Перелік графічних матеріалів: 1. Система автоматизованого керування дотискної насосної станції. Функціональна схема автоматизації.

б Календарний план виконання роботи

Номер етапу	Зміст етапу виконання роботи	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри та фахової літератури	06. 11. 2023
2	Технологічна характеристика об'єкта автоматизації.	06. 11. 2023 – 12. 11. 2023
3	Модельвання контури в регулювання сепараторної установки	13. 11. 2023 – 19. 11. 2023
4	Дослідження роботи контури в регулювання сепараторної установки	20. 11. 2023 – 30. 11. 2023
5	Комп'ютерно-інтегрована система диспетчерського контролю управління.	01. 12. 2023 – 02. 12. 2023

7. Дата видачі завдання "20" 10 2023 р

Керівник проекту:

асистент каф КСУ, доцент, к.т.н
(науковий ступінь, вчене звання, посада)

(підпис)

Журавльов О Ю
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Здобувач:
студент гр СУ. м 22

(шифр групи)

(підпис)

Домрачев С В
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Домрачев Степан Владиславович Система автоматизованого керування догискної насосної станції. Кваліфікаційна робота магістра. Сумський Державний Університет, Суми, 2023 р.

Робота містить 43 сторінки основного тексту, 28 рисунків, 2 таблиці, список використаних джерел з 18 найменувань.

Робота присвячена аналізу сепаратора нафти. Запропоновано диспетчерську систему керування режимами роботи установки та запропонований алгоритм роботи сепараторної установки.

Ключові слова: насосна станція, сепараторна установка, нафта, система управління та контролю SCADA, газ.

З М С Т

Скорочення та умовні позначення	Ошибка! Закладка не определена.
ВСТУП	7
<u>РОЗДІЛ 1 СЕПАРАЦІЯ НАФТИ</u>	8
1.1 Технологія сепарації в НГС	8
1.2 Алгоритм керування та функціональні задачі сепараторної установки	11
1.3 Мета і предмет дослідження даної роботи	13
<u>РОЗДІЛ 2 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОНУТРИ В РЕГУЛЮВАННЯ</u>	14
2.1 Характеристика контуру управління рівнем висоти води.	14
2.2 Характеристика контуру управління тиску супутнього газу.	17
<u>РОЗДІЛ 3 ВИКОРИСТАННЯ MATLAB SIMULINK ДЛЯ ПОБУДОВИ МОДЕЛІ</u>	19
3.1 Постановка завдань для вивчення системи управління трьохфазною установкою	19
3.2 Процес створення моделі нафтового сепаратора.	20
3.3 Лінеаризація контурів регулювання.	22
3.3.1 Процес лінеаризації контуру управління об'ємом води.	23
3.3.2 Лінеаризація контуру регулювання тиску попутного газу.	23
3.4 Дослідження методу налаштування ПД–регулятора.	24
3.4.1 Метод Циглера –Н кольса.	25
3.4.2 Метод Цеделя.	26
3.5 Аналіз контурів в управлінні.	29
3.5.1 Дослідження контуру регулювання рівня води	29
3.5.2 Дослідження контуру регулювання тиску супутнього газу.	33
<u>РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА SCADA СИСТЕМИ</u>	38
4.1 Постановка задачі при проектуванні SCADA система.	38
4.2 Розробка та проектування SCADA	38
4.3 Алгоритмізація процесів в функціонування сепараторної установки	41
ВИСНОВОК	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	Ошибка! Закладка не определена.
ДОДАТОК А	Ошибка! Закладка не определена.

Скорочення та умовні позначення

НГС – нафтогазовий сепаратор.

ПД – пропорційно-інтегрально-диференціальний.

П – пропорційний.

ККД – коефіцієнт корисної дії.

ПЛК – програмований логічний контролер.

ДНС – дотискна насосна станція.

ЦНС – центральний пункт збору.

ВСТУП

Кожен наступний етап розвитку стикається зі зростаючими проблемами у сфері добування енергоресурсів. Спочатку ресурси були легко доступні і вимагали лише збирання, але з часом їх запаси стали вичерпуватися.

З огляду на вичерпання нафтових родовищ стає необхідним розміщення їх в областях з низьким тиском для ефективного видобутку. Це призводить до використання ДНС-станцій технологічно важливі для збору нафти та газу. На свердловинах з недостатньою пластовою енергією використовуються дотискні нафтові насосні станції. ДНС використовуються, коли пластова енергія не достатня для транспортування нафтогазової суміші до установок попереднього очищення або цеху підготовки нафти [1].

Однак, з нестачею нафтових ресурсів, традиційний спосіб транспортування стає менш ефективним і дорогим через потрібність підключення дорогих трубопроводів. З метою підвищення ефективності процесу, нафту варто очищувати на місці та доставляти автомобільним транспортом до центрів переробки.

Отже, актуальність роботи обумовлена зростаючим дефіцитом та підвищенням цін на енергоносії, а також збільшенням вартості трубопроводного обладнання.

Метою даної роботи є розробка та дослідження системи керування сепараторною установкою з метою отримання оптимального режиму роботи контурів регулювання. Об'єктом дослідження є система управління сепараторною установкою та її контури регулювання. Завданнями дослідження є аналіз будови сепараторних установок, визначення впливових параметрів, аналіз математичної моделі контурів регулювання та моделювання їх роботи.

Практичне значення роботи полягає у підвищенні продуктивності та якості очищення нафти за рахунок розробки оптимальних налаштувань процесу управління сепараторною установкою.

РОЗДІЛ 1

ПРОЦЕС СЕПАРАЦІЇ НАФТИ

Основною технічною системою для первинної обробки емульсії, яка надходить із видобувної свердловини, є нафтогазовий сепаратор, або просто НГС. Однак, з огляду на ускладнення транспортування трубопроводами, встановлення менших НГС стає більш вигідним рішенням порівняно з традиційними автоцистернами. Цьому вирішити завдання освоєння невеликих родовищ досить встановити компактний НГС та вузол наповнення нафтою для автоцистерн.

Під блоком керування розуміють установку сепарації, в якій з вхідної емульсії відокремлюють газ, воду та нафту. Технологія процесу сепарації вимагає постійного контролю і подальшого регулювання рівня рідини, рівня фазового поділу і тиску в різних секціях установки; моделювання роботи установки з метою уникнення аварійних ситуацій має вирішальне значення, оскільки робота установки пов'язана з вибухонебезпечними ситуаціями [2].

1.1 Технологія сепарації в НГС

Нафта - це складна суміш різних газоподібних, рідких і твердих речовин, включаючи вуглеводні та інші хімічні сполуки з різною молекулярною масою і більш ніж 100 атомами вуглецю і кисню. Це природна рідина з характерним запахом, що складається з різних сполук сірки та металевих домішок. Нафта є ключовим типом мінерального ресурсу, який знаходиться в осадових шарах і може мати відтінок від маслянистого коричневого до легкозаймистого, часом чорного або зеленувато-жовтого, а навіть безбарвного [3].

Дістати нафту та супутній газ не є простим завданням. Технологія включає відокремлення вуглеводневої суміші від емульсії через нафтові свердловини. Нафта, яка видобувається, потребує подальшої переробки шляхом рафінування для відокремлення нафти, супутнього газу та пластової води. Цей процес включає в себе розвідку, буріння, будівництво та ремонт свердловин, очищення нафти від води, сірки та парафіну. Основною частиною буріння є буровий розчин, який потім замінюється пластовою водою. Нафта потім викачується і транспортується до нафтопереробного

заводу для подальшого рафінування [4].

Більшість нафти видобувається як газонафтова суміш (емульсія). Ця нафта потребує відокремлення від супутнього газу, очищення від солей під час промислової підготовки. Промислова підготовка включає етап рафінування, під час якого нафта повинна відповідати стандартам щодо вмісту солей, води (0,2% масою) та механічних домішок (0,005% масою) [4].

Сепараційна установка відокремлює нафту від супутнього газу та супутньої води. Установка проходить кілька стадій залежно від кількості дегазованої нафти, що видобувається з пластової рідини. Основний принцип роботи сепараційної установки базується на дії відцентрових сил з боку середовища, що розділяє рідину на тверду і рідку фази, як показано на рисунку 1.1. Суспензія подається з магістральної труби у верхню частину барабана, де вона відмивається від важких компонентів, виштовхується в канал тарілки і потрапляє в камеру сепарації. Під час підняття рідини з свердловини до центральної точки збору та підготовки нафти, супутній газ поступово виділяється внаслідок зниження тиску, перевищуючи об'єм рідини в кілька десятків разів. Тому неефективно зберігати їх разом під низьким тиском, але, можливо, навіть збирати. Зручніше збирати та зберігати їх окремо

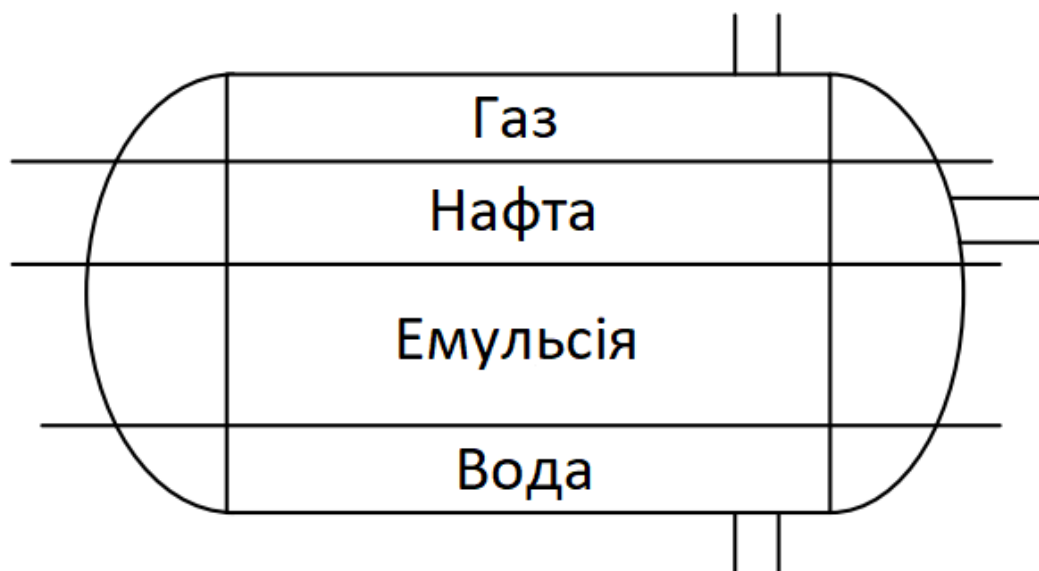


Рисунок 1.1 – Схема Структура процесу відділення в сепараторному блоку для нафтогазового обладнання.

Присутність зони дисперсії між нафтою і пластовою водою є особливістю двофазної сепарації, відмінної від трифазної. У даному регіоні відбувається розподіл

крапель однієї фази в іншій, що робить цю зону неоднозначною щодо ідентифікації як нафти чи пластової води. Дисперсійна зона є нестабільною, а перехід від розпорошених крапель рідини до неперервної фази відбувається за допомогою коалесценції. Між дисперсних зон стають менш чіткими і відбувається повне розділення фаз. Таким чином, краплі води піднімаються до шару води, а краплі нафти піднімаються з шару пластової води до нафтової фази. Частинки газу в обох фазах піднімаються через дві зони пластової води і нафти.

Газорідинна суміш вводиться в сепараторну установку через патрубок, обладнаний циклонним газорідинним входом, де відбувається відділення вільних газів. Відокремлені супутні газу збираються у верхній частині установки, проходять через пристрій уловлювання краплинної рідини і виводяться через газовідвідний патрубок. Сепаратор розділений перегородкою на дві порожнини. У першій порожнині відбувається зневоднення нафтової емульсії. Друга порожнина використовується для збору очищеної нафти. Відокремлена пластова вода збирається на дні першої порожнини і виводиться через патрубок для зливу води.

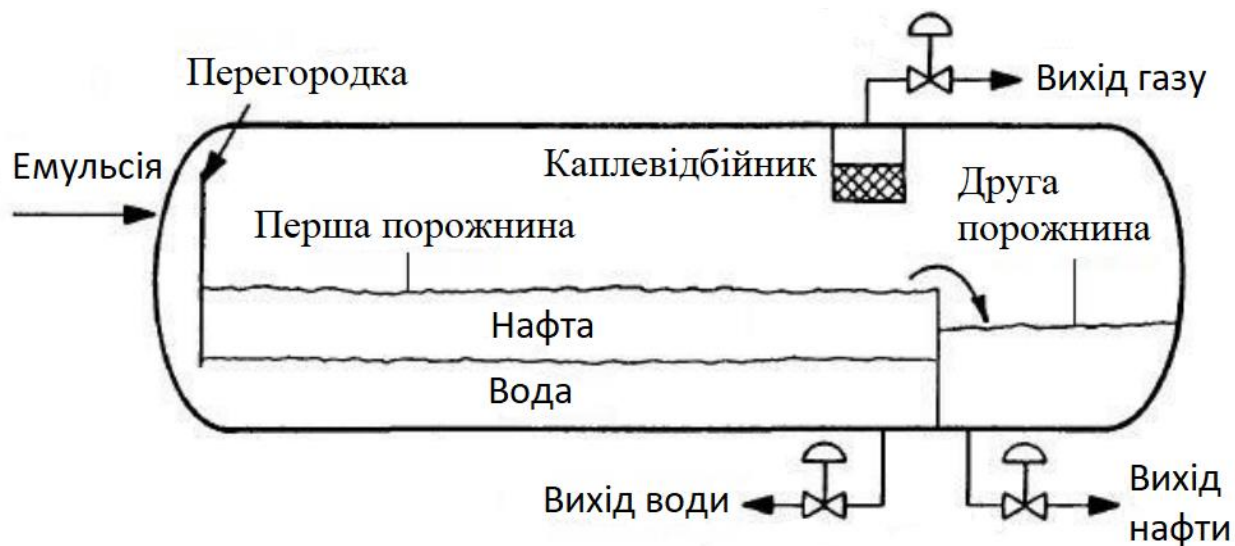


Рисунок 1.2 – Схема сепараторного устаткування в спрощеній формі

Рівень нафти в сепараторній установці регулюється за допомогою рівнеміра і забезпечується регулюючим клапаном, що розташований на лінії викиду від теплообмінника. Висота рівня води визначається за допомогою рівнеміра і утримується регулюючим клапаном, розміщеним на лінії викиду води до установки

підготовки води.

Тиск відповідного газу в сепараторі вимірює датчик тиску, а це існує клапан, який знаходиться на вихідному трубопроводі, що подає газ на станцію з високим тиском газового компресора. Датчик температури в сепараційній установці фіксує температуру всередині. Також передбачена сигналізація температур для попередження можливого відкладення парафіну.

1.2 Алгоритм керування та функціональні задачі сепараторної установки

З урахуванням основних функціональних завдань сепараторної установки, що полягають у забезпеченні. Для забезпечення ефективності процесу розділення емульсії необхідно гарантувати безперебійну роботу всіх контурів управління цією установкою. Основними технологічними процесами в горизонтальних трифазних сепараційних установках є процеси деемульгування, в тому числі зневоднення і знесолення нафтової сировини, а також процеси розділення супутніх газів.

Оскільки ці процеси в сепараційній установці тягнуть за собою основні функціональні завдання, які необхідно вирішити, можна визначити наступні параметри сепараційної установки, а саме об'єм води, тиск газу який всередині, а також температуру в установці.

Функціональні завдання керування визначаються згідно параметрів:

Контроль процесу скидання пластової води відповідно до отримання необхідних параметрів; контроль якості вихідного продукту; контроль відповідного процесу зниження тиску газу відповідно до заданих параметрів;

Контроль температури в сепараторній установці; та При проектуванні автоматизованих систем нафтопереробки необхідно враховувати механізми управління виконавчими механізмами, які відіграють важливу роль у регулюванні та контролі технологічних параметрів. У таблиці 1.1 наведені вхідні та вихідні сигнали, включаючи інформацію про діапазон вимірювання, точність та порогові значення сигналів.

Таблиця 1.1 – сигнали на вході ПЛК

Назва	Інтерфейс	Діапазон	Тип сигналу
Сигнал з датчика рівня	I0.0 1 вхід	0 – 19 м	Аналоговий
Сигнал з датчика температури	I1.0 1 вхід	-50 ..+200° С	Аналоговий
Сигнал з датчика тиску	I2.0 1 вхід	0,2 – 2 МПа	Аналоговий

Таблиця 1.2 – сигнали на виході ПЛК

Назва	Інтерфейс	Тип сигналу
Управління клапанами	Q 1.1 – Q 1.2 2 виходи	Дискретний

Згідно з функціональним завданням треба побудувати контури управління, що входять до складу сепараторної установки і утворюють ФСА

1) Контур управління рівнем води

Емульсія надходить в сепаратійний блок через штуцер і потрапляє в першу порожнину сепаратійного блоку. Після того, як пластова вода відокремлена від нафти, необхідно забезпечити безперебійний процес вивантаження, контролюючи цей процес за допомогою датчика рівня та регулюючого клапана.

Контур управління тиску газу.

В сепараторну установку надходить емульсія та проходить через штуцер, потрапляє на нахилений жолоб, де відбувається процес відокремлення газу від емульсії. Газ видаляється за допомогою датчиків тиску та регулювальних клапанів.

1.3 Мета і предмет дослідження даної роботи

Ураховуючи зазначений технічний процес та алгоритм управління сепараторною установкою можна зазначити, що підвищення продуктивності цієї установки можливе лише за умови впровадження нових технологій, які оптимізують її роботу та ефективність.

Отже, головною метою мого дослідження є розробка та вивчення системи управління сепараторною установкою з метою досягнення оптимальних режимів регулювання контурів та створення SCADA-системи. Метою основною задачею є створення унікального процесу очищення нафти завдяки аналізу існуючої моделі системи управління сепараторною установкою.

За результатами отриманими в даному розділі було визначено мету дослідження, а також проаналізована робота сепараторної установки.

РОЗДІЛ 2

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОНТУРІ В РЕГУЛЮВАННЯ

Згідно функціонування трьохфазної сепараторної системи, яку можна розділити на три окремі контури управління - контур зливу нафти (1), контур зливу води (2) і контур зливу супутнього газу (3), відповідно до зазначеної схеми функціонування матеріального балансу представлено у наступному форматі:

У зв'язку з цим можна аналізувати контроль рівня нафти та супутнього газу, що визначається відповідним відношенням

2.1 Характеристика контуру управління рівнем висоти води.

Для характеристики функціонування цього контуру потрібно встановити взаємозв'язок між висотою води та об'ємом у середині сепараторної установки. Згідно характеристики можна виразити формулу співвідношення об'єму від висоти води (2):

апарату.

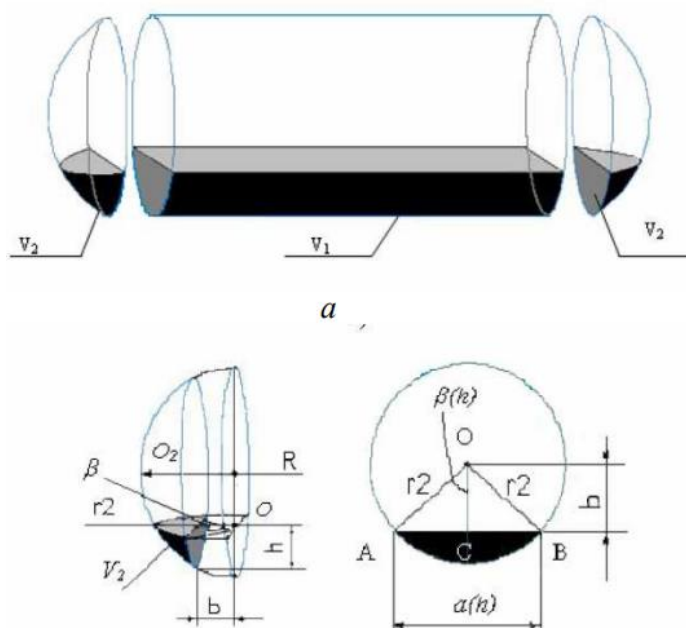


Рисунок 2.1 – Конфігурація сепараторної системи.

Оскільки сепараторна система представляє собою бочку циліндричної форми, зображений на Рис.2.1, можна скористатися формулою (2) та використувати формулу для запису спрощеного відношення між максимальним і мінімальним рівнями води та рівнем висоти:

Формула згідно якої можна зрозуміти процес динаміки об'єкта всередині циліндра визначається принципом рівноваги:

Якщо скористатись принципами динаміки потоку, а також обчислення витрат можна дізнатися за допомогою наступної формули

коефіцієнт стабільності тиску, M_a .

Представимо витрати, скориставшись виразом з рівняння (6):

Представимо максимальну пропускну здатність клапану, скориставшись виразом з рівняння (5):

Лінійна функціональна залежність визначається за формулою

Отримуємо унікальний параметр та вносимо його в рівняння:

Коефіцієнт стабільності тиску вказується в формулі:

Після вставки відповідних значень у рівняння (6), ми отримуємо вираз який характеризує витрати води:

На підставі цього рівняння отримуємо рівняння:

Далі, проводячи перетворення Лапласа, отримаємо передатну функцію

2.2 Характеристика контуру управління тиску супутнього газу.

За допомогою формули балансу можна отримати модель функціонування системи регулювання тиску яка залежить від об'єму води в системі (1), що матиме наступний вигляд:

За допомогою формули Менделєєва-Клапейрона можна визначити об'єм води в системі:

За допомогою формули знаходимо співвідношення об'єму газу та газових характеристик в установці використанням формули (13):

R – константа газу;

Висновок: У цьому розділі я провів аналіз і створив математичну модель сепараторної установки, використовуючи два контури управління.

РОЗДІЛ 3

ВИКОРИСТАННЯ MATLAB SIMULINK ДЛЯ ПОБУДОВИ МОДЕЛІ

На основі аналізу роботи сепараторної установки, було вирішено оптимізувати її роботу. З огляду на трьохфазну сепараторну установку та аналіз її ФСА, отже ключовим аспектом в процесі очищення є своєчасна корекція сталих параметрів у контурах регулювання для пластової води та супутнього газу.

3.1 Постановка завдань для вивчення системи управління трьохфазною установкою

Для побудови моделі трьохфазного сепаратора для очищення нафти використовуємо середовище Matlab Simulink. Оскільки ми отримали данні у другому розділі, будемо їх використовувати в середовищі Matlab. З використанням формул у середовищі Matlab вдалося використовувати Simulink. Таким чином, диференціальне рівняння очищення нафти, введене в Simulink, представлене як простий аперіодичний блок. В даній моделі описано управління рівнем води та супутнього газу.

Інтегральна ланка Transfer Fcn використовується для відтворення передавальної функції кожного блоку системи керування трифазним сепаратором, блок Scope - для отримання результатів у вигляді осцилограм, блок Constant - для фіксації початкових параметрів, а блок Saturation - для моделювання клапана.

В даній системі виділяємо два контури управління, а саме процес сепарації нафти від супутнього газу при надходженні емульсії в сепараторний блок.

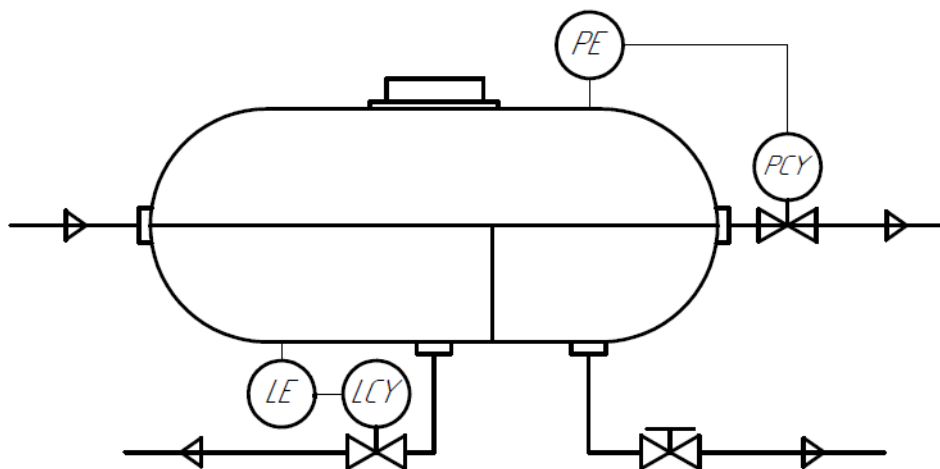


Рисунок 3 – Побудована схема функціональної автоматизації установки

Тиск газу всередині сепараторної установки, а також об'єм води в резервуарі являють собою ключові параметри процесу сепарації. Ці параметри суттєво впливають на якість очищення емульсії та її перетворення в кінцевий продукт. Сепараторна установка складається з двох контурів регулювання: контуру регулювання витрати супутнього газу та контуру управління рівнем води.

3.2. Процес створення моделі нафтового сепаратора

На рисунку 3.2 показано блок-схему контролю рівнів води та газу. Цей метод визначає необхідний тиск води і газу в сепараторній установці. При нормальній роботі процесу в кожному контурі управління повинні бути розміщені виконавчі пристрої у вигляді регуляторів і аналогових клапанів, які регулюють потік газу і води. В емульсії вхідний потік виявляється як турбулентність у кожному контурі, а також як інтегратор, який перетворює потік, отриманий від клапана, на певну кількість газу і води.

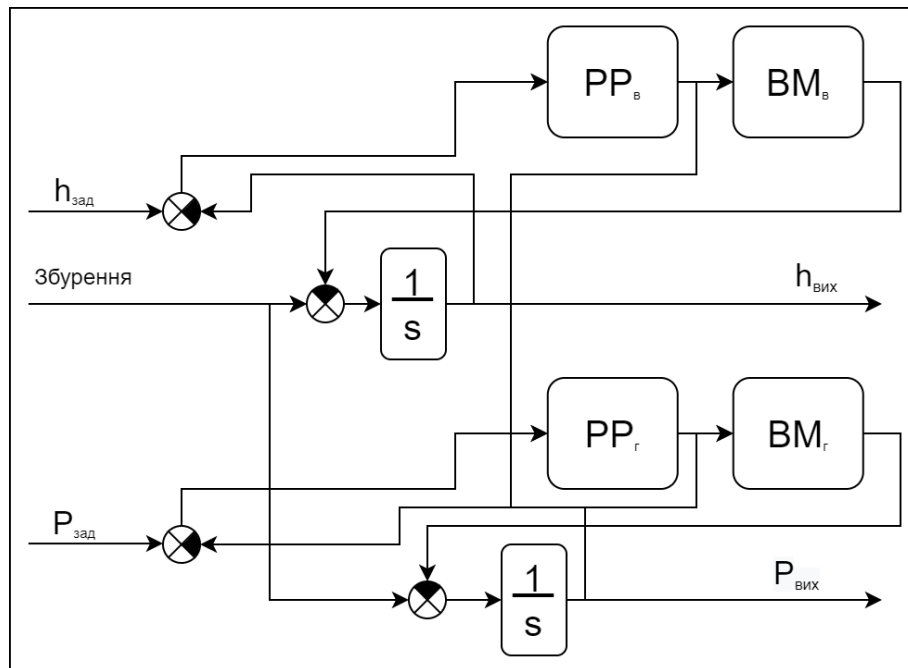


Рисунок 3.1 – Модель управління об'єму води в дотискній насосній станції.

Створюється математична модель сепаратора, враховуючи розрахунки, проведені для даного сепаратора у цьому дослідженні.

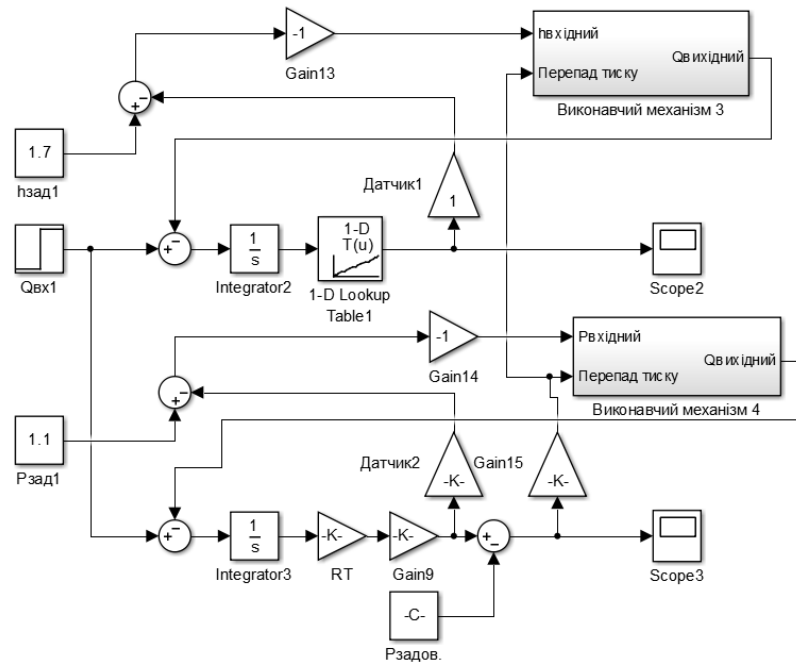


Рисунок 3.2 – Побудована математична модель в середовищі Matlab.

Модель функціонування сепараторної установки розглядає кожен контур окремо. У випадку води спочатку задається бажаний об'єм води, який заповнює резервуар і коли бажаний об'єм набраний регулюючий клапан перекриває воду. Данні з механізму віднімаються автоматично від збурення та додаються до сумматора. Після цього вони інтегруються для отримання об'єму води. Далі, за допомогою таблиці залежностей рівня води в сепараторній установці від об'єму. Оскільки в схемі присутні датчики зворотнього зв'язку контур управління замикається.

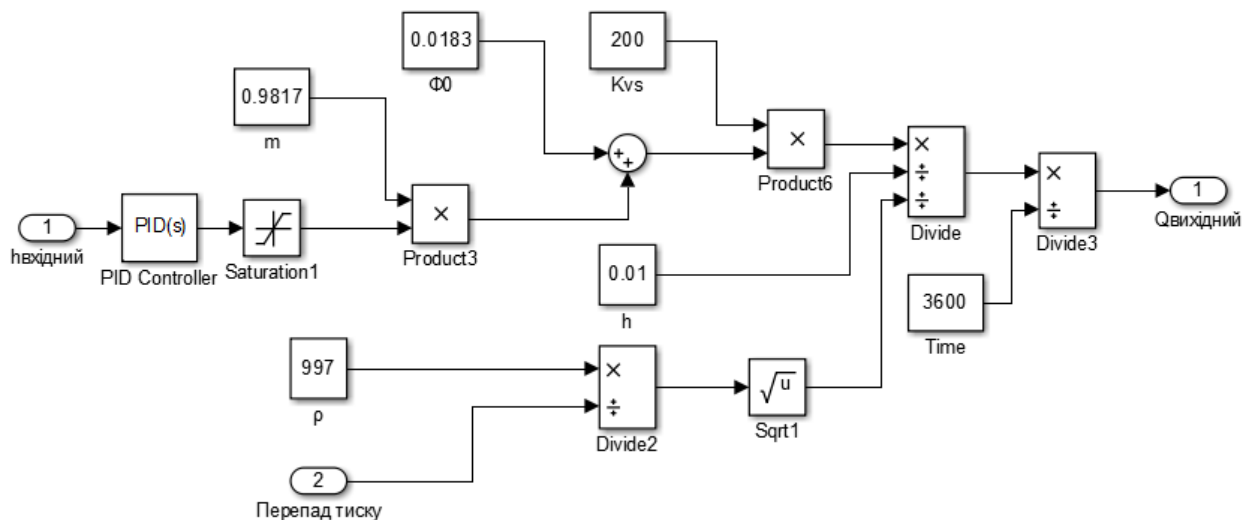


Рисунок 3.3 – Контур управління виконавчим механізмом подачі води

Механізм було розроблено, враховуючи формули витрат, аналогічно до контуру

регулювання попутного газу. У цьому виконавчому механізмі використовується блок насичення як нелінійний елемент, який має ліміти руху штоку від 0 до 2 міліметрів. Ці обмеження відображають максимальне відкриття штока клапана, яке проілюстровано на рисунку 3.5.

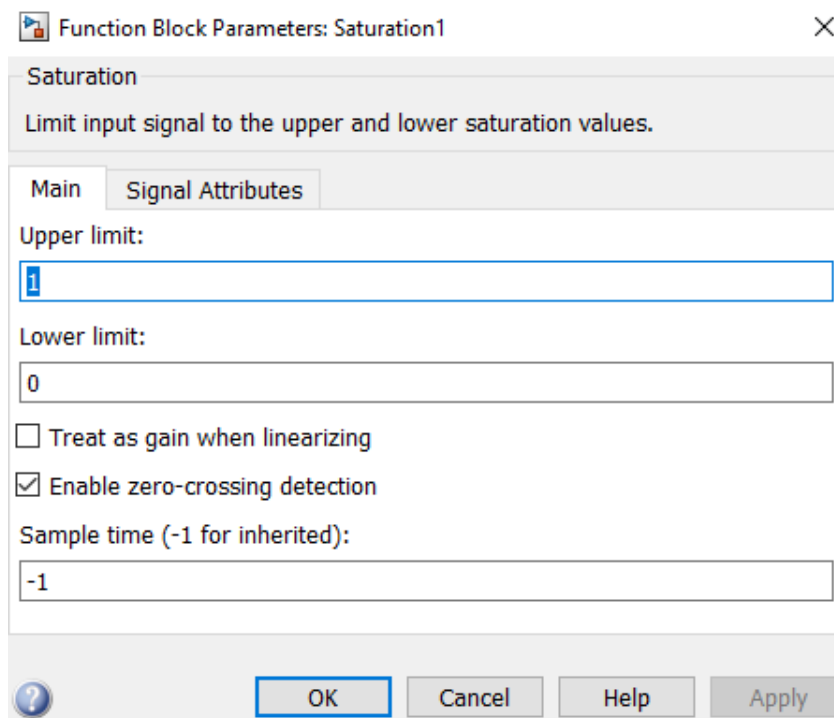


Рисунок 3.4 – Блок Saturation

Відповідна система керування газом визначає початковий рівень тиску відповідного газу в контурі. Це значення, встановлене як бажане, подається на привід. Витрата через регульований клапан віднімається від вхідного потоку як збурення. Результат інтегрується і множиться на коефіцієнт перетворення рівня в тиск для визначення рівня.

3.3 Лінеаризація контурів управління

Так як вказані контури включають алгоритмічні елементи, вони природно є нелінійними. Для належного налаштування цих контурів їх слід перетворити в лінійну форму. Процес перетворення базується на припущенні, що всі отримані величини мало відрізняються від початкових значень. Таким чином, лінеаризацію можна виконати враховуючи два перших члени в ряду Тейлора контуру управління. У результаті цих обчислень отримуємо лінійне рівняння:

3.3.1 Процес лінеаризації контуру управління об'єму води

Лінеаризація цього контуру виконується двома способами одночасно:

- 1) Співвідношенням витрат на клапані від положення штоку.
- 2) Співвідношенням об'єму від висоти

В першому випадку потрібно вибрати початкову точку, звідки ми будемо визначати i та z . Значення i та z визначаємо, взявши значення x та y такі, що відповідають закономірностям витрат у залежності від переміщення штока регулюючого клапану. Отримані числові дані вставляємо у відповідну формулу:

Щодо другого методу, потрібно виконати таку саму операцію але згідно з

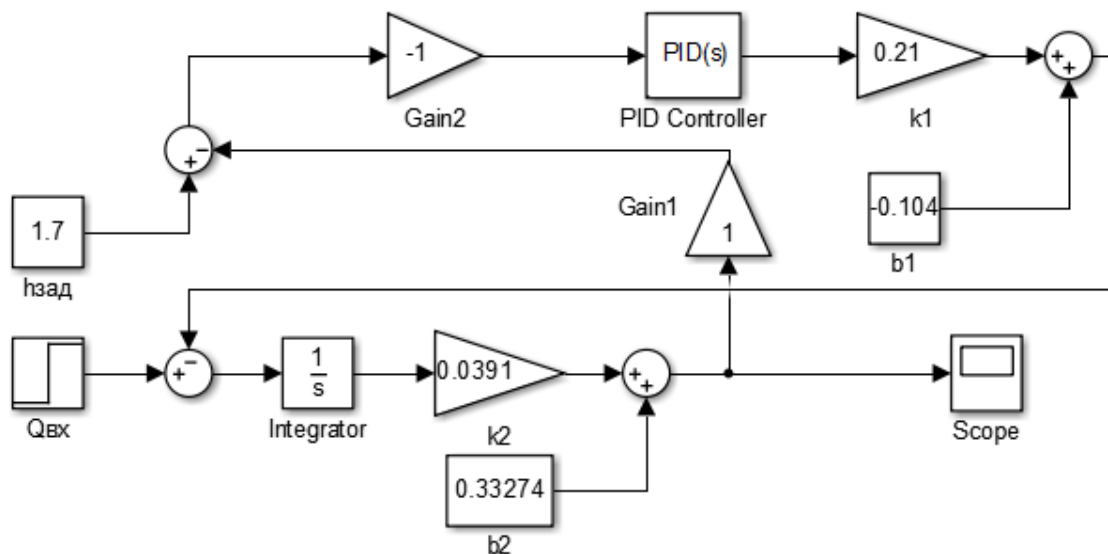


Рисунок 3.5 – Контур управління рівня висоти

3.3.2 Лінеаризація контуру регулювання тиску попутного газу

Лінеаризація цього контуру виконується двома способами одночасно:

- 1) Залежно від положення штоку від витрат газу.
- 2) Залежно від об'єму газу.

Підставляємо значення в формулу, отримуємо результат $i=13.1$, $z=-6.26$

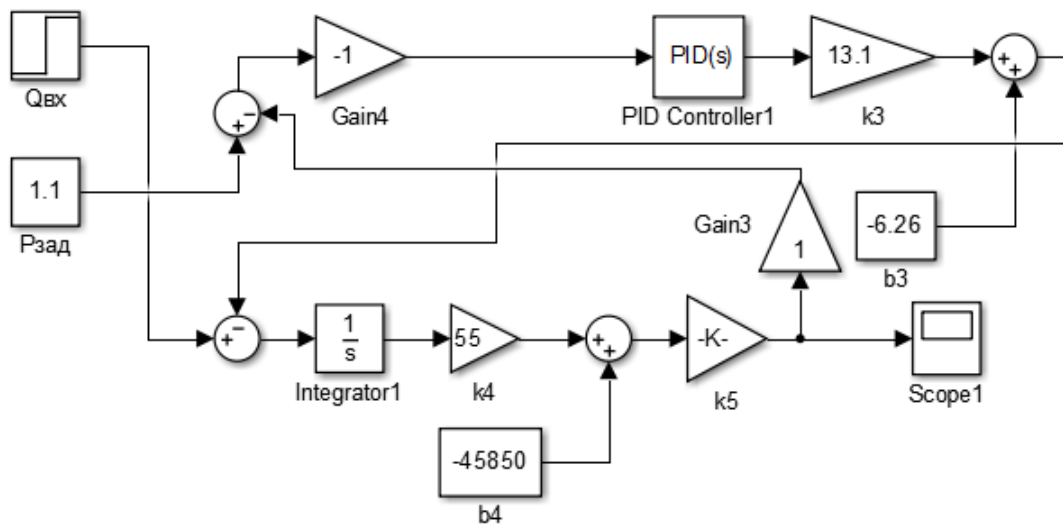


Рисунок 3.6 - Ланеризований контур управління тиску супутнього газу.

3.4 Дослідження методу налаштування ПД – регулятора.

Існує декілька підходів до налаштування ПД регулятора, кожен із них має свої переваги та недоліки. Отже, для визначення оптимального методу розглянемо два підходи: аналіз Шиделя та експериментом Циглера-Нкольса.

ПД регулятор є ключовим елементом будь-якої системи. ПД регулятор – це пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор, який використовується в системах автоматичного керування для формування управляючого сигналу з метою отримання необхідної точності та якості перехідного процесу. Цей регулятор формує управляючий сигнал, який є сумою трьох складових: пропорційної, інтегральної та диференціальної. Перша складова пропорційна до різниці між вхідним сигналом та сигналом зворотного зв'язку, друга – інтеграл від сигналу розбіжності, третя – похідна від сигналу розбіжності. Таким чином, правильний вибір методу керування є важливим для оптимальної роботи системи.

Виконавчий механізм є ідеальним кандидатом для випробування, оскільки на нього впливатиме конкретний регулятор. У нашій ситуації йдеться про незалежний клапан. Необхідно проаналізувати функцію керування клапаном, щоб забезпечити оптимальне з'єднання з ПД регулятором, оскільки після налаштування він має керуючий ефект. Виконавча інерційна ланка одного з наступних порядків може бути відтворена шляхом імітації роботи клапана, як це показано за допомогою функції передачі.

Для моделювання регулюючого клапана нам будуть надані такі параметри:

Будуємо модель активованого відповідного клапана за формулою (17), яка встановлює проміжну петлю зворотного зв'язку.

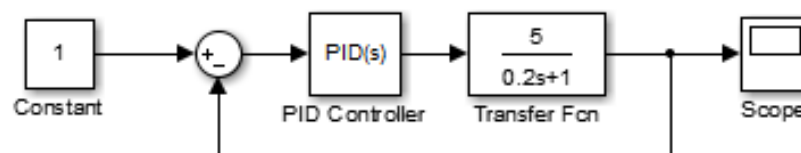


Рисунок 3.7 – Конструкція клапана.

3.4.1 Метод Циглера – Нкольса.

Метод Циглера-Нкольса представляє собою один із способів налаштування ПД регулятора. Для його використання спочатку систему керування переводять у ручний режим та активують регулятор в режимі П регулювання. Потім змінюючи коефіцієнт

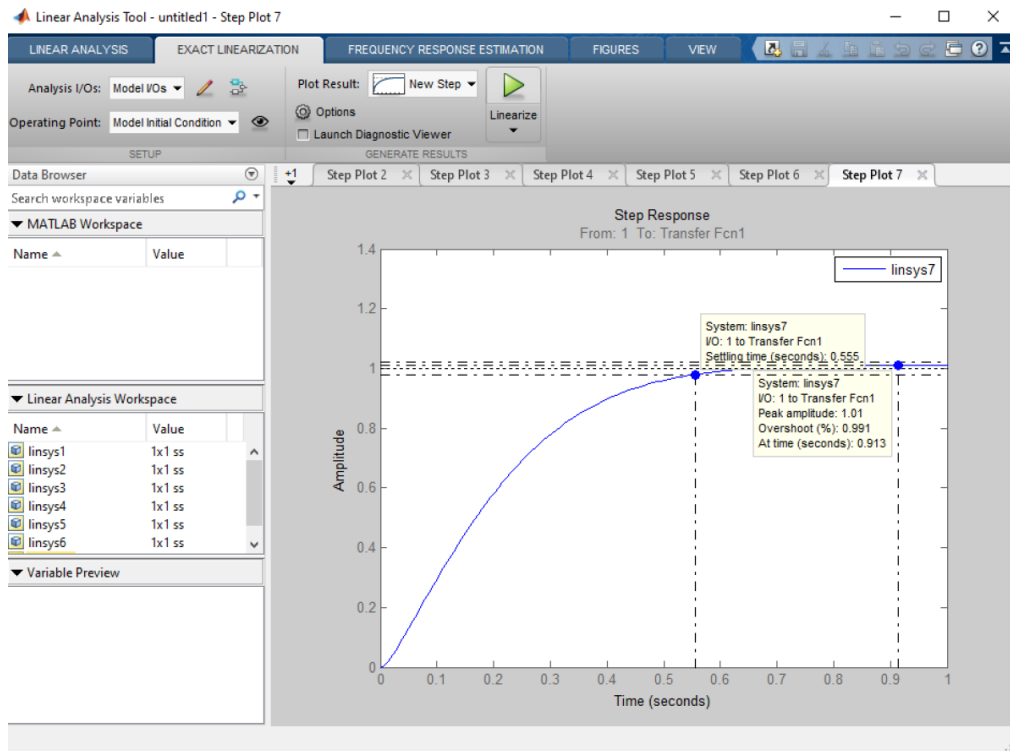


Рисунок 3.8 – Даграма, що ілюструє коригування процесу переходу за допомогою техніки Циглера-Нкольса.

Цей підхід можна модифікувати, і його ключовою особливістю є те, що він не вимагає максимального рівня стабільності системи для отримання бажаних показників якості. Модифікований метод Циглера-Нколса дає перерегулювання

3.4.2 Метод Цеделя.

Принцип каскадного коефіцієнта демпфування використовується Цеделем у його підході, який він потім застосовує до систем третього порядку:

Справедливі наступні вирази для обчислення:

Цю формулу регулює коефіцієнт демпфування системи відповідно до коефіцієнта ПД регулятора. Коефіцієнт ПД регулятора налаштовується так, щоб коефіцієнт демпгування системи дорівнював:

Формула об'єкта має такий вигляд:

Утворюється наступна формула.:

Використовуючи формулу цю формулу, можна розрахувати параметри ПД регулятора:

Завдяки такому підходу ви можете мінімізувати перехід і пройти більшу відстань за обмежений час.

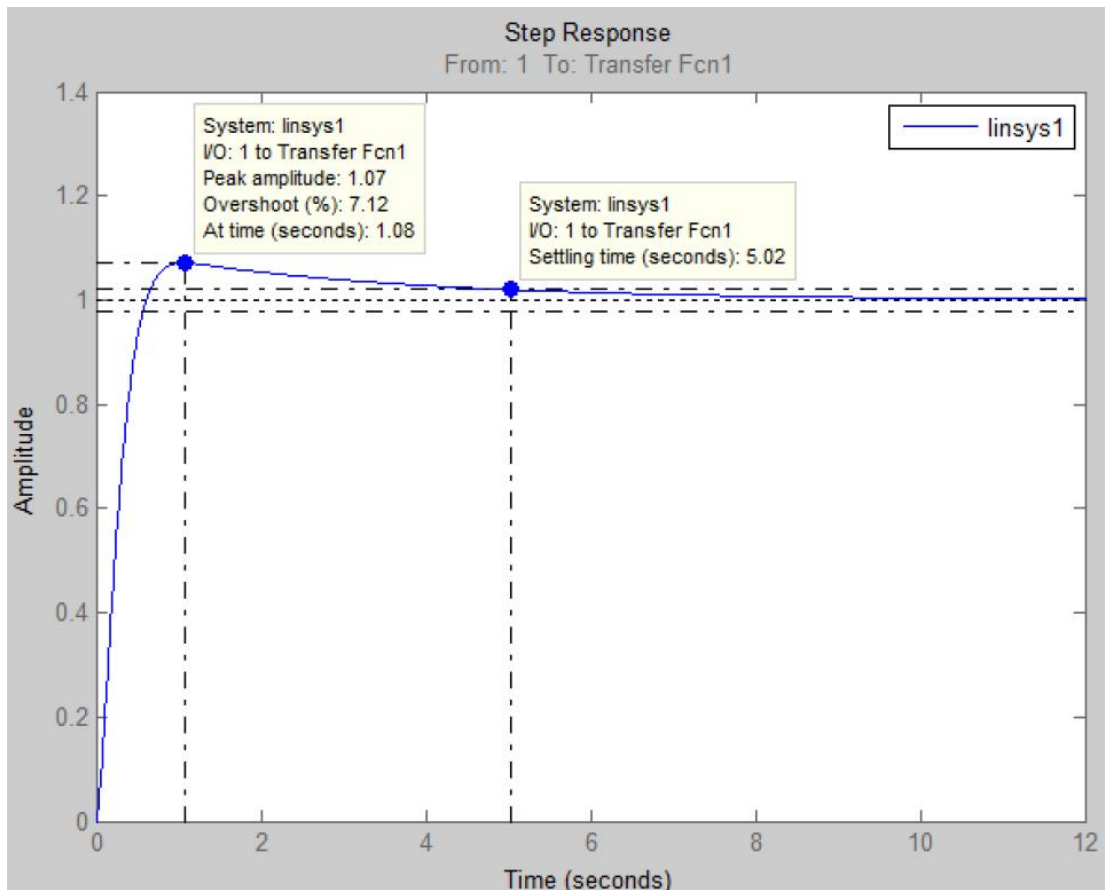


Рисунок 3.9 - Особливості характеристики системи на основі методу Шеделя.

На рис. 3.9 метод Шеделя дає перерегулювання приблизно $\sigma = 7,12\%$ і дозволяє
 рисунок 3.9 демонструє, що метод Циглера Нколса є кращим за метод Шеделя.

3.5 Аналіз контури в управлінні.

Для відображення схеми керування тиску супутнього газу та рівнем води була побудована структурна схема (Рисунок 3.10).

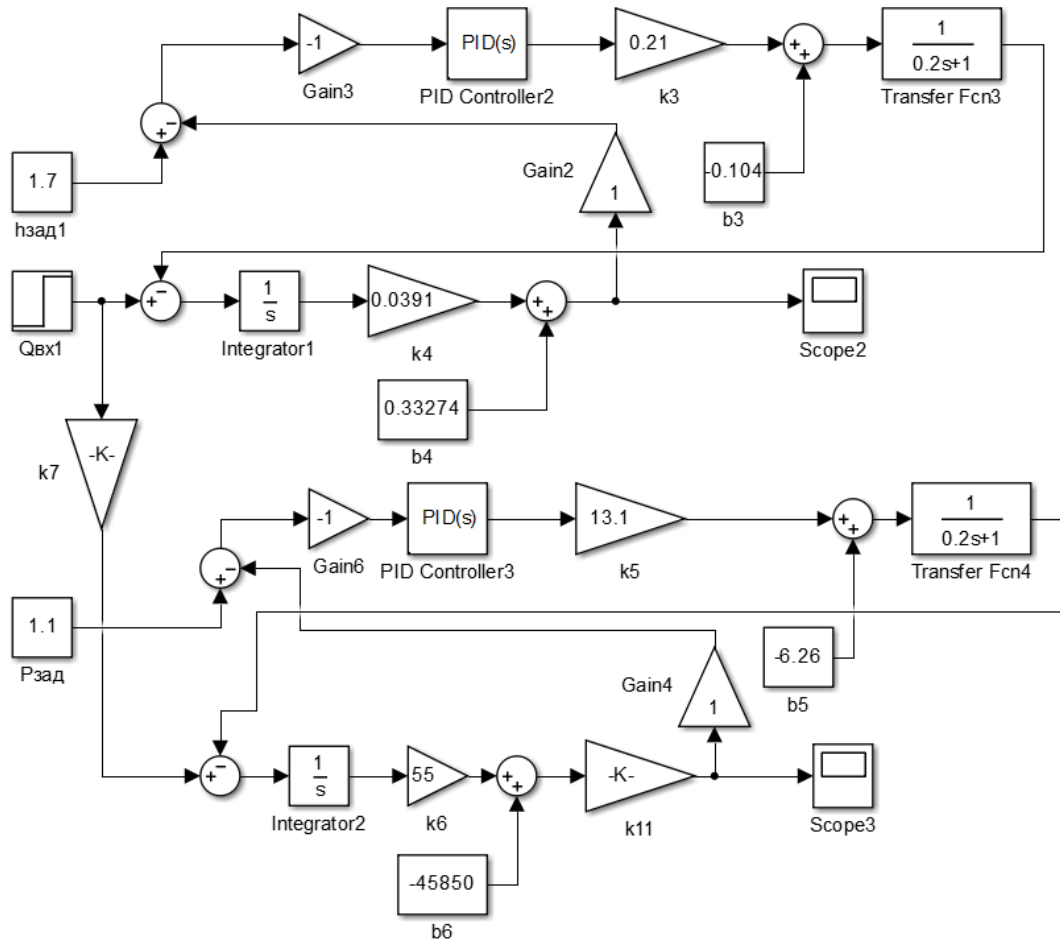


Рисунок 3.10 – Структурна схема управління дотискної насосної станції.

За допомогою програмного середовища Matlab Simulink ми можемо імітувати ефект збурення системи, а саме різка зміна об'єму води або тиску газу. За допомогою блоку «Step» можна побачити зміну коефіцієнту вхідних даних за рівнем води та сталому тиску газу.

3.5.1 Дослідження контуру регулювання рівня пластової води

Регулювання тиску попутного газу є важливим аспектом для успішного процесу

очищення нафти та забезпечення безпеки робочого середовища. Збереження стійкого рівня тиску вважається пріоритетним завданням. Для ефективного налаштування регулятора використовуються методи аналізу логарифмічно-частотних та фазових характеристик з метою перевірки стійкості системи.

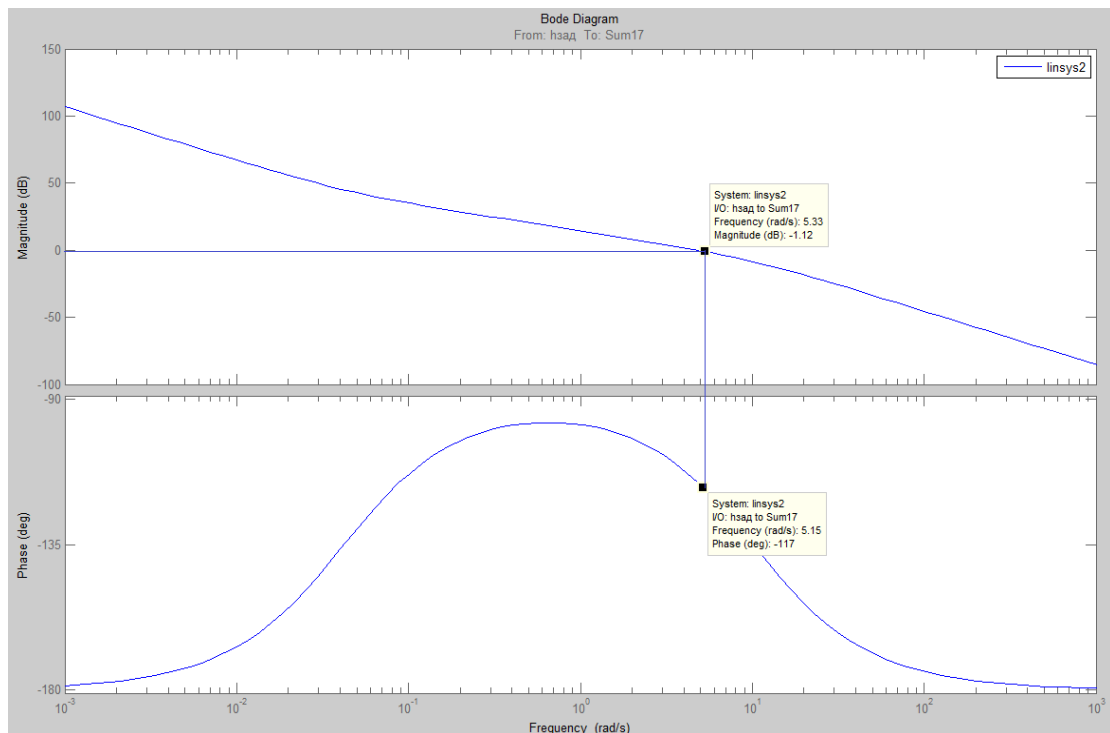


Рисунок 3.11 - Візуальна інтерпретація логарифмічних частотних та фазових характеристик контуру регулювання рівня води.

З Рисунку 3.11 видно, що модуль запасу стійкості системи дорівнює:

Для досягнення оптимальної ефективності контуру регулювання тиску попутного газу було використано метод Циглера-Нкольса для налаштування регулятора. унікальні перерегулювання системи на 20%. На рисунку 3.13 представлені параметри регулятора, які забезпечують ефективну функціональність системи.

Метод Циглера-Нкольса використовується для налаштування ПД регулятора, як показано на рисунку 3.11.

Controller parameters

Proportional (P):	917.987382630439
Integral (I):	51.4958089467749
Derivative (D):	101.176053283882
Filter coefficient (N):	13.69525047765

Рисунок 3.12 – Підбрані параметри ПД регулятора методом Циглера-Нкольса.

На рисунку 3.12 показано, як налаштування ПД регулятора створює оптимальний перехідний процес для формування схеми керування рівнем води.

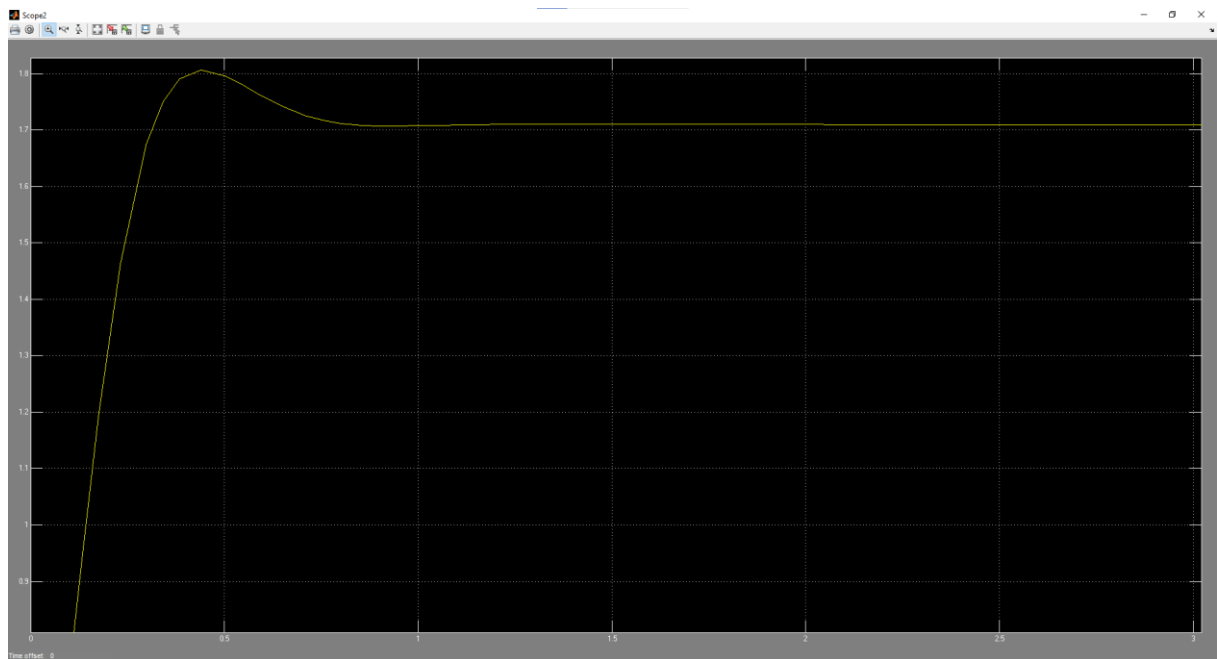


Рисунок 3.13 Перехідний процес, який регулює рівень води

На Рисунку 3.13 показано, як регулятор, якщо він правильно вибраний і налаштований, сприяє досягненню системою заданого рівня висоти 1,5 м на перехідній фазі.

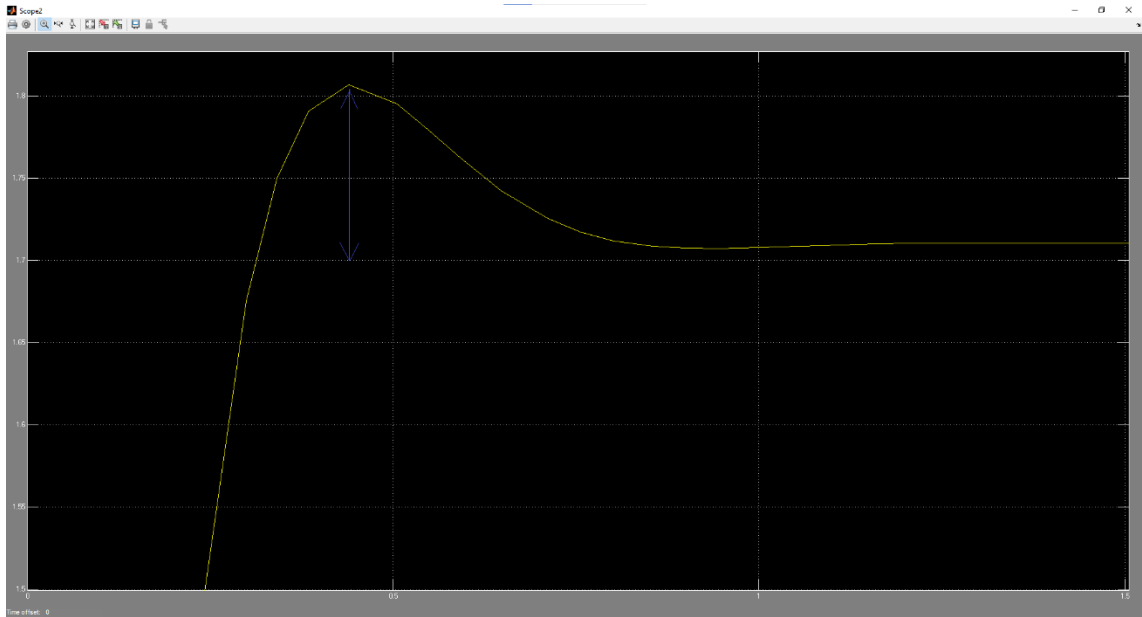


Рисунок 3. 14 –Регулювання П Д- регулятора.

Розрахунок показує, що відхилення становить близько 6%. Після цього ми перевіримо стан системи з ПД регулятором у відповідь на активні зовнішні перешкоди. Встановіть початок збурення в блоці Step на 1, а потім на 5 для розміру цього збурення, що збільшує вхідний потік до сепараторної установки та підвищує рівень води. Результатом є перехідний процес, як показано на рис. 3.14.

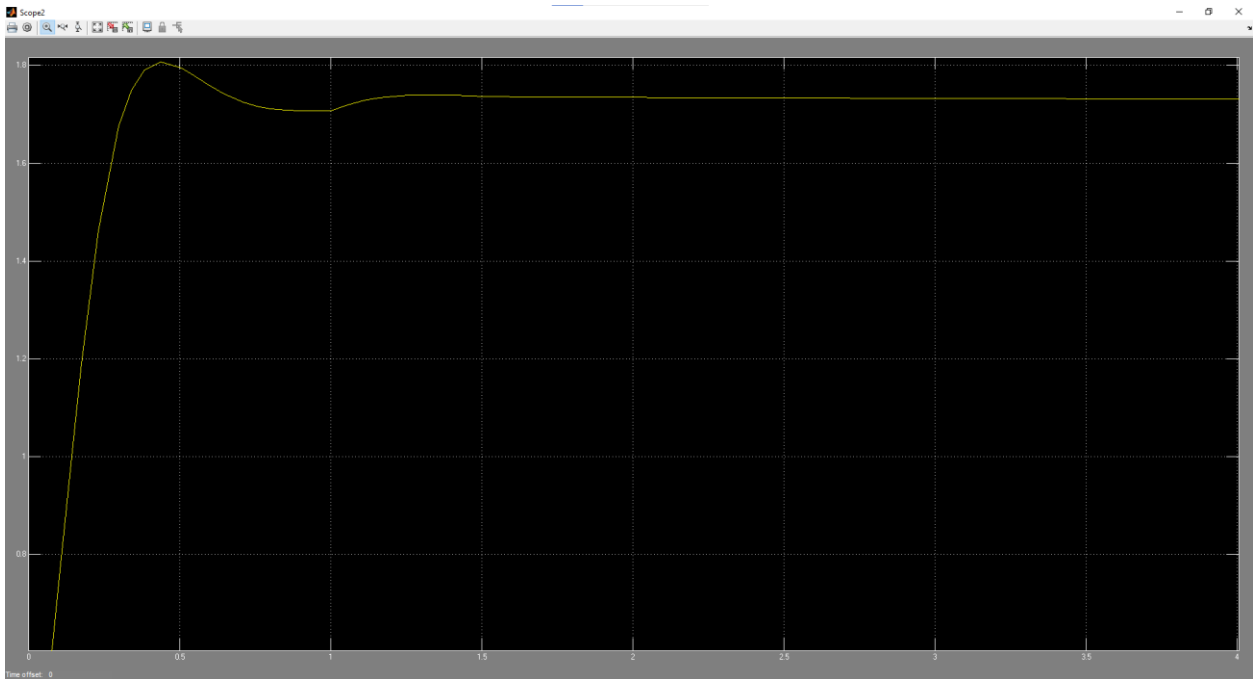


Рисунок 3.15 – Тимчасовий стан системи на піку збурень.

Система є стабільною в результаті мінімальних ефектів збурень, які спостерігаються на рис. 3.15, як показано на графіку. Якість очищення нафти від пластової води підвищується при утриманні рівня в заданому діапазоні, який становить 1,7 метра.

3.5.2 Дослідження контуру регулювання тиску попутного газу.

Відповідний контур регулювання тиску газу визначається як ключовий елемент для ефективного очищення нафти та забезпечення безпеки робочого об'єкта. Стабілізація рівня тиску є пріоритетним завданням. Для належного налаштування регулятора можливо використовувати метод логарифмічно-частотних та фазових характеристик, перевіряючи систему на стійкість.

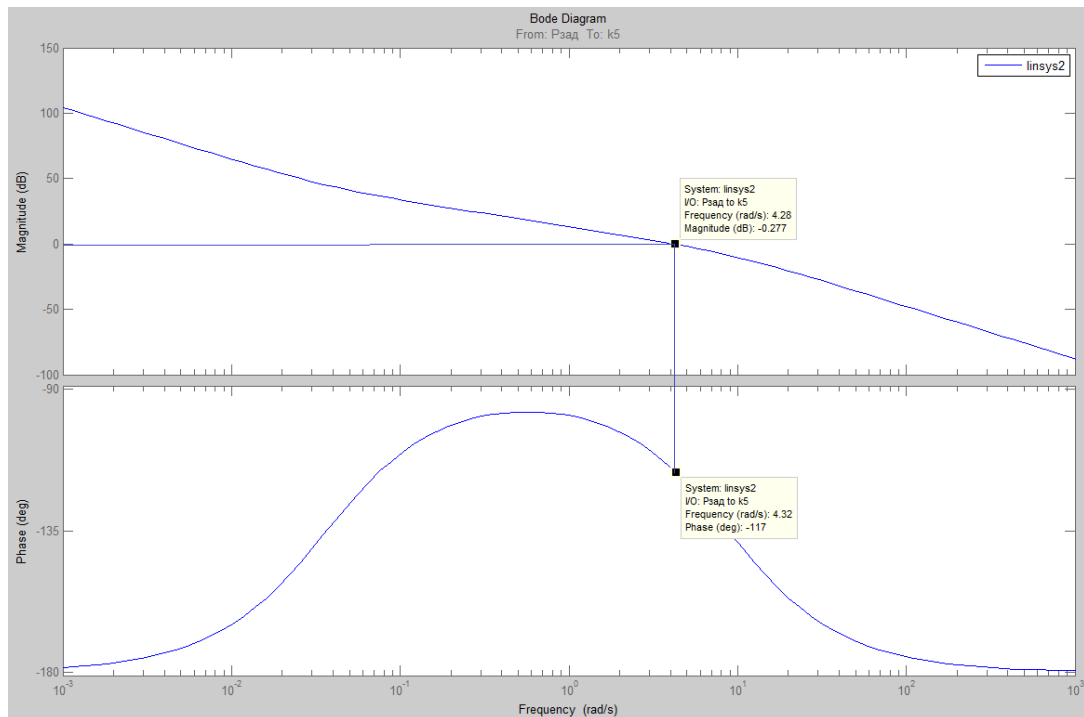


Рисунок 3.16 - Візуальна інтерпретація логарифмічних частотних та фазових характеристик контуру регулювання рівня пластової води.

Аналізуючи Рис. 3.16, видно, що модуль запасу стійкості системи дорівнює:

Для досягнення оптимальної ефективності контуру регулювання тиску попутного газу було використано метод Циглера-Нкольса для налаштування регулятора. Підбираючи межі перерегулювання системи на 20% На основі цього вибрані параметри регулятора, що гарантують ефективну роботу системи, представлені на Рис. 3.17.

Controller parameters

Proportional (P):	894.848202382829
Integral (I):	45.773836241529
Derivative (D):	110.803752422894
Filter coefficient (N):	12.490216883311

Tune...

Рисунок 3.17 – Оптимізовані параметри ПД регулятора, визначені методом Циглера-

Перехідний процес схеми керування зображено на рис. 3.18, який визначається тиском цього газу.

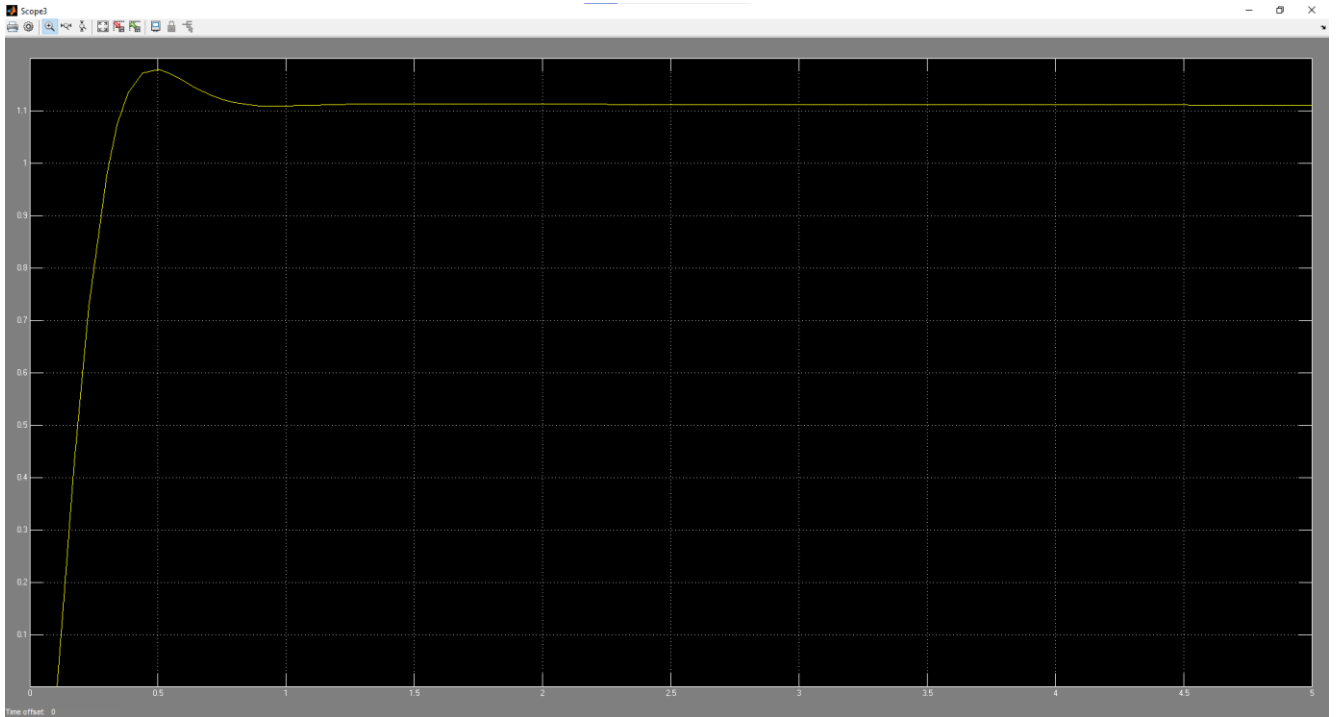


Рисунок 3.18 – Результати динамічного процесу регулювання тиску попутного газу.

Результати перехідного процесу регулювання тиску попутного газу представлені на Рис. 3.18. З них видно, що завдяки налаштованому регулятору система досягає заданого рівня тиску 1.1 МПа за мінімальний час перехідного процесу, яка представлена на Рис. 3.19.

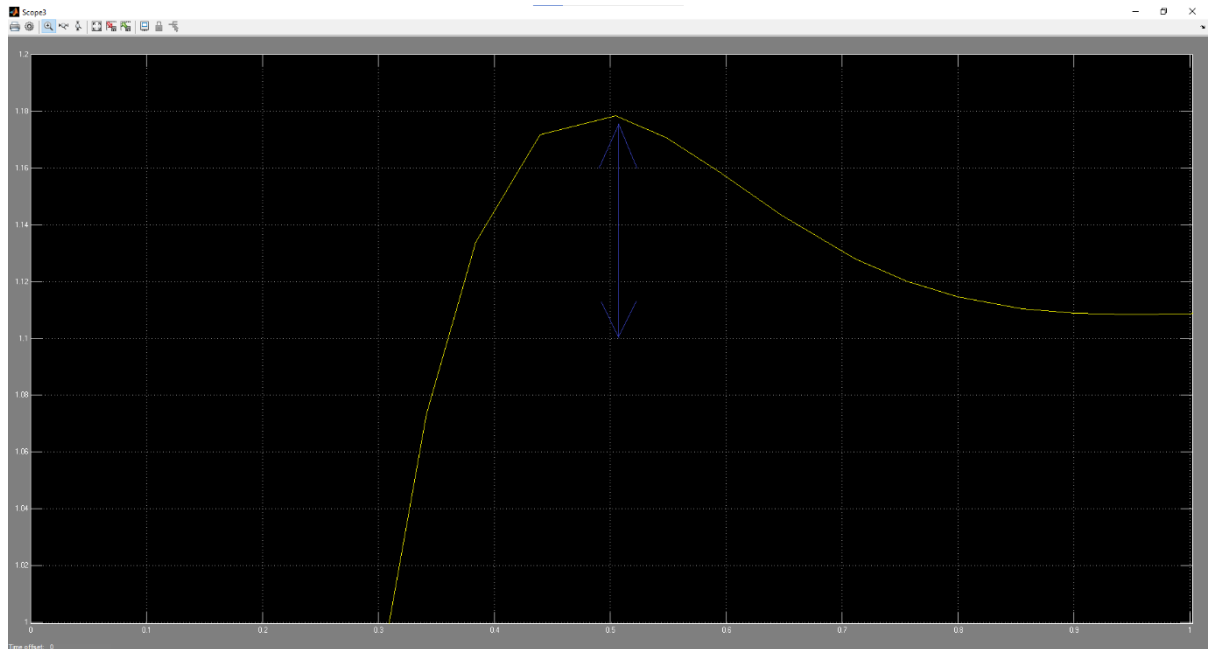


Рисунок 3.19 – Аналіз перерегулювання ПІ регулятора.

Перерегулювання ПІ регулятора приблизно становить 7%. Щоб перевірити працездатність системи при активних впливах зовнішніх збурень, у блоці Step ми встановили значення початку збурення на рівень 1 та величину збурень на 10. Це відповідає збільшенню вхідного потоку в сепараторну установку та підвищенню тиску. На Рис. 3.20 представлений відповідний перехідний процес.

З графіка видно, що збурення практично не вплинуло на систему, і тиск в сепараторній установці залишається стабільним. Це свідчить про ефективну роботу системи, оскільки тиск не досягає критичних значень, залишаючись в межах заданих параметрів, а саме 1,1 МПа.

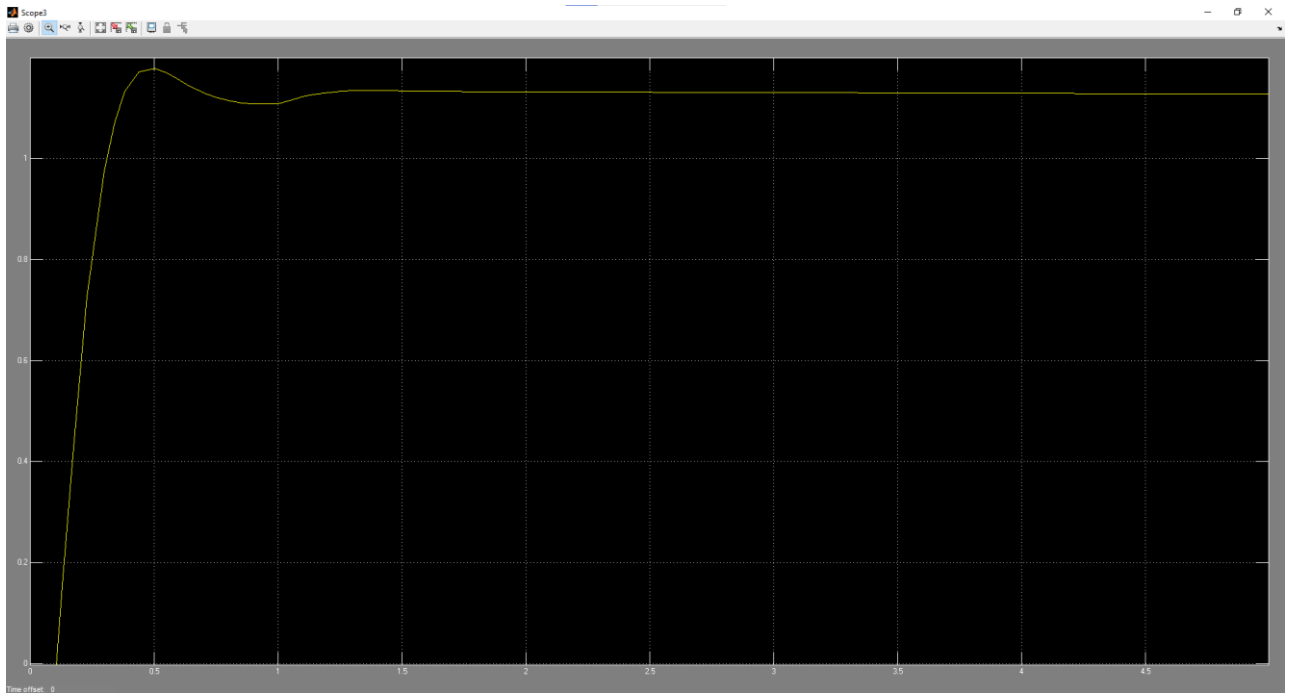


Рисунок 3.20 – Перехідний процес системи при максимальних впливах збурень.

Висновок: У даному відділі був проведений аналіз та обґрунтовано вибір двох контурів в регулювання та їх вплив на якість продукту. За допомогою моделювання в середовищі Matlab Simulink було створено та налаштовано регулятор, а також проведено аналіз роботи системи при впливах зовнішніх збурень.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА SCADA СИСТЕМИ

Системи управління об'єктом повинні враховувати їх взаємодію з оператором, який відповідає за його коректну роботу. Система SCADA є одним із способів реалізації цієї взаємодії. Об'єкт, який контролюється або контролюється, може бути зібраний, оброблений і архівований в режимі реального часу за допомогою програмного комплексу SCADA. Обов'язки SCADA включають моніторинг процесів, збереження даних у базі даних, обмін інформацією з виконавчими пристроями та ПЛК, керування логікою та підтримку зв'язку із зовнішніми програмами. Крім того, система може постійно стежити за подіями.

4.1 Постановка задачі при проектуванні SCADA системи.

Завдання SCADA-системи повинні бути чітко визначені перед її створенням. Чому це так? Безпека та контроль якості є основними цілями пожежо-небезпечних сепараторів. Як і це цілі. Система SCADA повинна гарантувати безпроблемну взаємодію ліній керування з програмованим логічним контролером. Це має вирішальне значення. Розробка системи SCADA передбачає використання програмного забезпечення Zenon, яке включає інструмент розробки проекту (Editor) та середовище виконання (Runtime). Надаючи всі модулі та інструменти, необхідні для повної розробки програм, Zenon також постачається з власним набором драйверів, які забезпечують легку інтеграцію з більшістю програмованих логічних контролерів (PLC).

4.2 Розробка та проектування SCADA

Ми використовуємо програмне забезпечення Zenon для проектування та створення системи SCADA. Пакет SCADA Zenon включає ряд технічних інструментів і програм, таких як середовище розробки проекту (редактор) і середовище виконання. Два компоненти програми працюють ізольовано та мають різні функції. Середовище розробки пропонує широкий набір модулів і інструментів для написання повнофункціональних програм. Він постачається з пакетом драйверів, який полегшує зв'язок між найпоширенішим обладнанням ПЛК

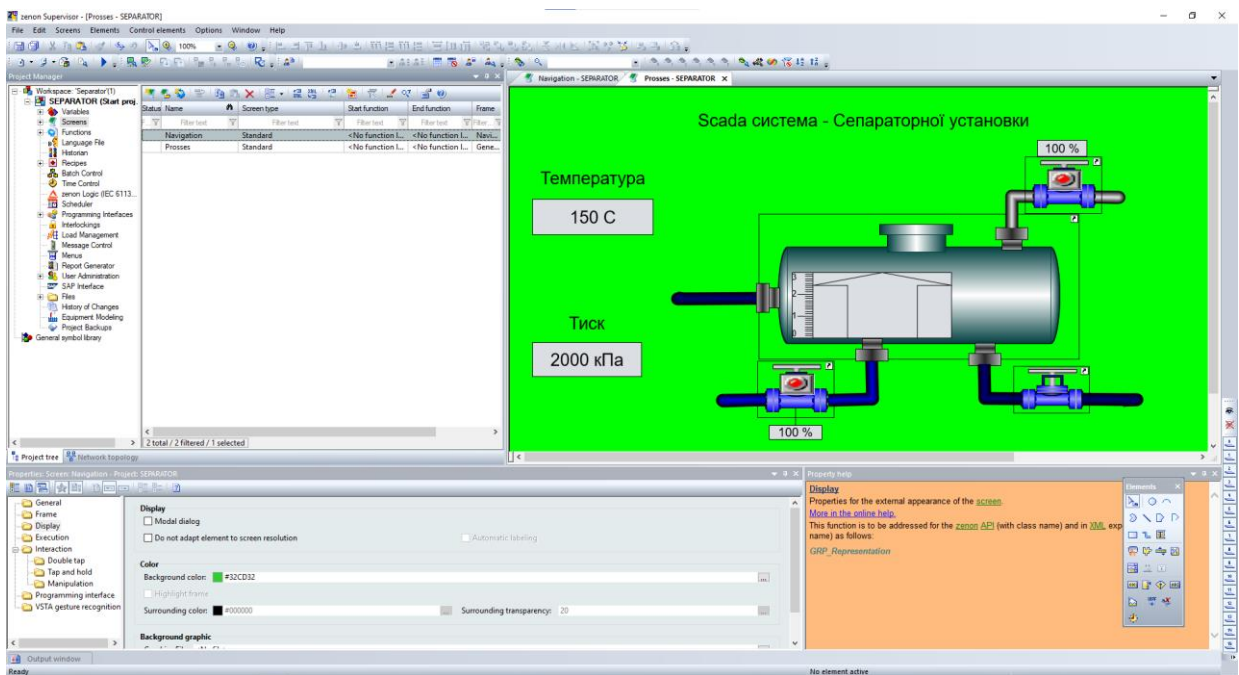


Рисунок 4.1 – Інтерфейс на інструменти в програмі Zenon.

SCADA Zenon характеризується вертикальною орієнтацією. Завдяки використанню в цьому програмно-технічному комплексі найсучасніших технологій усі інформаційні потоки, зібрані на рівні датчика/актуатора змінного струму, можуть швидко оброблятися та передаватися до зовнішніх систем MES та ERP. Там проводиться аналіз і планування для оптимізації сучасного виробництва. Система Zenon SCADA може виконувати завдання як сервера DDE, так і відповідного клієнта DDU з огляду на те, що зовнішнє програмне забезпечення MATLAB може функціонувати лише як клієнт DDE, доцільно розглянути можливість перетворення системи SCADA Zenon на дублювання DCE-сервера. Це система SCADA, яка розробляється на основі їхньої робочої моделі (див. рис. 4.2). Цей комплекс спрямований на оптимізацію процесу очищення нафти, фільтрації та стабілізації видобутку шляхом автоматизації вилучення нафти з газу та пластової води. Візуальне представлення системи SCADA сепараторної установки в режимі очікування проілюстровано на рис.

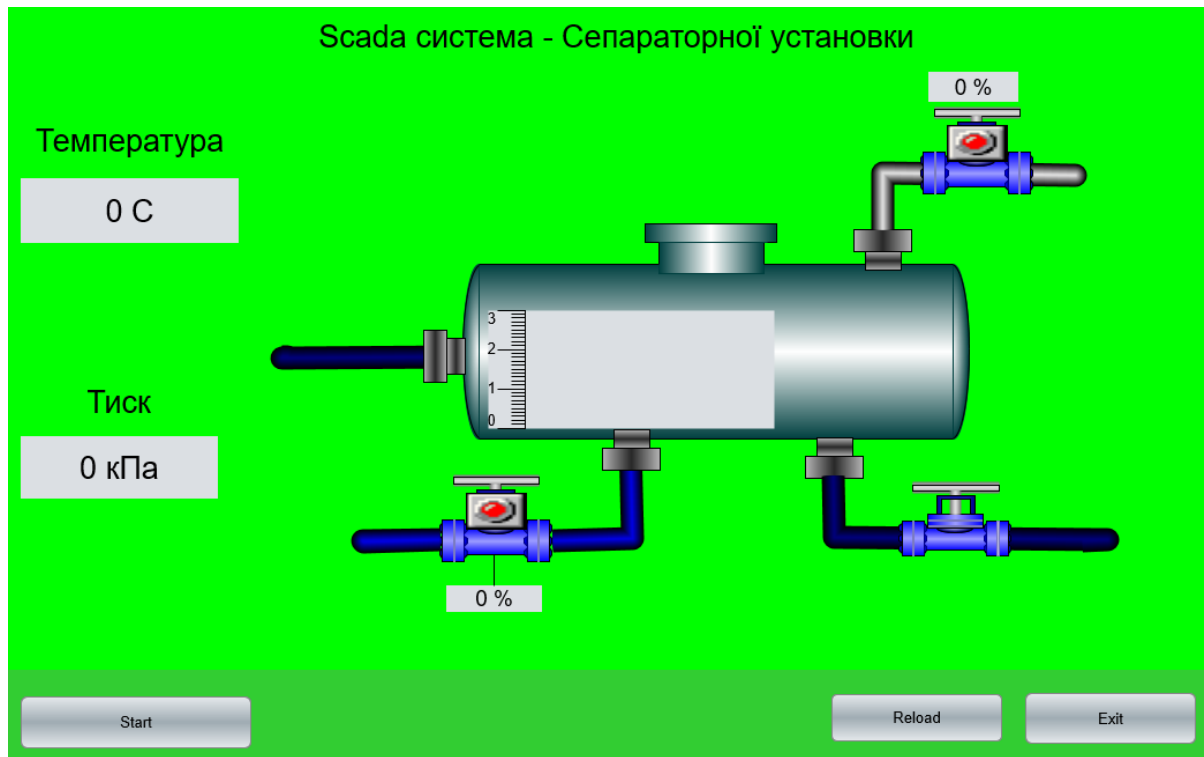


Рисунок 4.2 – Побудована SCADA система за допомогою програмного забезпечення Zenon, у стані очікування.

З цього опису можна зробити висновок, що сепараторна установка складається з резервуару, який приймає емульсію з попередніх етапів роботи установки. До штуцера підключають датчик рівня, який показує, який потік емульсії надходить у нього (рисунок 4.2). До складу емульсії входять три частини: попутний газ, пластова вода і нафта. Його перший регуляторний контур контролює рівень води в пласті. Клапан відкривається для зливу води після того, як датчик на баку вкаже, що він переповнений, і активує його. Сепаратор оснащений датчиком температури, який вимірює якість очищення та впливає на тиск у ньому. Контроль тиску газу, який надходить після, є другим регулюючим контуром. Датчик температури та тиску використовується в цій схемі для регулювання потоку газу, зберігаючи незмінне значення. Використовуючи систему SCADA на малюнку 4.3, ви можете ефективно керувати та оптимізувати параметри процесу видобутку нафти. Це показано нижче.

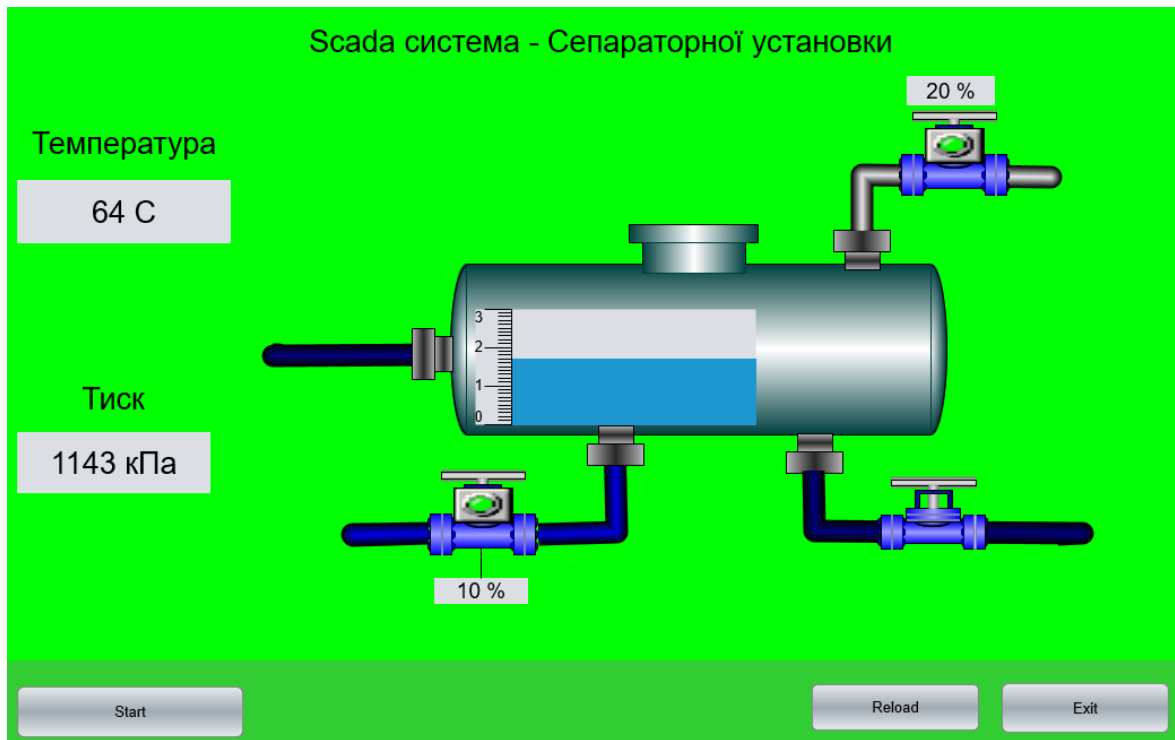


Рисунок 4.3 – Працююча система SCADA, створена за допомогою програмного забезпечення Zenon.

Ця система збору та відображення даних розроблена для автоматизації очищення нафти для використання в інших середовищах, а також для забезпечення постійної якості продукту шляхом моніторингу рівня пластової води та тиску супутнього газу на виході. Основні функції системи: 1. Відображення інформації про рівень води в резервуарі, температуру сепаратора, тиск газу, стан клапана, параметри відкриття клапана. 2. Автоматичний контроль рівня заданої пластової води і тиску газу на виході з сепараторної установки.

ASUTP сепараторної установки надсилається через інтерфейс реального часу під назвою Zenon Runtime, як показано на малюнку.

Важливі аспекти включають: Збереження технічних даних. Моніторинг системи. Запис тривог у журналі. Керівництво оперативно-диспетчерським управлінням. Алгоритми роботи сепараторних установок.

4.2 Алгоритми зація процесі в функціонування сепараторної установки

Пуск сепараторної установки вимагає суворого дотримання норм експлуатації, встановлених обслуговуючим персоналом. Перед початком процесу очищення масла

важливо перевірити наступні передумови У сепараторній установці тиск не перевищує 1,3 МПа. Рівень води в пласті знаходиться в межах верхньої допустимої межі. Вхідні та вихідні фітинги повинні бути вільні від протікання.

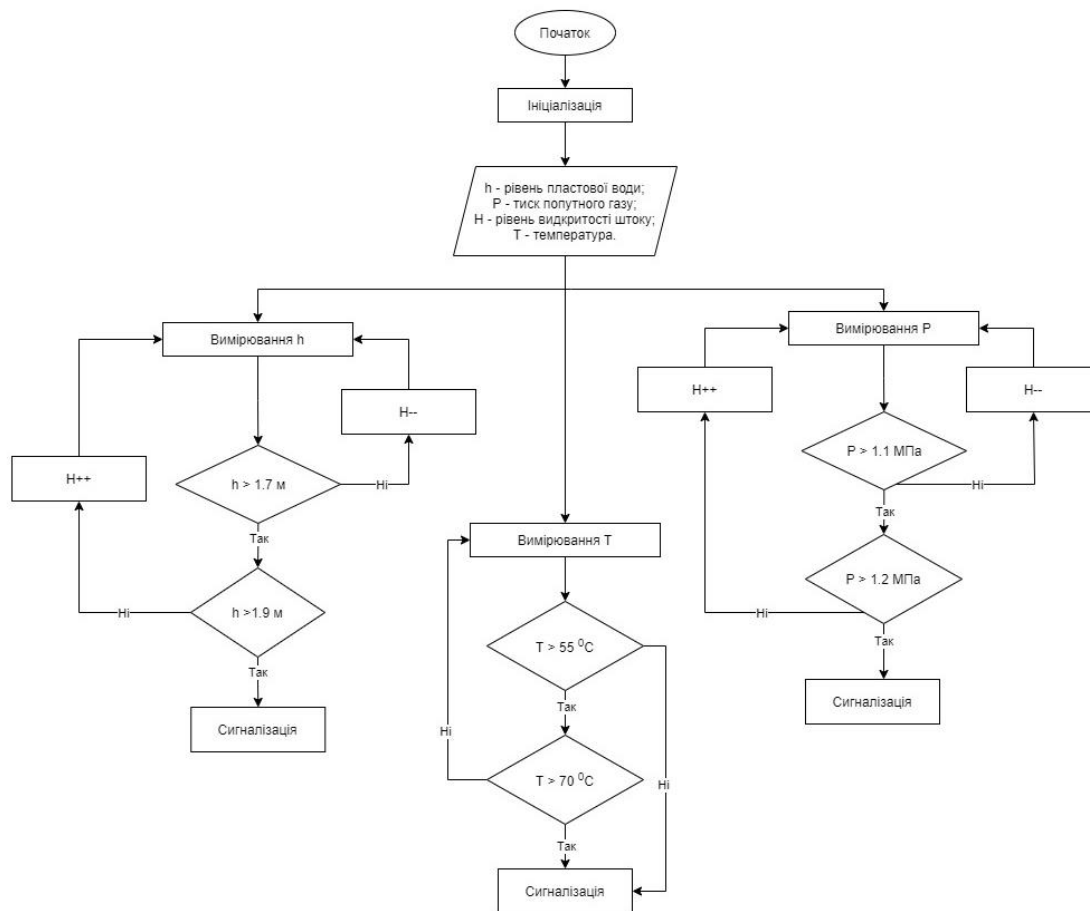


Рисунок 4.4 – Блок схема управління процесом очищення нафти

Під час встановлення сепаратора дуже важливо стежити за різними параметрами, такими як тиск, рівень води в резервуарі, температура та рівень відкриття штока клапана. Це досягається підтриманням діапазону від 1 до 1,3 МПа, від 50 до 70 °С або 100 відсотків. При надходженні емульсії на сепараторну установку необхідно відокремити ці фази від установки.

Стержень клапана реагує на рівень води, виявляючи його, а потім автоматично закриває або відкриває його. Коли досягає найвищого рівня, автоматично вмикається аварійна сигналізація. Відділення емульсії при її надходженні призводить до підвищення тиску. Таке буває. Якщо тиск газу, що продавлюється, стає нижчим за його нормальне значення, клапан автоматично вмикається. При виникненні надзвичайних ситуацій сигналізація спрацьовує автоматично. Температура сепаратора не повинна перевищувати 60 °С.

При зниженні температури спрацьовує сигналізація, яка за потреби може автоматично вимикатися. Робота сепараторної установки є замкнутим циклом, який автоматично зупиняється після вимкнення машини. Цей алгоритм недоступний для зовнішнього використання. У другій частині цього розділу вони визначили завдання для системи SCADA, розробили та описали систему на основі Zenon проаналізували її алгоритм для монтажу сепараторів.

ВИСНОВОК

Завдяки роботі та аналізу літературних джерел було визначено, що сепараторні станції відіграють важливу роль в сфері добутку нафти. Приклад блоку даної станції, який пояснює принцип сепарації нафти, також використовується в її структурі. Було проведено ретельне обстеження для з'ясування технічних факторів, які вплинули на роботу сепараторної установки та ефективність вилучення нафти. Підтримання рівня води в резервуарі та тиску супутнього газу в прийнятних умовах разом із своєчасним видаленням із сепараторної установки має важливе значення для продуктивності та якості.

Розробка оптимальних налаштувань процесу управління сепараторною установкою має практичне значення, оскільки вона сприятиме підвищенню продуктивності та якості очищення нафти на місці видобутку.

Дана робота вносить важливий вклад у вирішення актуальних проблем сучасної енергетики та висуває перспективні напрямки для подальших досліджень у сфері управління процесами добування та обробки енергетичних ресурсів.

Проаналізовано математичну модель контурів, яка контролює рівень пластової води та тиск газу. Зроблено моделювання цієї моделі. Розроблено модель контурів керування сепаратором за допомогою налаштованого ПД регулятора. Крім того, програмний комплекс Zenon використовувався для розробки та визначення SCADA-системи алгоритму роботи сепараторної установки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Johnson, L R and Williams, P. M 2018. *Advanced Techniques in Offshore Drilling* (Houston: Energy Publications) 45-60.
- 2) Taylor, D and Robinson, A 2013. *Big Data Analytics in Geoscience* (Denver: GeoData Analytics) 180-195.
- 3) Turner, A R and Evans, N 2018. *Economic Analysis of Hydraulic Fracturing Technologies* (London: Economic Insights) 95-110.
- 4) Acharya T, Potter T, 2021. A CFD study on hydrocarbon mean residence time in a horizontal oil-water separator. *SN Appl. Sci.*, 3, 492
- 5) Harris, D M and Clark, T H 2018. *Gas Purification Technologies and Practices* (Calgary: Gas Purify Publications) 140-155..
- 6) Відомості про будову сепараторної установки комплексної підготовки природного газу та нафти – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/6173384/page/10/> (дата звернення: 20.11.2022).
- 7) Carter, S.J. 2020. *Sustainable Practices in Oil and Gas Extraction* (Edinburgh: Sustainability Books) 30-45..
- 8) Sayda A, Taylor J., 2007. Modeling and Control of Three-Phase Gravity Separators in Oil Production Facilities. *Proceedings of the American Control Conference 2007*, 4847 – 4853, DOI: 10.1109/ACC.2007.4282265.
- 9) Ougbenga A G, A-Mhanna N M, Yahya M D, Adabi E A, Oa M K, 2021. Validation of the Molar Flow Rates of Oil and Gas in Three-Phase Separators Using Aspen Hysys. *Processes*, 9, 327
- 10) V. A. Zelenskiy, 2018. Simulation of oil-gas separator operation. *Journal of Physics: Conference Series* 1096 (2019) 012155 doi: 10.1088/1742-6596/1096/1/012155
- 11) Thompson, G R and Miller, D S 2016. *Environmental Impact Assessment in Oil Exploration* (San Francisco: Environmental Press) 110-125
- 12) Clark, V M and Stewart, R 2012. *Automation and Control Systems in Oil Production* (Houston: Automation Press) 125-140.
- 13) Відомості про SCADA систему. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/SCADA> (дата звернення: 20.11.2022).

- 14) Reference Manual Zenon 7.20 - July 2018. - URL: <https://usermanual.wiki/Document/manual.585045267.pdf>
- 15) Відомості про роботу Zenon. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://edu.asu.in.ua/mod/book/tool/print/index.php?id=66> (дата звернення: 20.11.2022).
- 16) Відомості про особливості користування SCADA Zenon. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.svaltera.ua/press-center/articles/8773.php> (дата звернення: 20.11.2022).
- 17) Grazbayev B et al. DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODELS AND OPTIMIZATION OF OPERATION MODES OF THE OIL HEATING STATION OF MAIN OIL PIPELINES UNDER CONDITIONS OF FUZZY INITIAL INFORMATION// Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 6, №2–1

