

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КСУ

\_\_\_\_\_ П.В. Леонтєв

\_\_\_\_\_ 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**

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

на тему: " Оптимізація процесу керування сепарацією дотискної насосної станції "

Керівник роботи

Доцент кафедри комп'ютеризованих систем управління, доцент, к.т.н.

Кулінченко Г.В.

Дипломник

студент гр. СУ.м-11

Манойленко В.М.

## РЕФЕРАТ

Манойленко Владислав Миколайович. Оптимізація процесу керування сепарацією дотискної насосної станції. Кваліфікаційна робота магістра. Сумський Державний Університет, Суми, 2022 р.

Робота містить 46 сторінок основного тексту, 27 рисунки, 2 таблиці; 1 додаток; список використаних джерел з 18 найменувань.

Робота присвячена дослідженню трьох фазної сепараторної установки. Запропоновано SCADA – систему диспетчеризації управління режимами роботи агрегату та запропонований алгоритм роботи сепараторної установки.

Ключові слова: дотискна насосна станція, сепараторна установка, нафта, попутний газ, пластова вода, ПІД-регулятор, SCADA – система.

## ABSTRACT

Manoylenko Vladislav Nikolaevich. Optimization of the separation control process of the booster pumping station. Qualification work of the master. Sumy State University, Sumy, 2022.

The work contains 46 pages of the main text, 27 figures, 2 tables; 1 appendix; list of used sources from 18 names.

The work is devoted to the study of a three-phase separator unit. A SCADA system for dispatching control of the unit's operating modes is proposed and an algorithm for the operation of the separator unit is proposed.

Key words: booster pumping station, separator unit, oil, associated gas, reservoir water, PID-regulator, SCADA-system.

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КСУ

\_\_\_\_\_ П.В. Леонтєв

\_\_\_\_\_ 2022 р.

ЗАВДАННЯ  
на кваліфікаційну роботу магістра

Тема роботи: Оптимізація процесу керування сепарацією дотискної насосної станції.  
Затверджено наказом ректора університету № 1027 – VI.

Термін подання закінченої роботи 20.12.2022 р.

Вихідні дані до роботи: завдання кафедри, технічна документація, джерела інформації відкритого доступу.

Зміст роботи: технологічна характеристика сепараторної установки, моделювання контурів регулювання сепараторної установки, дослідження контурів регулювання сепараторної установки, розробка SCADA системи.

Графічні матеріали: функціональна схема автоматизації.

Календарний план

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Терміни виконання
1	Аналіз завдання кафедри та фахової літератури.	02.11.2022 – 10.11.2022
2	Технологічна характеристика об'єкта автоматизації.	11.11.2022 – 15.11.2022
3	Моделювання контурів регулювання сепараторної установки.	16.11.2022 – 20.11.2022
4	Дослідження роботи контурів регулювання сепараторної установки.	21.11.2022 – 10.12.2022
5	Комп'ютерно-інтегрована система диспетчерського контролю і управління.	11.12.2022 – 20.12.2022
6	Технічне оформлення кваліфікаційної роботи та її презентації. Перевірка на відсутність плагіату. Подання роботи до захисту.	21.12.2022 – 31.12.2022

Дата видачі завдання «07» 11. 2022 р.

Керівник роботи  
доцент, к.т.н.

Кулінченко Г.В.

Дипломник  
студент гр. СУ.м-11

Манойленко В.М.

## ЗМІСТ

<b>Скорочення та умовні позначення.....</b>	<b>5</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>6</b>
<b>РОЗДІЛ 1 ПРОЦЕС СЕПАРАЦІЇ НАФТИ.....</b>	<b>8</b>
1.1 Технологія сепарації в НГС.....	8
1.2 Алгоритм керування та функціональні задачі сепараторної установки.....	12
1.3 Мета і предмет дослідження даної роботи.....	14
<b>РОЗДІЛ 2 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОНУТРІВ РЕГУЛЮВАННЯ.....</b>	<b>15</b>
2.1 Опис контуру регулювання рівня висоти пластової води.....	15
2.2 Опис контуру регулювання тиску попутного газу.....	19
<b>РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ТА ПОБУДОВА МОДЕЛІ В МАТЛАВ SIMULINK.....</b>	<b>20</b>
3.1 Постановка задачі для дослідження системи керування трьох фазним сепаратором.....	20
3.2 Імітаційне моделювання очищення нафти.....	21
3.3 Лінеаризація контурів регулювання.....	24
3.3.1 Лінеаризація контуру регулювання висоти пластової води.....	25
3.3.2 Лінеаризація контуру регулювання тиску попутного газу.....	26
3.4 Дослідження методу налаштування ПД – регулятора.....	27
3.4.1 Метод Циглера – Нікольса.....	28
3.4.2 Метод Шеделя.....	29
3.5 Дослідження контурів регулювання.....	31
3.5.1 Дослідження контуру регулювання рівня пластової води.....	32
3.5.2 Дослідження контуру регулювання тиску попутного газу.....	36
<b>РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА SCADA СИСТЕМИ.....</b>	<b>40</b>
4.1 Постановка задачі при проектування SCADA система.....	40
4.2 Розробка та проектування SCADA.....	41
4.2 Алгоритмізація процесів функціонування сепараторної установки.....	44
<b>ВИСНОВОК.....</b>	<b>47</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>48</b>
<b>ДОДАТОК А.....</b>	<b>50</b>

## Скорочення та умовні позначення

НГС – нафтогазовий сепаратор.

ПІД - пропорційно-інтегрально-диференційний.

П – пропорційний.

ККД – коефіцієнт корисної дії.

ПЛК – програмований логічний контролер.

ДНС – дотискна насосна станція.

ЦНС – центральний пункт збору.

## ВСТУП

Людина не стоїть на місці і постійно розвивається, та досягає нових вершин. За останні 100 років людство зробило великий стрибок вперед, і з кожним наступним етапом розвитку людство зіштовхується зі все більшою проблемою по добуванню енергоресурсів. На початку розвитку цивілізацій ресурси лежали прямо перед ногами, а їх потрібно було лише збирати, але з часом вони почали вичерпуватися. Для вирішення цієї проблеми було розроблено дві способи вирішення, якій проходять паралельно: перехід на відновлювальні джерела, та пошук нових місць добутку.

Оскільки нафтові родовища вичерпуються, доводиться розміщувати їх в місця з недостатнім тиском для їх добутку, і тому доводиться застосовувати ДНС станції.

Дотискні нафтові насосні станції – це технологічна частина система збору нафти та газу, які призначені для використання на свердловинах, які не мають достатньої пластової енергії. ДНС використовуються лише у випадку, коли на родовищах або групі таких родовищ, не вистачає пластової енергії для наступного транспортування нафтогазової суміші у вигляді рідини до установок попереднього скидання пластової води або цеху для підготовки і перекачування нафти.[1]

Недоліками даного методу добування являється традиційний спосіб доставки нафти до ЦПС, оскільки необхідність підключення добуваючої станції мережею дорого вартісних трубопроводів являється все менш рентабельно. Тому для підвищення ефективності процесу, необхідно проводити більш якісну очистку на місці, та авто транспортом доставляти нафту до ЦНС.

Отже, актуальність роботи обумовлена наростаючим дефіцитом та швидким зростання цін на енергоносії, та збільшенням ціни на трубопровідне обладнання.

Завдання які ставляться при очищенні нафти це підвищення продуктивності та якості очищення нафти за рахунок розробки правильного налаштування процесу.

У даній роботі об'єктом дослідження є система управління сепараторної установки, та її контури регулювання.

Мета роботи – розробити та дослідити систему керування сепараторної установки та отримати оптимальний режим роботи контурів регулювання. Предметом дослідження є модель система управління сепараторної установки, для оптимального процесу очищення нафти.

Завданнями дослідження були такі:

- зробити аналіз вибір та будову сепараторних установок, та виявити параметри які впливають на його роботу;

- проаналізувати математичну модель контурів регулювання попутним газом та пластової води;

- промодельювати роботу контурів регулювання попутним газом та пластової води;

- дослідити роботу контурів регулювання з налаштованим ПІД-регулятором.

Практична цінність:

- досліджена та налаштована система управління сепараторної установки надасть можливість підвищити ККД системи, що в свою чергу вплине на продуктивність очищення нафти.

## РОЗДІЛ 1

### ПРОЦЕС СЕПАРАЦІЇ НАФТИ

Ключовою технологічною установкою первинної обробки емульсії, що надходить з видобувної свердловини, являється: нафтогазовий сепаратор або НГС. А оскільки протягувати труби стає менш вигідним, за звичайні автоцистерни, то для вирішення завдань освоєння дрібних родовищ досить встановити НГС невеликої ємності і вузол наповнення нафтою автоцистерни.

Для цього об'єктом керування виберемо НГС, в якому відбувається виділення з емульсії, що надходить трьох її фаз: газу, води і нафти. Технологія процесу сепарації вимагає контролю за рівнем рідини, рівнем розділу середовищ, тиском в секціях НГС з подальшим регулюванням. Особливостями роботи НГС є вибухонебезпечні умови, тому завдання моделювання роботи НГС, що дозволяє уникнути виникнення аварійних ситуацій, є надзвичайно актуальною. [2]

#### 1.1 Технологія сепарації в НГС.

Нафта являє собою складну суміш вуглеводнів різної молекулярної маси, інших хімічних сполучень, різних газоподібних, рідких і твердих речовин, що містять більше 100 атомів вуглецю, кисню і т. д., природна рідина зі своєрідним запахом, складається з гетерогенних сполучень сірки і суміші металів. Нафта є найбільш важливим типом мінералу, розташованого в осадовому шар, який є маслянистим, коричневим, легкозаймистим, іноді чорним або зеленувато-жовтим, і навіть безбарвним. [3]

Процес видобутку нафти та видобутку попутного газу в цілому є складним процесом. Технологія видобутку нафти полягає в відокремленні суміші вуглеводнів з нафти, попутного газу, мінералізованої води і механічних домішок за допомогою нафтових свердловин. Нафта, що видобувається з нафтових свердловин, вимагає подальшої переробки, тобто поділ (рафінування) вуглеводнів на нафту, попутний



газ і пластову воду, яка потім повторно перекачується у виробничий процес. Видобуток нафти включає в себе розвідку, буріння і будівництво свердловин, їх ремонт, очищення видобутої нафти від води, сірки, парафіну. Зрозуміло, що в стовбурі свердловини завжди є рідина. Найбільш важливою частиною процесу буріння свердловини є буровий розчин. Коли буріння завершено, воно замінюється пластовою водою в якості верху. В результаті, згідно з оглядом свердловини, свердловина заповнюється пластовим флюїдом (нафта або вода, містить нафту). Потім, даний флюїд викачується зі свердловини і по трубопроводах йде на нафтопереробний завод, в якому і відбувається процес рафінування.

У більшості випадків нафта видобувається з нафтового пласта у вигляді газонафтової суміші (емульсія). Ця нафта повинна бути відокремлена від попутного газу, очищена від пластової води, механічних домішок, солей при промисловій підготовці нафти, тобто. пройти стадію так званої промислової підготовки нафти (рафінування), в результаті якої згідно з чинним стандартом якості нафта не повинна містити більше 3 мг/л солей; 0,2 і 0,005% відповідно по масі води і механічних домішок. [4]

У сепараторній установці відбувається процес відділення нафти від попутного газу та пластової води. Блок проходить кілька етапів, кількість яких залежить від обсягу дегазованого масла, витягнутого з пластової рідини. Принцип роботи сепараторної установки заснований на впливі відцентрової сили з боку середовища, яка розділяє рідину на тверду і рідку фази, що представлено на Рис. 1.1. Суспензія надходить у верхню частину барабана через основну трубу, де очищається від важких елементів, з яких вона виштовхується в канали тарілки, а потім - в розділову камеру. В процесі підйому рідини з свердловин до центральній точці збору і підготовки нафти, попутного газу і пластової води тиск поступово знижується, і попутний газ виділяється з нафти. Обсяг виділеного попутного газу збільшується зі зменшенням тиску в системі і зазвичай перевищує обсяг рідини в кілька десятків разів. Тому недоречно зберігати їх разом під низьким тиском, а іноді і збирати. Їх потрібно збирати і зберігати окремо.

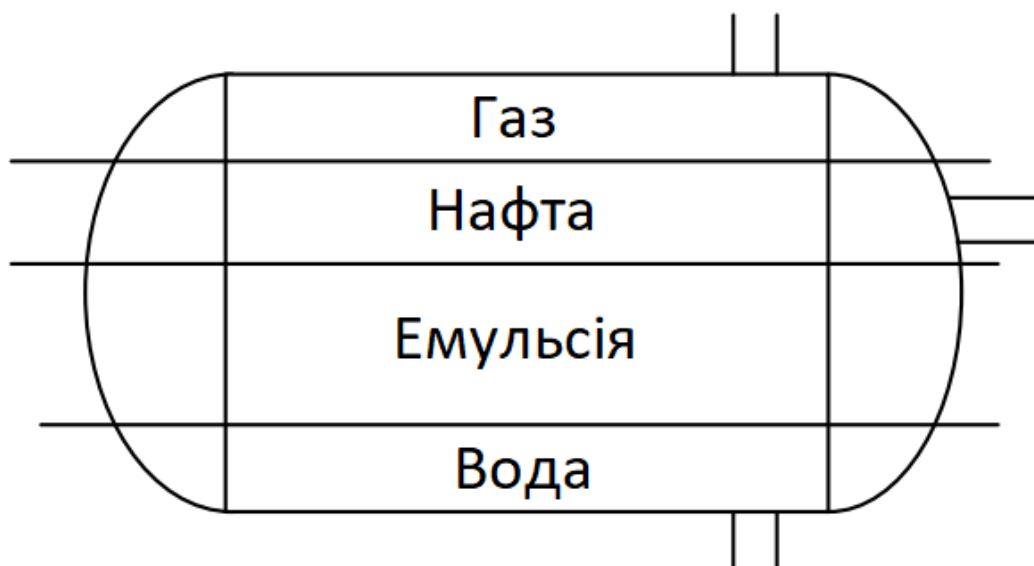


Рисунок 1.1 – Схема процесу відокремлення в нафтогазовій сепараторній установці.

Наявність дисперсної зони між нафтою і пластовою водою є відмінністю двофазної сепарації від трифазної. У даній зоні відбувається розсіювання крапель однієї фази в іншій. Цю зону не можна однозначно назвати нафтою або пластовою водою. Зона є нестабільною, а перехід розсіяних крапель рідин в безперервну фазу відбувається за рахунок коалесценції. Межа дисперсної зони стає менш чіткою, а потім відбувається повне розділення фаз. Таким чином краплі води переходять у водну зону, а краплі нафти проходячи через шар пластової води і піднімаються в нафтову фазу. Частинки попутного газу, що знаходяться в обох фазах, піднімаються вгору через дві зони: пластової води і нафти.

Газорідинна суміш вводиться в сепараторну установку через штуцер, обладнаний пристроєм прийому газорідинної суміші циклонного типу, в якому відбувається виділення вільного газу. Відокремлений попутний газ збирається у верхній частині апарату, проходить пристрій уловлювання крапельної рідини і виводиться через штуцер виходу газу. Сепаратор розділений перегородками на дві порожнини. У першій порожнині нафтова емульсія зневоднюється. Далі розташовується нафтозбірник (друга порожнина) для очищеної нафти.

Відокремлена пластова вода накопичується в нижній частині першої порожнини, звідки скидається через штуцер виходу води.

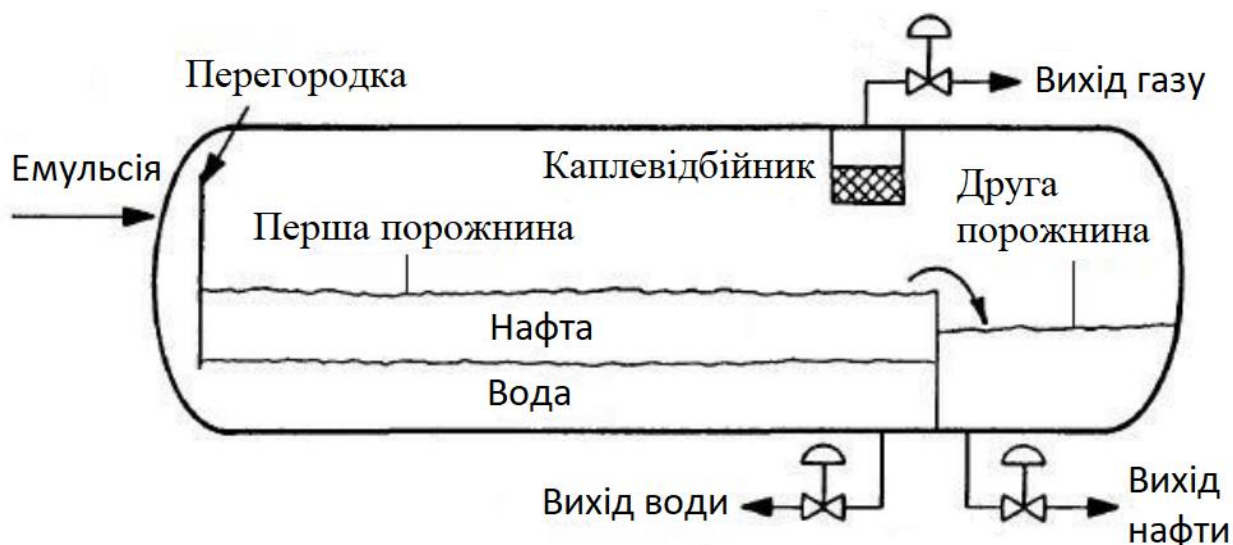


Рисунок 1.2 – Спрощена схема сепараторної установки.

Рівень нафти в сепараторній установці визначається рівнемірор і підтримується регулюючим клапаном, розташованим на викидній лінії з боку теплообмінника.

Рівень висоти пластової води визначається рівнемірор і підтримується регулюючим клапаном, встановленим на викидній лінії води до установці підготовки пластової води.

Тиск попутного газу в сепараторній установці визначається датчиком тиску і підтримується регулюючим клапаном, встановленим на вихідній лінії, що подає попутний газ на газову компресорну станцію високого тиску.

Температура в сепараторній установці контролюється датчиком температури. Передбачено сигнал тривоги за низькою температурою для попередження про можливе відкладення парафінів, замерзання і утворення гідратів.

## 1.2 Алгоритм керування та функціональні задачі сепараторної установки.

Зважаючи на основні функціональні завдання сепараторної установки, які полягають у забезпеченні ефективності сепарації емульсій, необхідна забезпечити безперебійну роботу всіх контурів управління даної установки.

Основним технологічним процесом в горизонтальний трьох фазний сепаратор являється процес деемульсації, який передбачує зневоднення і знесолення нафтової сировини, а також процес відділення попутного газу.

Дані процес в сепараторній установці потребують вирішення основних функціональних задач, тому можна виділити такі параметри для сепараторної установки, як:

- Рівень висоти пластової води;
- Тиск попутного газу;
- Температура в середині сепараторної установки.

Відповідно до параметрів сепараторної установки, можна виділити такі функціональні задачі керування:

- Управління процесом скидання пластової води в залежності від досягнення необхідних параметрів
  - Контроль за якістю вихідної продукції
  - Управління процесом спуску тиску попутного газу відповідно до визначених параметрів.
  - Контроль за температурою в середині сепараторної установки.

При розробці системи автоматизації для очищення нафти слід розглянути механізм керування виконавчими механізмами, що виконують основну роль в регулюванні та управлінні параметрами технологічного процесу. Для відображення вхідних та вихідних сигналів, які передають інформацію про діапазон та точність вимірювань, порогові границі сигналів та інше, будемо таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 – Вхідні сигнали ПЛК.

Назва	Інтерфейс	Діапазон	Тип сигналу
Сигнал з датчика рівня	I0.0 1 вхід	0 – 20 м	Аналоговий сигнал
Сигнал з датчика температури	I1.0 1 вхід	-50...+200°C;	Аналоговий сигнал
Сигнал з датчика тиску	I2.0 1 вхід	0,2 – 2 МПа	Аналоговий сигнал

Таблиця 1.2 – Вихідні сигнали ПЛК.

Назва	Інтерфейс	Тип сигналу/Інтерфейс
Керування клапанами	Q1.1 - Q1.2 2 входи	Дискретний сигнал

Відповідно до функціонального завдання формуємо контури управління, які входять до сепараторної установки та складають ФСА, що представлена в Додатку А.

1) Контур регулювання висоти рівня пластової води.

Емульсія надходить до сепараторної установки через штуцер, і потрапляє в першу порожнину сепараторної установки. Після відокремлення пластової води від нафти необхідно забезпечити процес плавного списку, контролюючи даний процес датчиком рівня та регулюючим клапаном.

## 2) Контур регулювання рівня тиску попутного газу.

Емульсія надходячи до сепараторної установки та проходячи штуцер, попадає на похилі жолоби, де початкове відділення крапель газу від емульсії. Даний газ необхідно вивести. Виведення газу забезпечує датчик тиску, та регулюючий клапан.

### 1.3 Мета і предмет дослідження даної роботи.

Зважаючи на описаний технічний процес та алгоритм керування сепараторною установкою, можна звернути увагу, що збільшення ефективності даної уставки можлива лише з застосуванням нового обладнання та методів її управління, що оптимізують роботу та продуктивність системи.

Тому за мету даної роботи я обрав розробку та дослідження системи керування сепараторної установки та отримати оптимальний режим роботи контурів регулювання, та побудова SCADA системи. Тоді як предметом мої досліджень буде дослідження моделі системи управління сепараторної установки, для оптимального процесу очищення нафти.

Висновок: в даному розділі було розглянутий технічний процес очищення нафти та функціональні задачі, а також був було визначено мету та предмет дослідження.

## РОЗІДЛ 2

### МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОНУТРІВ РЕГУЛЮВАННЯ

На основі роботи трьох фазної сепараторної установки, управління якою можна поділити на три контури, а саме: 1 – контур спуску нафти, 2 – контур спуску пластової води, 3 – контур спуску попутного газу. Відповідно до схеми роботи сепараторної установки рівня матеріального балансу має наступний вигляд:

$$\int F_{\text{загальний}}(t) = V_{\text{води}}(t) + V_{\text{нафти}}(t) + V_{\text{газу}}(t) \quad (1)$$

В свою чергу можна розглянути регулювання рівнем нафти та попутного газу, що записується відповідним співвідношенням:

$$\int F_{\text{загальний}}(t) = V_{\text{загальний}}(t)$$

#### 2.1 Опис контуру регулювання рівня висоти пластової води.

Для опису роботи даного контуру необхідно визначити, залежність висоти пластової води від об'єму в серединні сепараторної установки. Загальна формула залежності висоти від об'єму:

$$h_{\text{рід.}} = \frac{V_{\text{рід.}}}{S_{\text{основи}}}, \quad (2)$$

де  $S_{\text{основи}}$  – площа перетину основи.

На основі його конструкції можна зробити висновок, що в залежності від геометричної форми апарату буде змінюватися функція, що зв'язує обсяг  $V_{\text{рід.}}$  з рівнем рідини  $h_{\text{рід.}}$

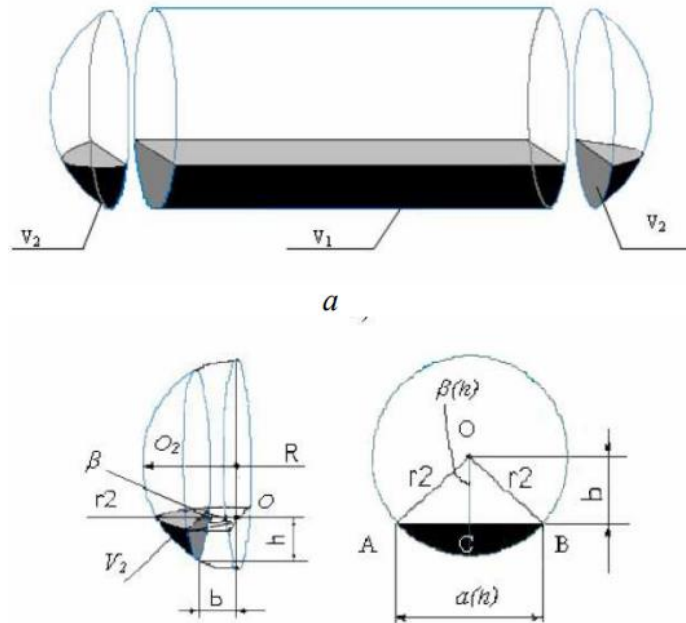


Рисунок 2.1 – Складна геометрична форма сепараторних установок.

Оскільки сепараторна установка представляє з себе звичайний циліндр, зображений на Рис.2.1, то можна на основі формули (2) та формули для циліндричних об'єктів записати спрощене співвідношення залежності рівня висоти пластової води між максимальним та мінімальним рівнем висоти рідини:

$$V(h) = \pi r^2 L h(t), \quad (3)$$

де  $h(t)$  – рівень рідини всередині сепараторної установки, м;

$L$  – довжина сепараторної установки, м.

Динаміка об'єкта всередині сепараторної установки відповідають принципу балансу:

$$\frac{dV(t)}{dt} = \pi r^2 L \frac{dh(t)}{dt} = Q_{in}(t) - Q_{out}(t), \quad (4)$$

де  $Q_{in}(t)$  – витрати на вході в сепараторну установку;

$Q_{out}(t)$  – витрати на виході із сепараторної установки.



Відповідно до теорії динаміки потоку, витрати через клапан можна визначити з РТМ 108 711 02—79 за формулою:

$$K_{v_{max}} = 10^{-2} \cdot Q_{max} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}}, \quad (5)$$

де  $K_{v_{max}}$  – максимальна пропускна здатність клапана;

$Q_{max}$  – об'ємна витрата середовища, м<sup>3</sup>/Г;

$\rho$  – щільність середовища, кг/м<sup>3</sup>;

$\Delta P$  - перепад тиску на клапані, МПа.

Виразимо з рівняння (6) витрати:

$$Q_{max} = \frac{K_{v_{max}}}{10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}}}; \quad (6)$$

Виразимо з рівняння (5) максимальну пропускну клапану:

$$K_{v_{max}} = K_{vs} \cdot \Phi, \quad (7)$$

де  $\Phi$  – лінійна характеристика витрат клапана.

Тоді як  $\Phi$  визначаються за формулою:

$$\Phi = \Phi_0 + m \cdot h_{шт}; \quad (8)$$

де  $\Phi_0$  – відносний коефіцієнт витрат;

$m$  – кривизна характеристики;

$h_{шт}$  - хід штоку.

Підставляємо значення в рівняння (6), та отримуємо:

$$Q_{out} = \frac{K_{vs} \cdot (0,0183 + 0,9817 \cdot h)}{10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}}}$$

Перепад тиску на клапані позначається як, і визначається як:

$$\Delta P_{out}(t) = P_g(t) + \rho_0 g h_0(t) + \rho_w g h(t) - P_w(t), \quad (9)$$

де  $P_g(t)$  – тиск газу всередині сепараторної установки;

$\rho_0$  – щільність нафти при робочій температурі, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_w$  – щільність води при робочій температурі, кг/м<sup>3</sup>;

$P_w$  – тиск клапана вниз по потоку, Па.

Підставивши значення з рівняння (6) отримаємо рівняння вигляду балансу витрат пластової води:

$$\pi r^2 L \frac{dh(t)}{dt} = Q_{in}(t) - \frac{K_{vmax}}{10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}}}$$

На основі рівняння можна записати диференціальне рівняння першого порядку:

$$Q_{in}(t) = \frac{K_{vmax}}{10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}}} + \pi r^2 L \frac{dh(t)}{dt};$$

Звідти після перетворення Лапласа отримати передатну функцію:

$$W(p) = \frac{k}{\tau p + 1} \quad (10)$$

## 2.2 Опис контуру регулювання тиску попутного газу.

Модель роботи контуру регулювання тиску буде залежати від рівня рідини в інших контурах управління і це можна описати завдяки формули математичного балансу (1) та матиме вигляд:

$$V_{\text{газу}}(t) = V_{\text{загальна}}(t) - V_{\text{газу}}(t) \quad (11)$$

Для знаходження об'єму в сепараторній установці можна скористатися формулою Менделєєва-Клапейрона:

$$PV = \mu RT, \quad (12)$$

З формули (13) можна знайти об'єм газу в сепараторній установці, за рахунок тиску попутного газу, а саме:

$$P = \frac{\mu RT}{V_{\text{газу}}}$$

де  $\mu$  – число молей газу;

$R$  – стала газу;

$T$  – температура газу.

Висновок: в даному розділі я проаналізував та побудував опис математичної моделі сепараторної установки на основі двох контурів регулювання.

## РОЗДІЛ 3

### АНАЛІЗ ТА ПОБУДОВА МОДЕЛІ В MATLAB SIMULINK

На основі розглянутих та проаналізованих робіт по роботі сепараторної установки було прийнято рішення про необхідність оптимізації її роботи. Тому на основі роботи трьох фазної сепараторної установки та аналізу її функціональної схеми, представленої в додатку А, можна зробити висновки, що головним в очищення являється вчасне виведення та підтримка в сталому положенні параметрів в контурах регулювання попутним газом та пластової води.

3.1 Постановка задачі для дослідження системи керування трьох фазним сепаратором.

Імітаційне моделювання системи очищення нафти на основі трьох фазного сепаратору здійснюється в середовищі Matlab Simulink. Вхідні дані для моделювання були взяті з попереднього розділу. Відповідно до даних формул в середовищі Matlab вдалось використати прості арифметичні вирази Simulink. Тому диференційне рівня очищення нафти, наведене в Simulink, являє собою просту аперіодичну ланку. Модель описує регулювання рівня води та газу, та утримання їх на оптимальному значенні.

Для відтворення передатних функцій блоків системи керування трьох фазним сепаратором застосовані інтегруючі ланки Transfer Fcn; для отримання результуючих показників у вигляді осцилограми – блок Scope; для позначення початкових параметрів використовується блок Constant; для моделювання роботи клапану використовується блок Saturation.

На основі функціональної схеми Рис. 3.1 можна виділити два основних контури, які мають найбільший вплив на процес очищення нафти, а саме відокремлення попутного газу і технічної води від нафти, при потраплянні емульсії до сепараторної установки.

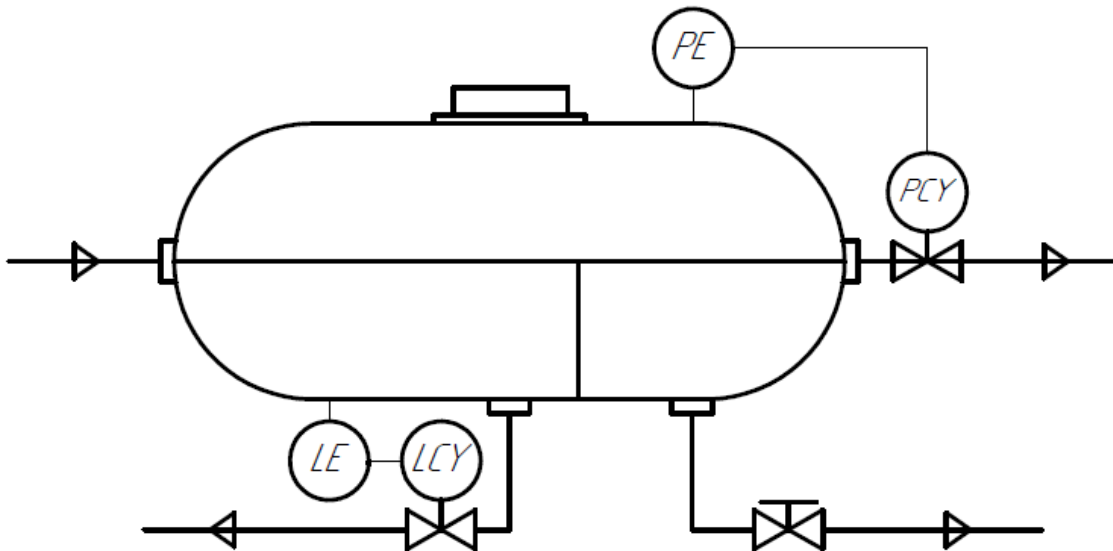


Рисунок 3.1 – Функціональна схема автоматизації сепараторної установки.

За цей процес відповідає два основних параметра: рівень технічної води та тиск газу в сепараторній установці. Дані параметри впливають на якість очищення емульсії, і перетворення останньої в чисту нафту, що описується в першому пункті.

Модель сепараторної установки представляє з себе два контури регулювання, а саме: контур регулювання витрат попутного газу, та контур регулювання технічної води.

### 3.2 Імітаційне моделювання очищення нафти.

На Рис. 3.2 відображений алгоритм керування рівнем пластової води та попутного газу. В даній схемі задається необхідний рівень для води та тиск для газу в сепараторній установці. Для нормальної роботи даного процесу додається регулятор для кожного контуру, та виконавчий механізм представлений аналоговим клапаном, який регулює витрати газу та води. Вхідний потік емульсії представлений у вигляді збурення для кожного з контурів. Та інтегратор, який переводить отримані витрати через клапан в об'єм газу та води.

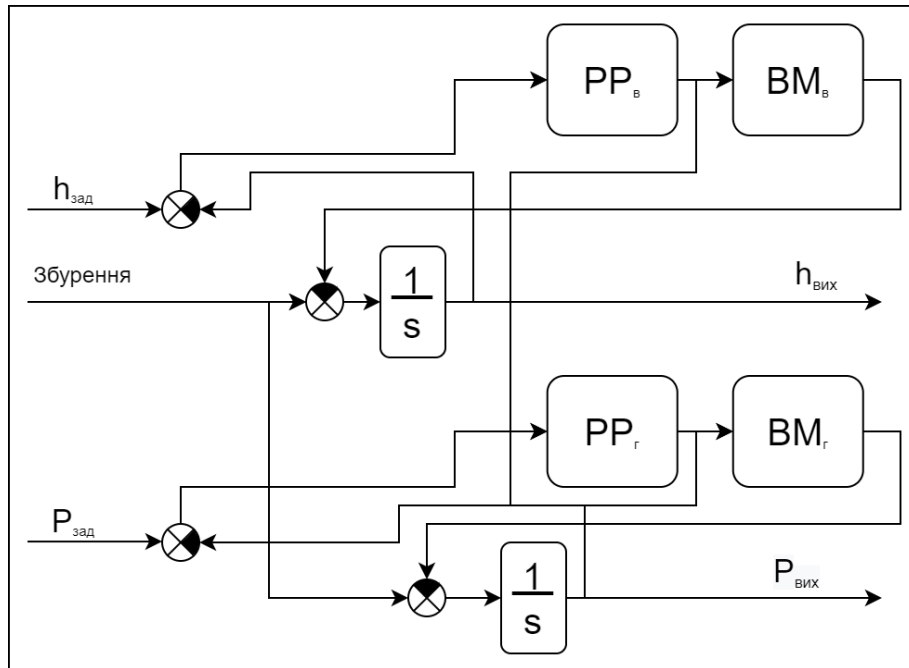


Рисунок 3.2 – Схема моделі процесу керування рівнем технічної води в сепараторній установці. PP – регулятор; BM – виконавчий механізм.

На основі формул та схеми моді будується математична модель сепаратора, використавши дані сепаратора розраховані в даній роботі.

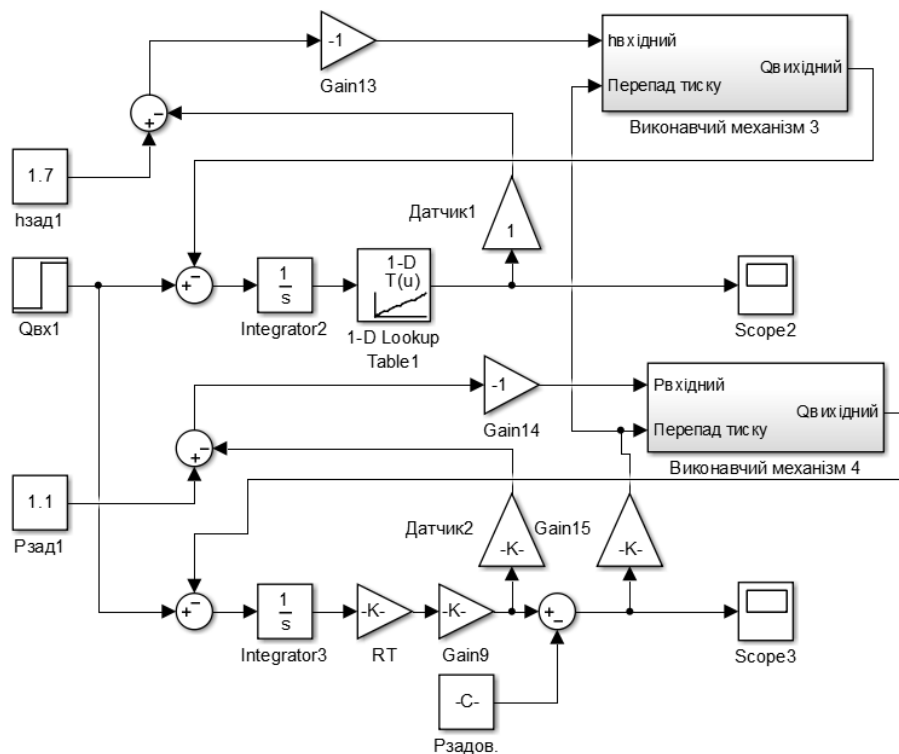


Рисунок 3.3 – Математична модель сепараторної установки з контурами регулювання води та газу.

Математична модель сепараторної установки працює для кожного контуру окремо. Для води, з початку, задається необхідний рівень висоти води, яких надходить до виконавчого механізму у вигляді регулюючого клапану. На виході з виконавчого механізму отримуємо витрати через регулюючий клапан, які надходять на суматор і віднімаються від вхідних витрат (представлених у вигляді збурень), та інтегруються в об'єм води в сепараторній установці. Потім для переведення в об'єм води в висоту рівня води застосовується таблиця залежності об'єму від рівня та за допомогою датчика зворотного зв'язку замикаємо контур.

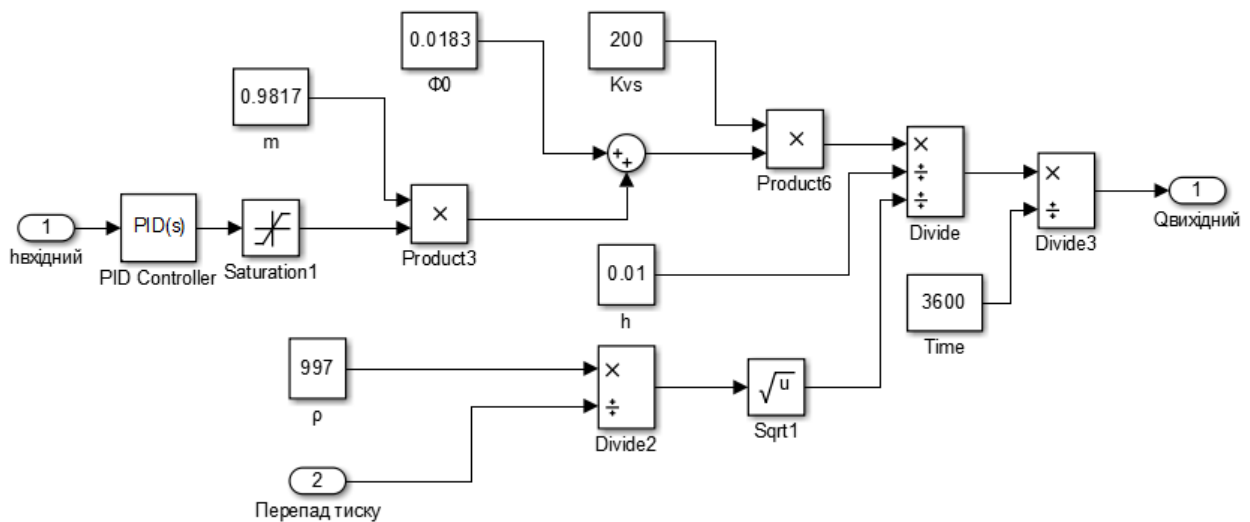


Рисунок 3.4 – Схема виконавчого механізму контуру регулювання води.

Виконавчий механізм побудований на основі формулами витрат через регулюючий клапан, і аналогічний в контурі регулювання попутного газу. Де в якості нелінійного елемента стоїть блок насичення в якому встановлені обмеження по ходу штоку від 0 до 1 мм, які відповідають максимальному відкриттю штока клапана, що представлено на Рис. 3.5.

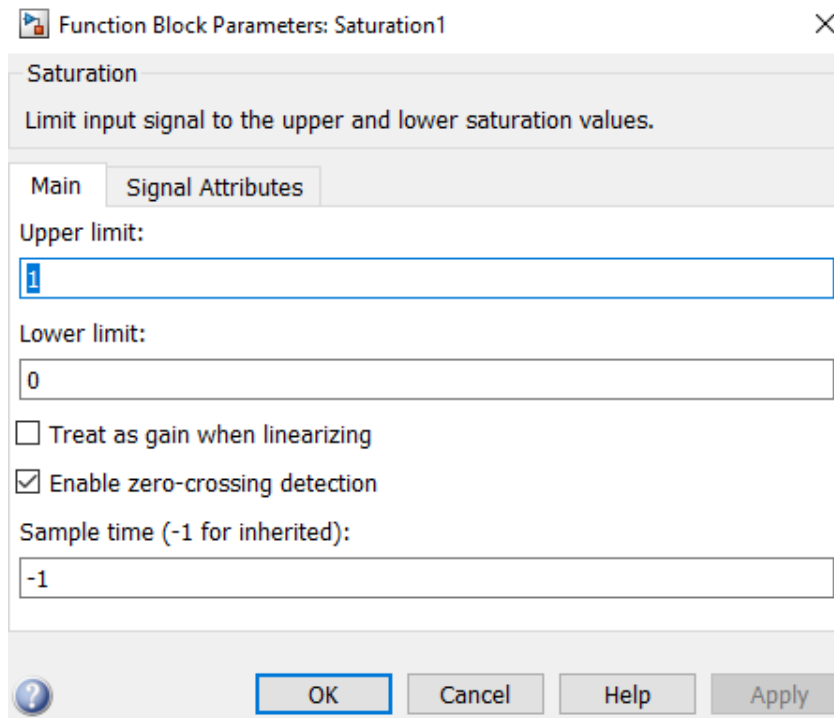


Рисунок 3.5 – Налаштування блоку насичення.

В контурі регулювання попутного газу на початку встановлюється заданий рівень тиску попутного газу. Потім даний рівень тиску потрапляє до виконавчого механізму, і на виході з нього витрати через регулюючий клапан віднімаються від вхідних витрат у вигляді збурення, і даний результат інтегрується в рівень та помножується на коефіцієнт переводу рівня в тиск.

### 3.3 Лінеаризація контурів регулювання.

Оскільки дані контури мають такі елементи, як множення, ділення та насичення, вони являються нелінійними. Для правильного налаштування контурів їх необхідно перевести в лінійну форму. Лінеаризація буде базуватися на тому, що в процесі регулювання всі величини будуть мало відрізняються відносно своїх розрахункових значень. Тому лінеаризацію можна провести за допомогою ряду Тейлора, де будуть братися дві перших члена в межах робочої точки для кожного з контурів.

В результаті даних розрахунків отримаємо рівняння у лінійній формі:



$$y = kx + b. \quad (13)$$

### 3.3.1 Лінеаризація контуру регулювання висоти пластової води.

Лінеаризація даного контру буде відбуватися за двома способами разом, а саме:

- 1) В залежності витрат води від ходу штока.
- 2) В залежності висоти від об'єму.

Для першого способу необхідно визначити точку в межах якої і будемо знаходити  $k$  та  $b$ . Необхідні  $k$  та  $b$  знаходимо, взяв значення  $x$  та  $y$ , які відповідають залежності витрат від ходу штока регулюючого клапану. Дані числа підставляємо в формулу:

$$k = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}; \quad (14)$$

$$b = y_2 - kx_2; \quad (15)$$

В результаті отримуємо  $k = 0,21$  та  $b = -0,104$ .

Для другого способу необхідно провести аналогічні дії, але відповідно до таблиці переведення об'єму в рівень. В результаті даних дій отримуємо  $k = 0,0391$  та  $b = 0,33274$ .

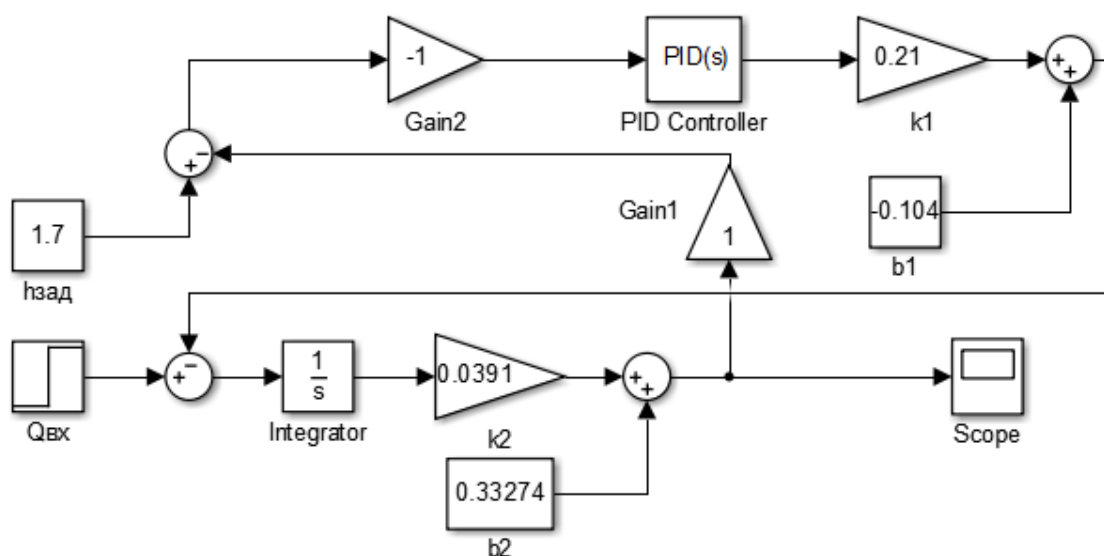


Рисунок 3.6 – Схема лінеаризованого контуру регулювання висоти рівня пластової води.

### 3.3.2 Лінеаризація контуру регулювання тиску попутного газу.

Лінеаризація даного контуру буде відбуватися за двома способами разом, а саме:

- 1) В залежності витрат газу від ходу штока.
- 2) В залежності тиску газу від кількості газу.

Перший спосіб знаходиться аналогічно до контуру регулювання рівня пластової води, тому методика по знаходження  $k$  та  $b$  повністю аналогічна до формули.

Тому підставивши числа до формули отримуємо  $k = 13,1$  та  $b = -6,26$ .

Для знаходження  $k$  та  $b$  за другим способом користуємось формулою, та підставляємо наступні числа:

$$\begin{aligned}y_1 &= 1 \cdot 10^3; \\y_2 &= 1,3 \cdot 10^3; \\x_1 &= 1,891 \cdot 10^4; \\x_2 &= 2,447 \cdot 10^4.\end{aligned}$$

Підставивши дані значення до формули отримуємо наступний результат:  $k = 55$  та  $b = -45850$ .

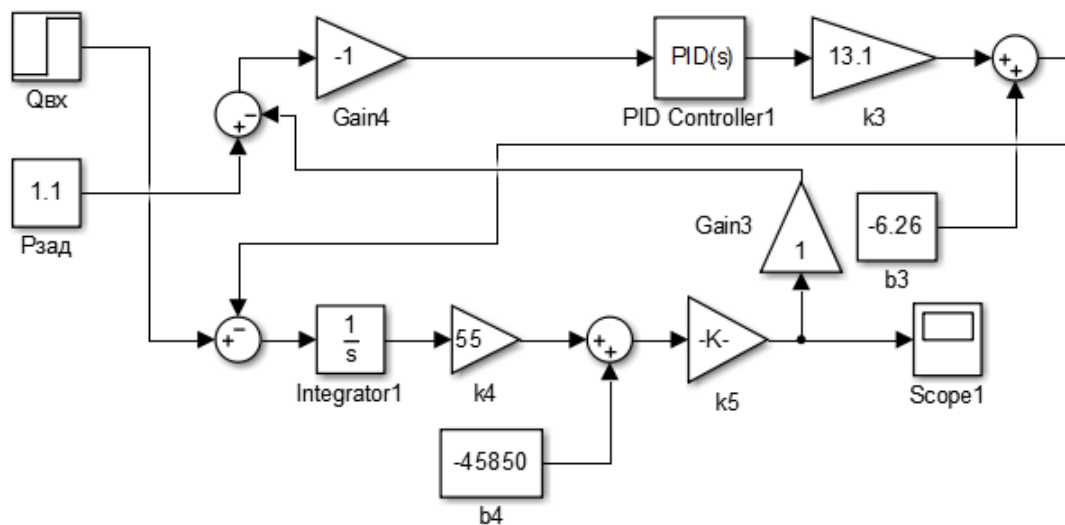


Рисунок 3.7 - Схема лінеаризованого контуру регулювання тиску попутного газу.

### 3.4 Дослідження методу налаштування ПД – регулятора.

Налаштовувати ПД-регулятор можна багатьма методами, кожен метод має свої плюси та мінуси, тому для вибору одного з методів розглянемо два способи налаштування, а саме: метод Шиделя та метод Циглера-Никольса.

ПД – регулятор являється важливим елементом будь якої системи, оскільки дозволяє підвищити швидкодію та точність системи, що буде впливати і на критерій якості процесу. Тому для системи являється доволі важливим підбір правильного методу керування.

Для дослідження методів розглянемо виконавчий механізм на який буде впливати даний регулятор, в нашому випадку це регулюючий клапан. Для налаштування ПД – регулятора необхідно визначити передатну функцію клапана, який при отриманні керуючого впливу буде контролювати необхідне значення рівня. Тому в якості передатної функції, що відображає роботу клапана, було використано виконавчу інерційну ланку першого порядку:

$$W_{p.k.} = \frac{k_{p.k.}}{T_{p.k.}s+1}, \quad (16)$$

де  $W_{p.k.}$  – передатна функція регулюючого клапана;

$k_{p.k.}$  – коефіцієнт посилення клапана;

$T_{p.k.}$  – постійна часу відкриття клапану.

Для моделювання регулюючого клапану прийmemo наступні значення:

$$k_{p.k.} = 5, T_{p.k.} = 0,2;$$

На основі формули (17) будемо аперіодичну ланку з зворотнім зв'язком, яка відображає модель регулюючого клапана.

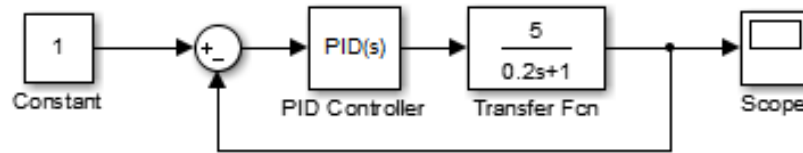


Рисунок 3.8 – Схема регулюючого клапану.

### 3.4.1 Метод Циглера – Нікольса.

Метод Циглера-Нікольса це один із методів налаштування ПІД – регулятора. Щоб почати з ним працювати необхідно перевести системи керування в ручний режим роботи та перевести регулятор в режим П – регулювання. Потім змінюючи коефіцієнт  $K_p$  виводимо систему на необхідний для неї вигляд перехідного процесу.

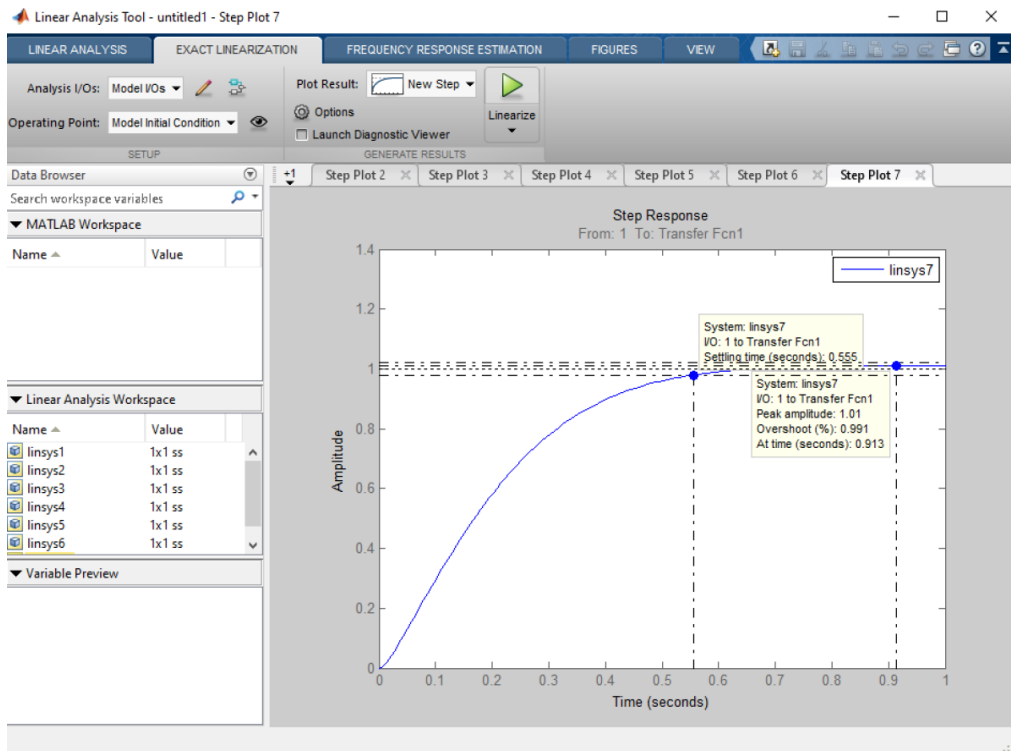


Рисунок 3.9 – Графік перехідного процесу при налаштуванні методом Циглера-Нікольса.

Також даний метод буває модифікованим, і відрізняється він від звичайного лише тим, що його не обов'язково виводити на границю стійкості для отримання потрібних показників якості.

З Рис.3.9 можна побачити, що при використанні модифікованого методу Циглера-Нікольса отримуємо перерегулювання  $\sigma = 0,991\%$  та час виходу на сталі значення  $t_p = 0,555$  с.

### 3.4.2 Метод Шеделя.

Метод Шеделя заснований на принципі каскадного коефіцієнта демпінгування. Шедель узагальнює поняття коефіцієнта демпінгування на випадок системи третього порядку. Тому для системи з передною функцією даний метод буде виглядати:

$$W(s) = \frac{K}{a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + 1}; \quad (17)$$

Для виразу справедливі наступні вирази:

$$a_1^2 - 4d_0^2 a_2 = 0; \quad a_2^2 - 4d_1^2 a_1 a_3 = 0.$$

Коефіцієнт ПД-регулятора налаштовується так, щоб коефіцієнт демпінгування системи був рівний:

$$d_0 = \sqrt{\frac{2}{3}}, \quad d_1 = 0,5.$$

У випадку об'єкта виду:

$$W(s) = \frac{K e^{-sTt}}{\prod_{i=1}^n (1+s\tilde{T}_i)} \approx \frac{K e^{-sTt}}{\tilde{T}_3^3 s^3 + \tilde{T}_2^2 s^2 + \tilde{T}_1 s + 1}; \quad (18)$$

Для рівняння буде справедливий перехід до наступної форми:

$$W(s) = \frac{K}{T_3^3 s^3 + T_2^2 s^2 + T_1 s + 1}; \quad (19)$$

$$\text{де } T_1 = \tilde{T}_1 + T_t, T_2^2 = \tilde{T}_2^2 + \tilde{T}_1 T_t + 0,5 T_t^2, T_3^3 = \tilde{T}_3^3 + \tilde{T}_2^2 T_t + \frac{1}{2} \tilde{T}_1 T_t^2 + \frac{1}{6} T_t^3.$$

Для розрахунку ПІД – регулятора розраховуємо параметри за формулою:

$$T_D = \frac{T_2^2}{T_1} - \frac{T_3^3}{T_2^2}; T_I = \frac{T_1^2 - T_2^2}{T_1 - T_D}; K_p = \frac{0,375 T_I}{K(T_I - T_1)}.$$

Даний метод дозволяє зменшити перехідний процес та збільшую переулювання в незначному обсягу.

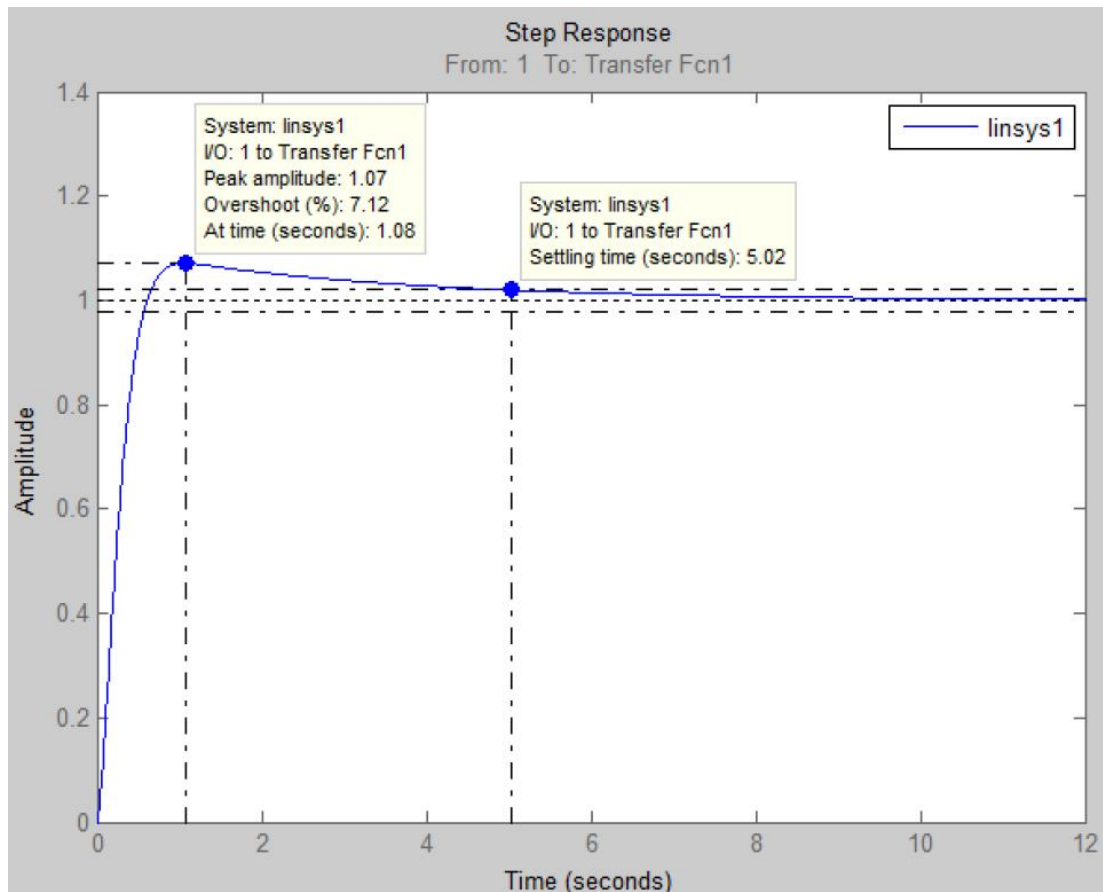


Рисунок 3.10 - Перехідна характеристика системи з використанням методу Шеделя.

З Рис. 3.10 можна побачити, що при використанні методу Шеделя отримуємо переулювання  $\sigma = 7,12 \%$  та час виходу на стає значення  $t_p = 5,02$  с.

З отриманих результатів з Рис. 3.9 та Рис. 3.10 можна зробити висновок, що метод Циглера-Нікольса являється більш ефективним, ніж метод Шеделя. Тому для налаштування регулятора краще використати метод Циглера-Нікольса, оскільки він легший в використанні та більш точний.

### 3.5 Дослідження контурів регулювання.

На Рис. 3.11 зображена схема регулювання рівня пластової води та тиску попутного газу.

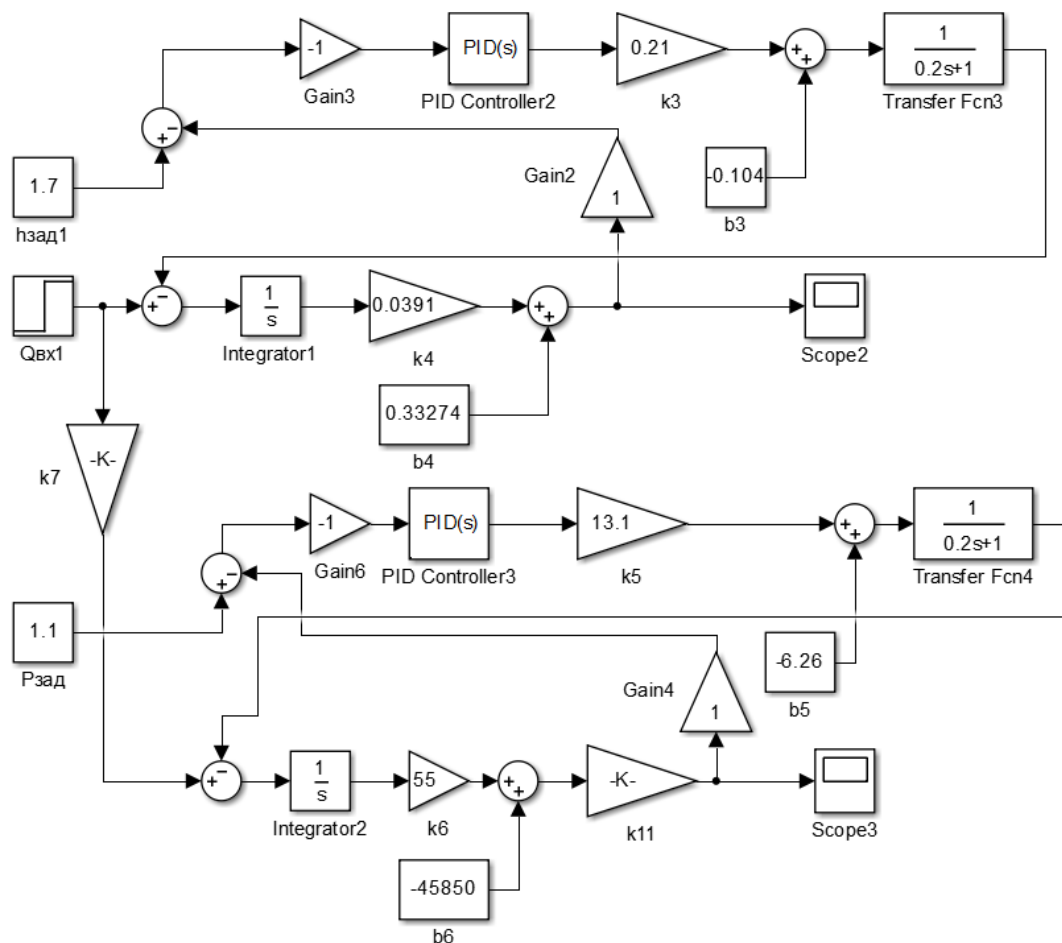


Рисунок 3.11 – Структурна схема регулювання рівнем пластової води та тиску попутного газу.

За допомогою середовища імітаційного моделювання Matlab Simulink досліджується вплив такого параметра як вхідного збурення води на рівень висоти пластової води та тиск попутного газу. За рахунок зміни коефіцієнту впливу вхідних збурень на висоту зміни рівня технічної води та столого тиску попутного газу. Це завдання було виконано за допомогою функціонального блоку Step середовища Matlab Simulink.

### 3.5.1 Дослідження контуру регулювання рівня пластової води.

Контур регулювання рівнем пластової води являється контуром, який найбільше впливає на кінцевий результат продукції, оскільки саме від підтримки рівня пластової води на сталому значенні забезпечує якісну очистку нафти. Для його якісного налаштування можна перевірити його стійкість, для цього скористуємось методом логарифмічно частотних та фазових характеристик, або Bode Diagram.

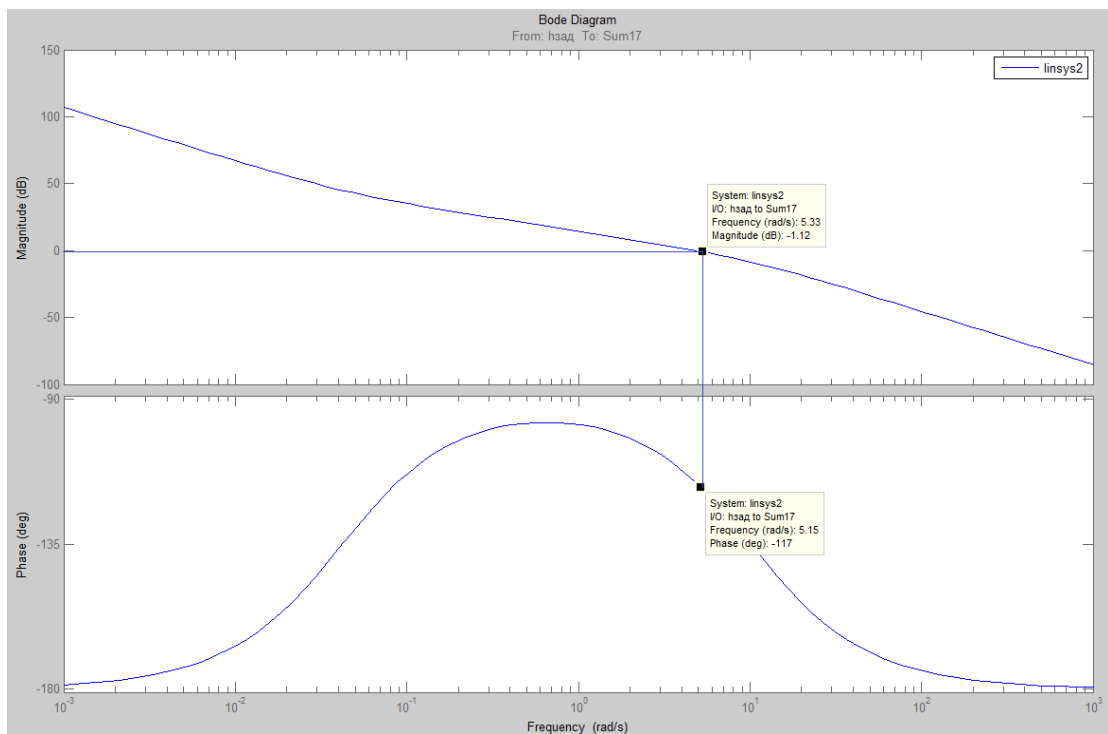


Рисунок 3.12 - Графік логарифмічних частотних та фазних характеристик контуру регулювання рівня пластової води.



З Рис.3.12 можна побачити, що запас стійкості системи по модулю буде:

$$\varphi^*(\lambda) = 63.$$

Для правильності роботи контуру регулювання рівнем пластової води налаштовуємо регулятор за методом Циглера-Нікольса. Підбираючи коефіцієнт  $K_p$ , щоб збільшити час реагування системи та не вийти за рамки перерегулювання системи в 20%. На основі цього було підібрано параметри регулятора, які будуть забезпечувати ефективну роботу системи з мінімальним перерегулюванням для збереження стійкості, та з оптимальним часом перехідного процесу.

На Рис.3.13 представлений налаштований ПД-регулятора методом Циглера-Нікольса.

Controller parameters

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

Tune...

Рисунок 3.13 – Підібрані параметри ПД-регулятора методом Циглера-Нікольса.

В результаті налаштування ПД-регулятора отримуємо налаштований перехідний процес для контуру регулювання рівнем пластової води, що представлений на Рис. 3.14.

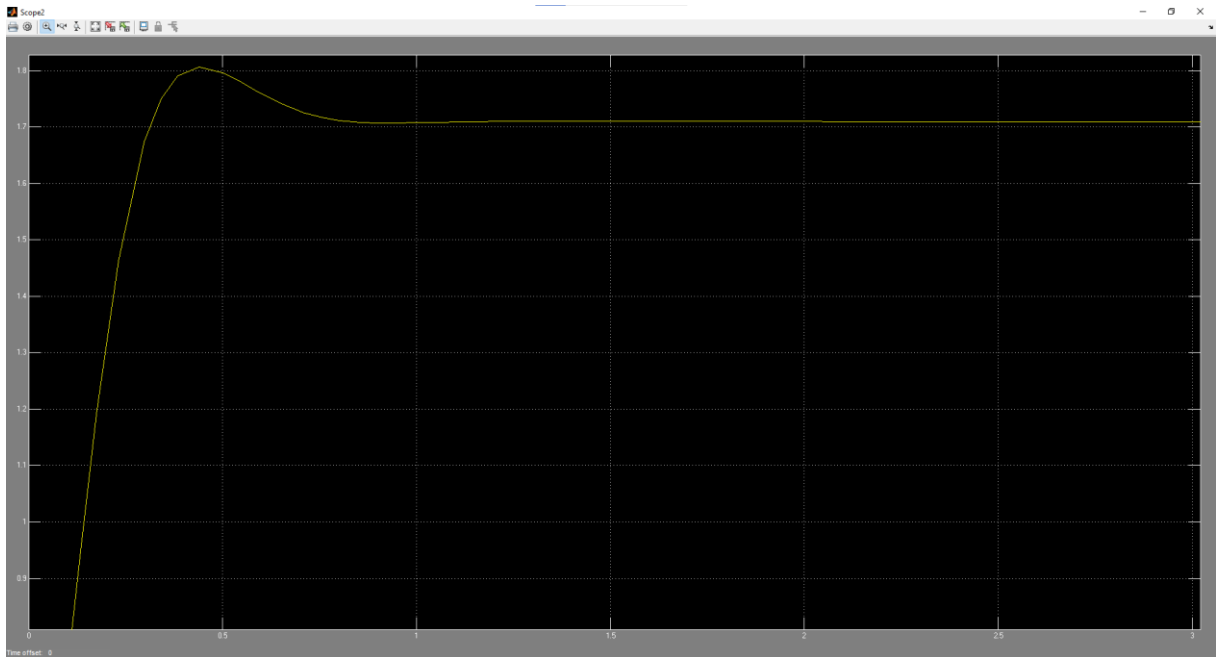


Рисунок 3.14 – Графік перехідного процесу регулювання рівнем пластової води.

На Рис. 3.14 можна побачити, що система завдяки правильно підбраному та налаштованому регуляторі виходить на заданий рівень висоти в 1.7 м за мінімальний час перехідного процесу.

Визначимо перегулювання  $\sigma$  ПД – регулятора за перехідною характеристикою, наведену на Рис. 3.15.

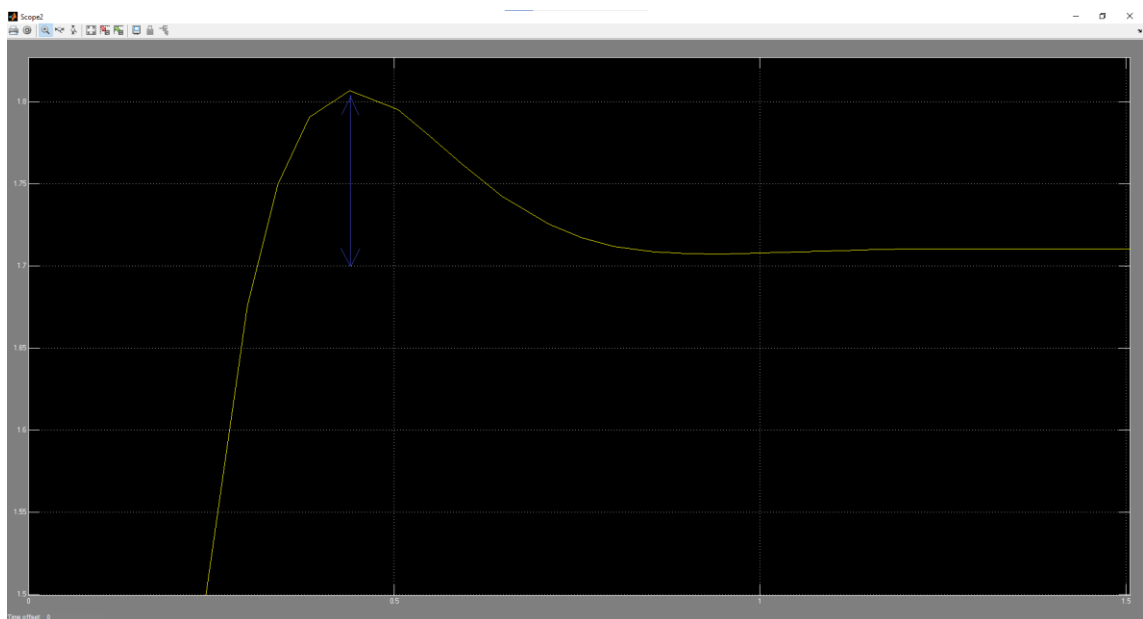


Рисунок 3.15 – Визначення перегулювання ПД- регулятора.

$$\sigma = \frac{h_{max} - h_{уст}}{h_{уст}} = \frac{1.81 - 1.7}{1.7} = 0,065.$$

Як видно з розрахунку перегулювання приблизно дорівнює 6%.

Перевіряємо роботу системи з ПДД-регулятором під час активних впливів зовнішніх збурень.

В блоці Step виставимо значення початку збурення в 1, а величину збурень в 5, що відповідає за збільшення вхідного потоку в сепараторну установку, та призводить до підняття рівня води. В результаті цього отримуємо перехідний процес представлений на Рис. 3.16.

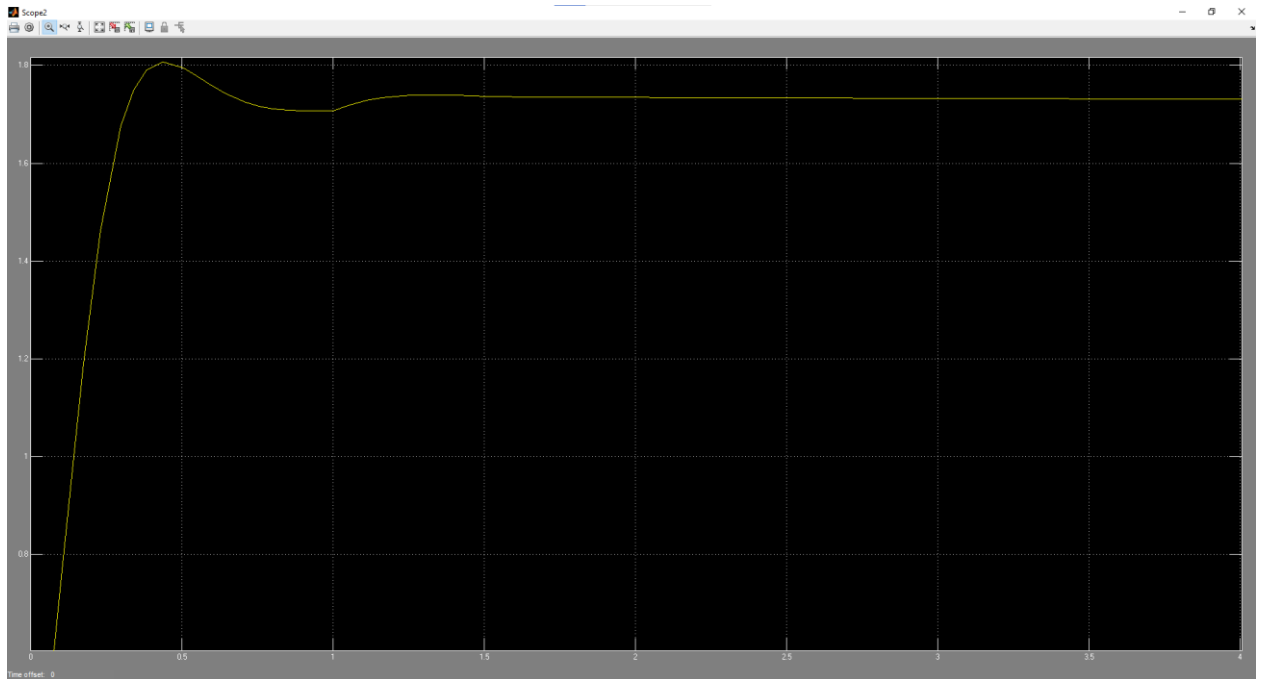


Рисунок 3.16 – Перехідний процес системи при максимальних збуреннях.

Як можна побачити з графіку на Рис. 3.16, збурення суттєво не вплинули на систему, і система знаходиться в стабільному стані, що добре впливає на якість очищення нафти від пластової води, оскільки рівень знаходиться в межах заданих, а саме 1,7 м.

### 3.5.2 Дослідження контуру регулювання тиску попутного газу.

Контур регулювання тиску попутного газу являється важливим, як для очищення нафти так і для безпеки роботи об'єкта, тому забезпечення сталого рівня тиску являється пріоритетною задачею. Для якісного налаштування регулятора можна перевірити систему на стійкість, з використанням метода логарифмічно частотної та фазової характеристик.

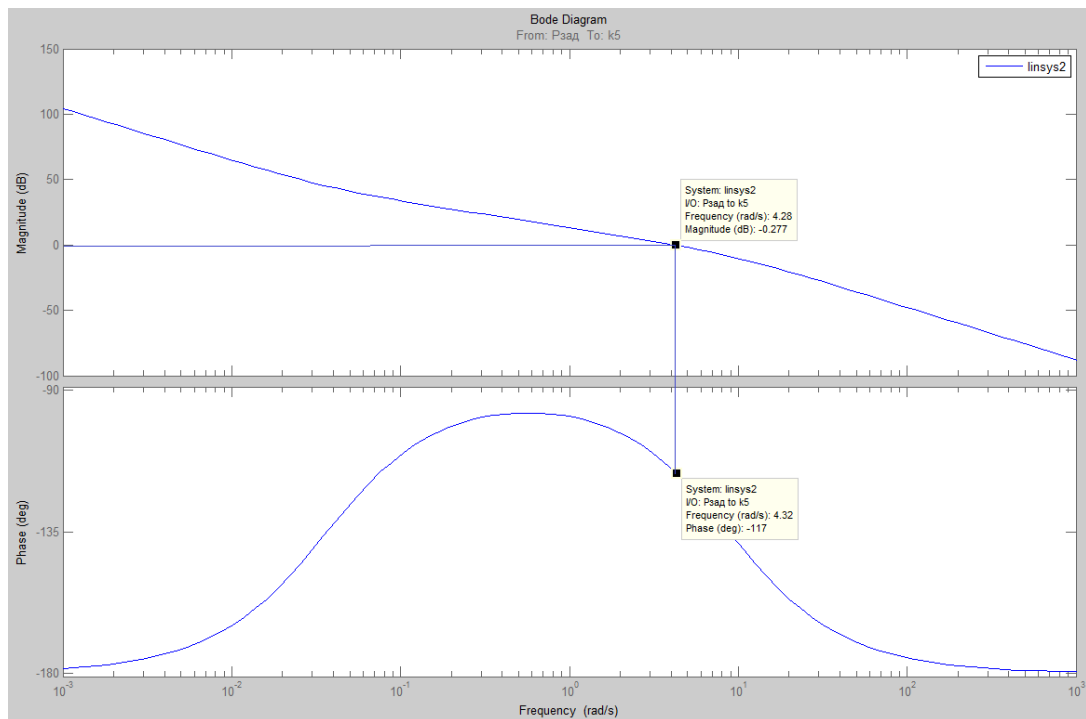


Рисунок 3.17 - Графік логарифмічних частотних та фазних характеристик контуру регулювання рівня пластової води.

З Рис.3.17 можна побачити, що запас стійкості системи по модулю буде:

$$\varphi^*(\lambda) = 63.$$

Для правильності роботи контуру регулювання тиску попутного газу налаштуємо регулятор за методом Циглера-Нікольса. Підбираючи коефіцієнт  $K_p$ , щоб збільшити час реагування системи та не вийти за рамки

перерегулювання системи в 20%. На основі цього було підібрано параметри регулятора які будуть забезпечувати ефективну роботу системи, та 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 – Підібрані параметри ПД-регулятора методом Циглера-Нікольса.

В результаті отримуємо перехідний процес контуру регулювання тиском попутного газу, що представлений на Рис. 3.18.

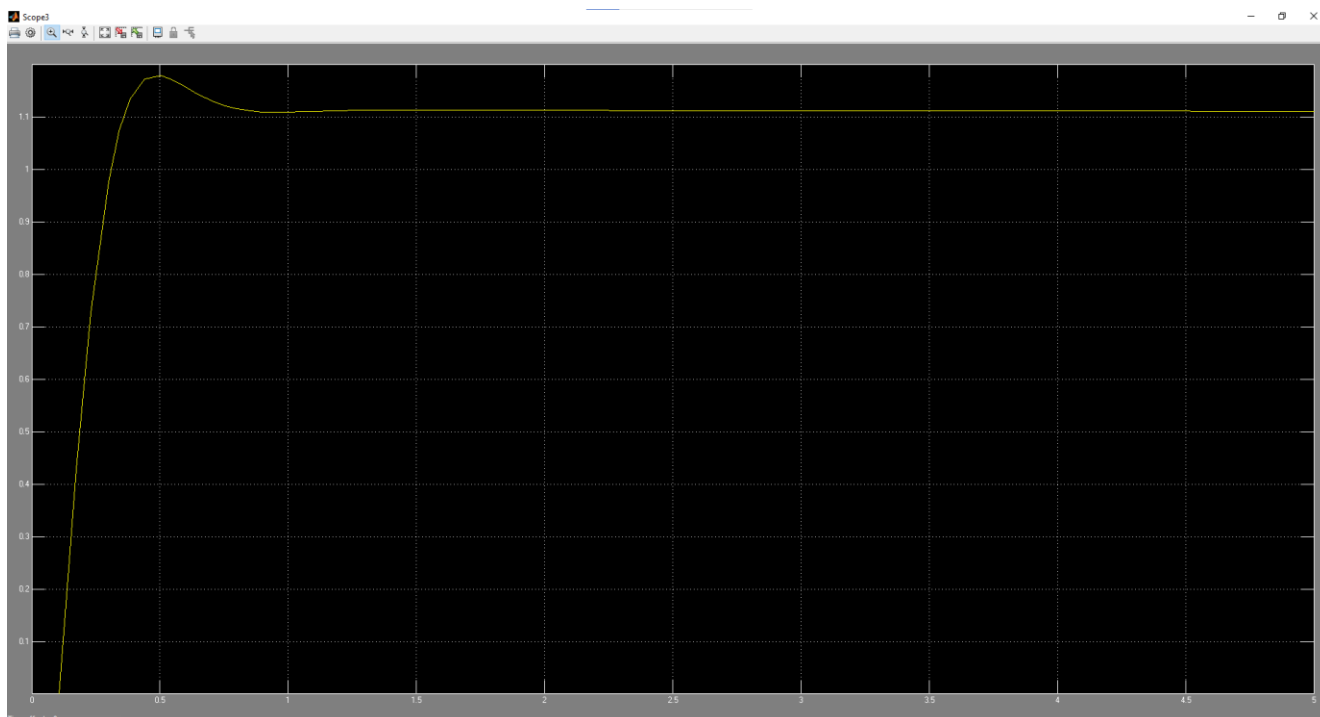


Рисунок 3.18 – Графік перехідного процесу регулювання тиску попутного газу.

На Рис. 3.18 можна побачити, що система завдяки правильно підбраному та налаштованому регуляторі виходить на заданий рівень тиску в 1.1 МПа за мінімальний час перехідного процесу.

Визначимо перегулювання  $\sigma$  ПД – регулятора за перехідною характеристикою, наведену на Рис. 3.19.

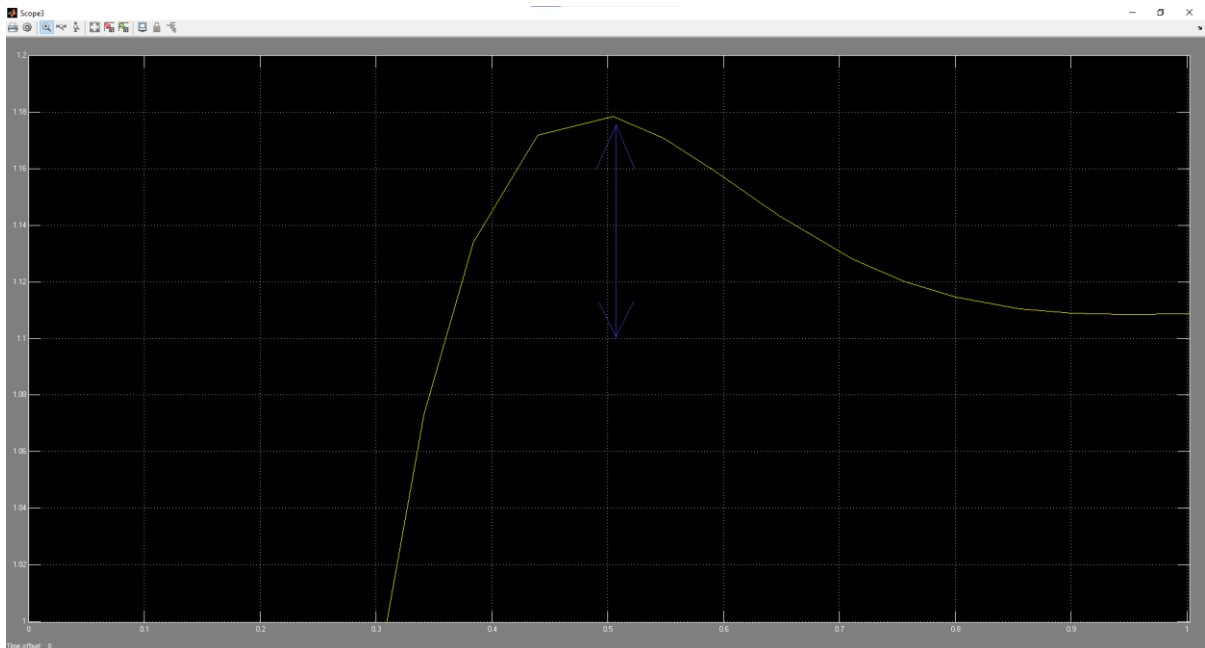


Рисунок 3.19 – Визначення перегулювання ПД- регулятора.

$$\sigma = \frac{h_{max} - h_{уст}}{h_{уст}} = \frac{1.18 - 1.1}{1.1} = 0,073.$$

Як видно з розрахунку перегулювання приблизно дорівнює 7%.

Перевіряємо роботу системи з ПД-регулятором під час активних впливів зовнішніх збурень.

В блоці Step виставимо значення початку збурення в 1, а величину збурень в 10, що відповідає за збільшення вхідного потоку в сепараторну установку та збільшенню тиску. В результаті цього отримуємо перехідний процес представлений на Рис. 3.20.

Як можна побачити з графіку на Рис. 3.20, збурення суттєво не вплинуло на систему, і тиск в сепараторній установці знаходиться в сталому положенні, що може лише добре відобразитися якість очищення нафти від пластової води, оскільки тиск не переходить критичного значення в 1,3 МПа і знаходиться в межах заданих, а саме 1,1 МПа.

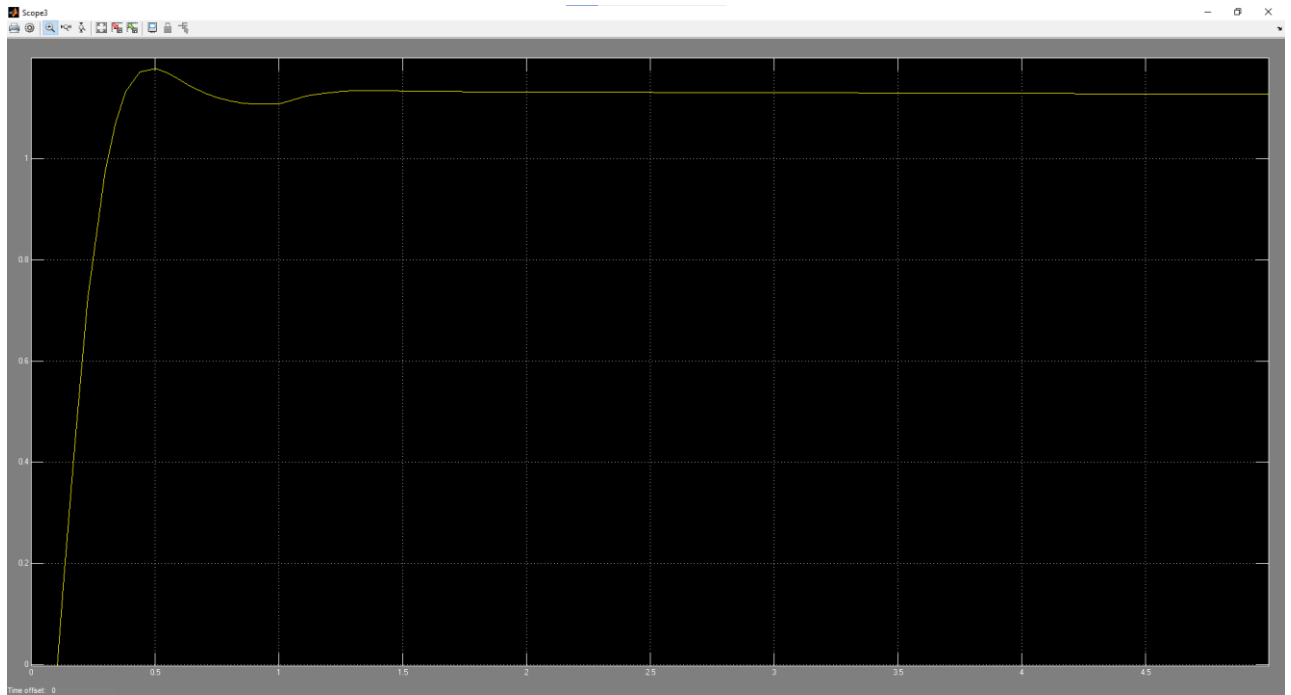


Рисунок 3.20 – Перехідний процес системи при максимальних збуреннях.

Висновок: в даному розділі я проаналізував та обґрунтував причини вибору двох контурів регулювання та їх вплив на якість продукту. Також побудував модель в Matlab Simulink, налаштував регулятор та проаналізував роботи системи при збуреннях.

## РОЗДІЛ 4

### РОЗРОБКА SCADA СИСТЕМИ

При розробці систем керування об'єктом необхідно враховувати можливість для взаємодії з ним оператора, який буде контролювати роботу системи. Для цього в проекті розглядається та будується SCADA система.

SCADA – це програмний пакет, що призначається для розробки або забезпечення в реальному часі систем збору, обробки, відображення та архівування інформації про об'єкт моніторингу або управління. [12]

Завдання, які повинна виконувати SCADA система:

- Контроль, за процесами в реальному часі;
- Збір інформації в бази даних;
- Обмін даними між виконавчими механізмами та ПЛК;
- Логічне керування процесами;
- Забезпечення зв'язку з зовнішніми додатками.

#### 4.1 Постановка задачі при проектування SCADA система.

Перед проектуванням SCADA системи необхідно визначити задачі, які вона повинна буде виконувати. Звертаючи увагу на об'єкт керування, сепараторну установку, необхідно зауважити, що це доволі пожежо та вибухо небезпечний об'єкт, тому одним з головних завдань системи буде забезпечення безпечний робочий процес на об'єкті. Також система повинна підтримувати сталу якість, забезпечувати надійне та економічне регулювання для процесу очищення нафти. Саме SCADA система повинна підтримувати стабільну роботу контурів регулювання, та їх зв'язок з програмованим логічним контролером. Тому зважаючи на написане, можна прийти до висновку, що SCADA система є важливим етапом при розробці та оптимізації системи управління об'єктом.



## 4.2 Розробка та проектування SCADA.

Для розробки та проектування SCADA системи будемо використовувати програмне забезпечення Zenon.

SCADA Zenon являється програмно-технічним комплексом який складається з середовища розробки проектів – Editor та середовища виконання – Runtime. Це дві незалежні частини програми, які виконують кожна свою функцію і можуть використовуватися, за необхідності, окремо одна від одної. [14]

Дане середовище розробки містить необхідний набір модулів та інструментів для написання повнофункціональних програм і пакет драйверів для підключення до найбільш розповсюджених апаратних засобів PLC. [14]

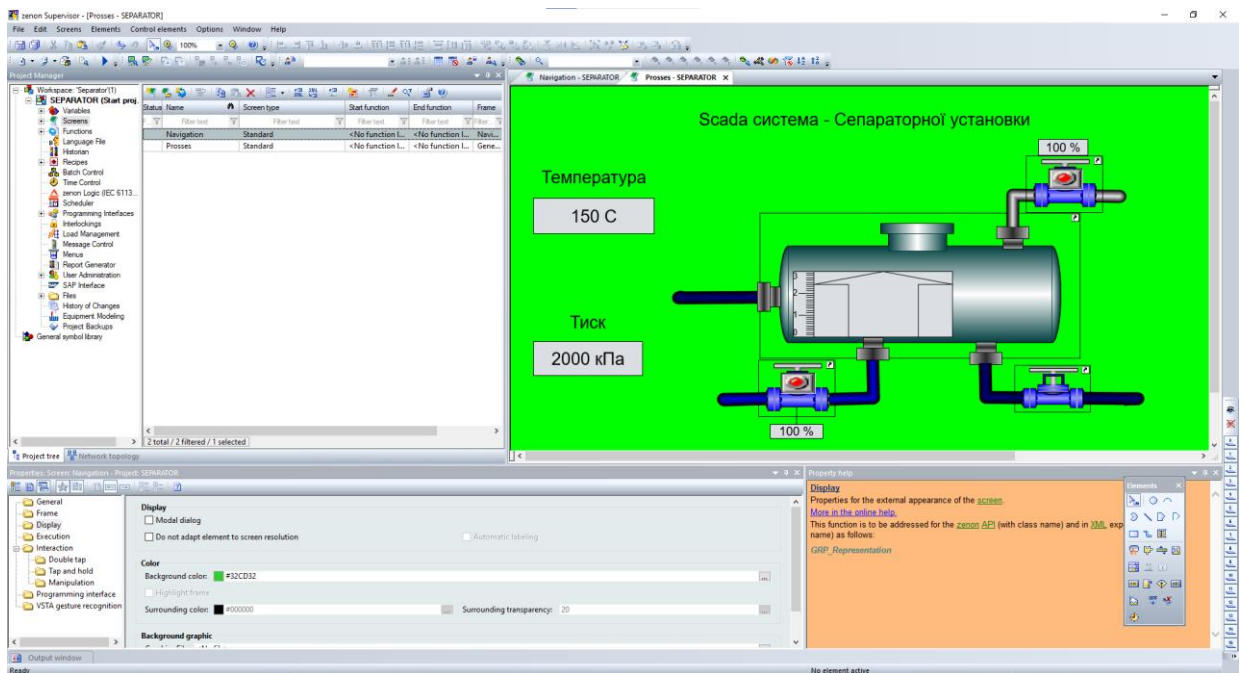


Рисунок 4.1 – Інтерфейс на інструменти в програмі Zenon.

Визначальною особливістю SCADA Zenon є вертикальна відкритість. Завдяки передовим технологіям, впровадженим в даний програмно-технічний комплекс, всі потоки інформації, які були зібрані на рівні датчиків і виконавчих механізмів,

можуть бути оперативно оброблені і передані в зовнішні MES- і ERP- системи, де здійснюється аналіз і планування сучасного виробництва. [15]

SCADA система Zenon може функціонувати у вигляді DDE сервер, так і у вигляді DDE клієнт. Так як зовнішнє програмне забезпечення MATLAB може виступати тільки в ролі DDE клієнта, розглянемо процес налаштування SCADA системи Zenon в режимі DDE сервера.

На основі функціональної схеми, що зображена на Рис. 4.2, проектується SCADA система. Дана система призначена для автоматизації процесу очищення нафти від попутного газу та пластової води, і для стабілізації якості продукції шляхом підтримування заданих параметрів на вході та виході системи, а також оптимізації даного процесу.

На Рис.4.2 представлена SCADA система сепараторної установки в режимі очікування.

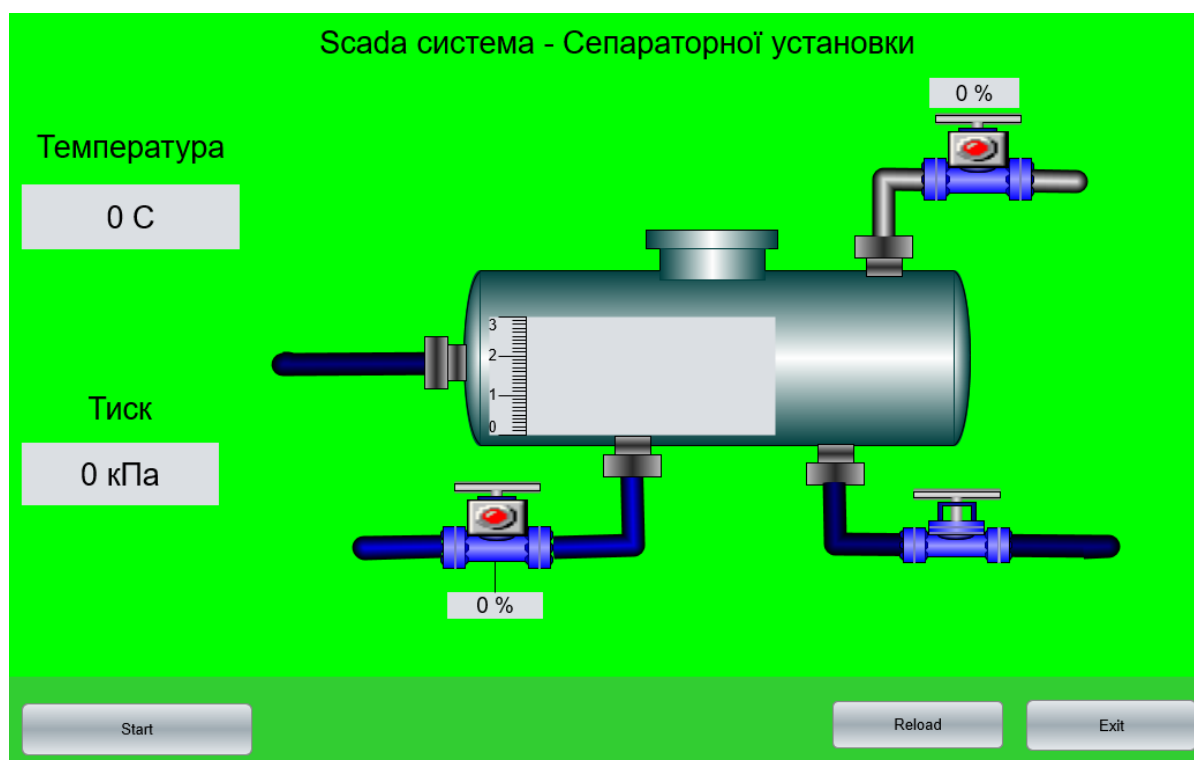


Рисунок 4.2 – Побудована SCADA система за допомогою програмного забезпечення Zenon, у стані очікування.

Сепараторна установка представляє з себе ємність в якій знаходиться емульсія від попередніх етапів роботи ДНС. На Рис. 4.2 можна побачити емульсію, яка через штуцер входить до ємності з датчиком рівня. Емульсія в свою чергу розділяється на 3 частини: попутний газ, пластової воду та нафту.

Перший контур регулювання це контур регулювання рівня висоти пластової води. Який працює завдяки датчика рівня води, від якого надходить сигнал про переповненість ємності, і відкривається клапан для спуску води.

Також сепараторна установка обладнана датчиком температури, який контролює якість очищення та впливає на тиск в сепараторній установці.

Другий контур це контур регулювання тиску попутного газу. Даний контур працює завдяки датчику температури та тиску, і на основі даних з них регулює витрати попутного газу, для підтримки сталого значення.

На Рис. 4.3 представлена працююча SCADA система сепараторної установки.

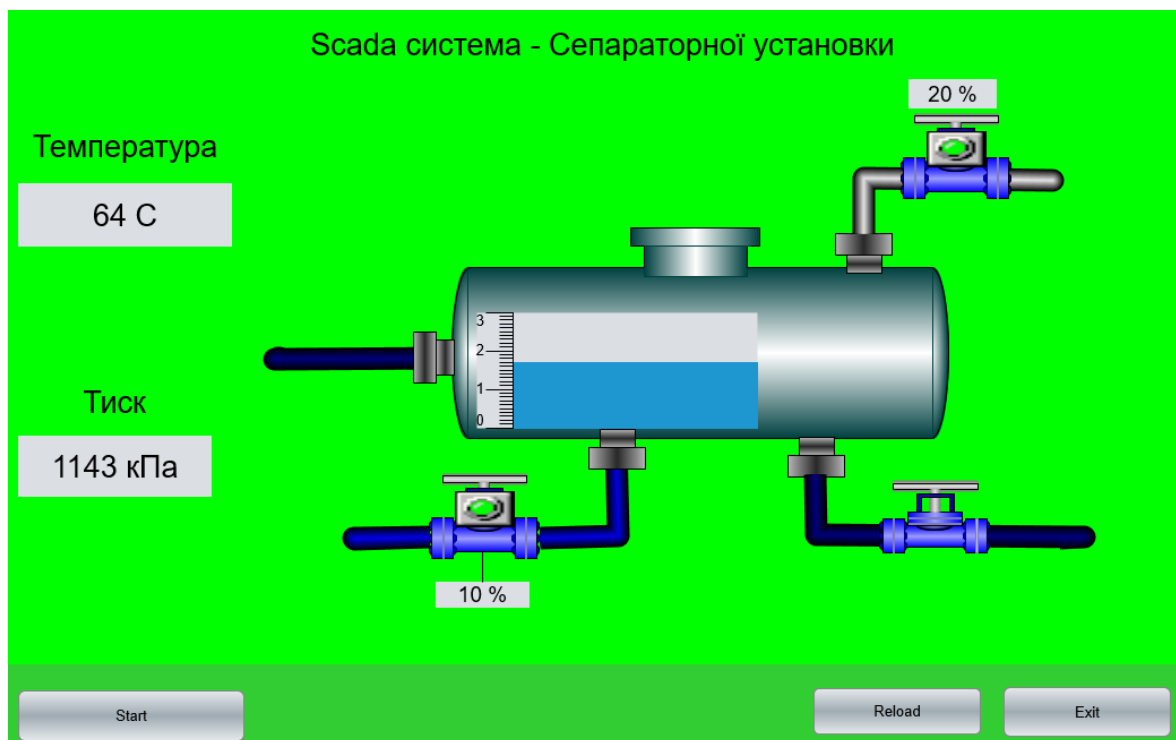


Рисунок 4.3 – Побудована SCADA система за допомогою програмного забезпечення Zenon, у робочому стані.

Система збирання та відображення інформації для сепараторної установки призначена для автоматизації процесу очищення нафти, а також для стабілізації якості нафти шляхом підтримання заданого рівня висоти пластової води та тиску попутного газу на виході.

Система автоматизації сепараторної установки забезпечує наступні параметри:

- індикацію та відображення на дисплею системи таких сигналів: рівень висоти пластової води; температура в сепараторній установці; тиск попутного газу; роботи клапана; значення відкритості клапана;

- Автоматичну підтримку заданого рівня висоти пластової води та попутного газу на виході з сепараторної установки.

Інтерфейсом диспетчеризації АСУТП сепараторної установки був використаний монітор реального часу Zenon Runtime, представлений на Рис.4.3, на якому виконуються функції:

- архівування технологічної інформації;
- моніторингу;
- ведення журналу тривоги;
- оперативного диспетчерського управління.

#### 4.2 Алгоритмізація процесів функціонування сепараторної установки.

Підготовка сепараторної установки до пуску повинна здійснюватися відповідно до правил експлуатації, де казаний обсяг і послідовність виконання операцій обслуговуючим персоналом.

Перед запуском процесу очищення нафти мають бути виконані наступні умови:

- тиск в сепараторній установці знаходить не вище 1.3 МПа;
- рівень пластової води не вище максимального;
- всі вхідні та вихідні штуцери не мають протікань.

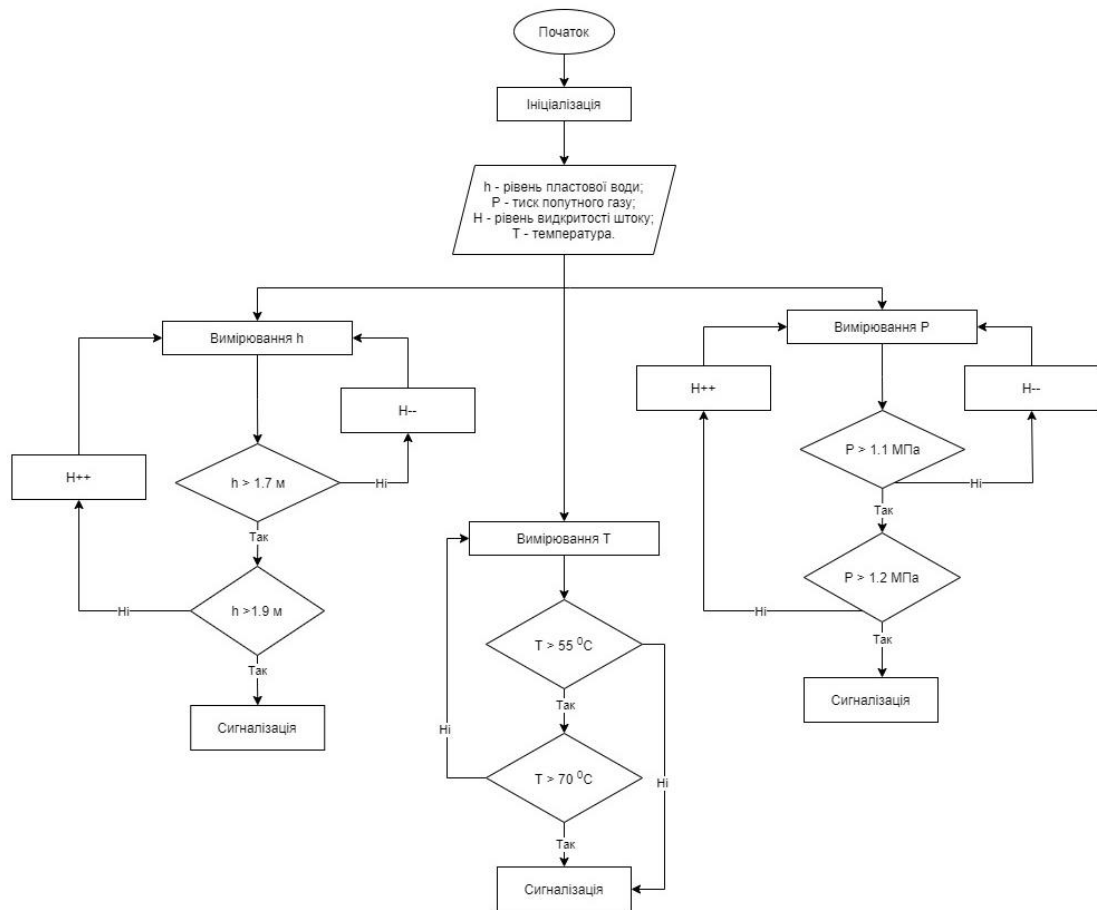


Рисунок 4.4 – Блок схема управління процесом очищення нафти.

При включенні сепараторної установки необхідно слідкувати за наступними параметрами:

- тиском попутного газу, в межах від 1 до 1.3 МПа;
- рівнем висоти пластової води, в межах від 1.6 до 1.9 м;
- температура в сепараторній установці, від 50 до 70 °С;
- рівень відкритості штоку клапану, від 0 до 100 %.

Під час потрапляння емульсії в сепараторну установку відбувається поділ останньої на різні фази, тому під час цього поділу необхідно вчасно їх вивести з сепараторної установки.

Датчик вимірює рівень висоти пластової води, якщо останній знаходиться вище 1.7 м шток клапана прикривається, а якщо більше порівнюється з максимальним значенням в 1.9 м, якщо він в межах між нормальним і

максимальним шток клапану відкривається. При перевищенні рівня 1.9 спрацьовує аварійна сигналізація.

Під час потрапляння емульсії до сепараторної установки попутний газ під силою гравітації відокремлюється і збільшує тиск, який вимірює датчик тиску. І якщо попутний газ не менше 1.1 МПа, то шток клапану прикривається. Якщо більше то перевіряється з максимальним значенням в 1.3 МПа, і коли він в межах нормального і максимального шток клапану відкривається, а якщо більше спрацьовує аварійна сигналізація.

Також вимірюється температура в сепараторній установці, яка повинна бути в межах 60 °С, для якісного процесу очищення, а при зменшенні температури спрацьовує аварійна сигналізація, а при необхідності і відключення.

Даний алгоритм працює в замкнутому циклі, і зупиняється тільки після виключення сепараторної установки.

Висновок: в даному розділі було описано завдання для SCADA системи, побудована та описана SCADA системи на базі Zenon та описаний алгоритм функціонування сепараторної установки.

## ВИСНОВОК

В результаті проведеної роботи та розглянутих літературних джерел було виявлено перспективне використання ДНС станцій, та розглянутий спосіб її покращення. На основі однієї з установок даної станції був розглянутий принцип очищення нафти та будова сепараторної установки, проаналізовані технічні параметри, що мають безпосередній вплив на роботу сепараторної установки, та якість очищення нафти. Безпосередньо на якість та продуктивність впливає підтримка заданих параметрів по висоті пластової води та тиску попутного газу, та своєчасне їх видалення з сепараторної установки.

Проаналізована математична модель контурів регулювання пластової води та попутного газу.

На основі математичної моделі контурів регулювання була побудована імітаційна модель і запропонована її структурна схема.

Були промодельовані контури регулювання сепараторної установки з ПІД-регулятором та визначена його ефективність при збуреннях.

Також була побудована SCADA система сепараторної установки в програмному комплексі Zenon, та прописаний її алгоритм роботи.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Расчет технологических установок системы сбора и подготовки скважинной продукции [Текст] : учебное пособие / С. А. Леонтьев, Р. М. Галикеев, О. В. Фоминых. - Тюмень : ТюмГНГУ, 2010. - 116 с.
- 2) Зеленский В.А. РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ РАБОТЫ НЕФТЕГАЗОВОГО СЕПАРАТОРА / В.А. Зеленский, А.И. Щодро // Современные наукоемкие инновационные технологии: Мат-лы Всеросс. науч.-техн. конф. – Самара: Изд-во СГАУ, 2014.
- 3) Acharya T., Potter T., 2021. A CFD study on hydrocarbon mean residence time in a horizontal oil–water separator. SN Appl. Sci., 3, 492.
- 4) Синтез математической модели процесса сепарации нефти в системе управления промышленной подготовки нефти [Текст]: статья / В. Ц. ЗОРИКТУЕВ, Ю. М. ДРЕБСКАЯ, В. В. РОЩУПКИН. - Уфа: Уфату, 2009. 78-82 с.
- 5) 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).
- 6) Shcherbinin A.I., Nazarov V.A. and Sokolov A.G. 2012 Technical support of measures to increase the level of oil and gas production and reduce costs (Moscow: Sphere. Oil and Gas) 3 166-168.
- 7) Карпенко А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы вдохновленные природой: учебное пособие / А. П. Карпенко. - 2-е изд. – Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. – 44с.
- 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) Olugbenga A.G., Al-Mhanna N.M., Yahya M.D., Afolabi E.A., Ola 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-gaz separator operation. Journal of Physics: Conference Series 1096 (2019) 012155 doi:10.1088/1742-6596/1096/1/012155
- 11) Щодро, А. И. Математическое моделирование процесса сепарации обводнённой нефтесодержащей смеси [Текст] / В.А. Зеленский, А.А. Сушин, А.И. Щодро // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2017): тр. III Международной конференции и молодёжной школы. – Самара: Изд-во Предприятие «Новая техника», 2017 – С. 1347 – 1351.
- 12) Карпенко А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы вдохновленные природой: учебное пособие / А. П. Карпенко. - 2-е изд. – Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. – 44с
- 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) Orazbayev 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, № 2–114.
- 18) Завдання керування сепаратором дотискної насосної станції / Манойленко В.М., студент; Кулінченко Г.В., доцент // Сумський державний університет, м. Суми, Україна: ІМА :: 2022 ст.135-136

# ДОДАТОК А

## Функціональна схема сепараторної установки

