

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”
Факультет комп’ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки
Кафедра робототехніки, електроенергетики та автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна

Спеціальність 174 “Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології
та робототехніка”

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри робототехніки,
електроенергетики та автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна
к.т.н., доц. Громовий О.А.

« _____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

Студент **Петрожалко Дмитро Андрійович**

1. Тема роботи: **“Автоматизована система управління технологічним процесом відстоювання водонафтової суміші на нафтогазовому підприємстві”**

Затверджена Наказом по університету від 12 листопада 2024 р. № 646/с .

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедрі 22 грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи.

1. Матеріали науково-виробничої та переддипломної практик.

2. Базовий технологічний процес поділу водонафтової суміші у електродегідраторі.

3. Апаратний склад базового технологічного процесу поділу водонафтової суміші у електродегідраторі.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці)

1. Аналіз базового технологічного процесу відстоювання водонафтової суміші.

2. Розробка автоматизованої системи управління технологічним процесом відстоювання водонафтової суміші на нафтогазовому підприємстві.

3. Розробка математичної моделі автоматизованої системи управління технологічним процесом поділу відстоювання водонафтової суміші на нафтогазовому підприємстві.

4. Розрахунок параметрів та алгоритму роботи автоматизованої системи управління технологічним процесом поділу відстоювання водонафтової суміші на нафтогазовому підприємстві.

Загальні висновки.

Список використаних літературних джерел.

Додатки.

5. Перелік презентативного матеріалу (з точним визначенням обов'язкових слайдів/креслень).

Титульна сторінка, мета та завдання роботи (2 слайди).

Характеристика об'єкта автоматизації (1 слайд).

Розробка структурної схеми АСУ ТП (з врахуванням контролю меж середовища: шлам- вода, вода-нафта) (1 слайд).

Розробка функціональної схеми автоматизованої системи відстоювання водонафтової суміші (1 слайд).

Вибір елементної бази АСУ ТП (6-8 слайдів).

Розробка алгоритму збирання даних з датчиків верхнього рівня (1 слайд).

Загальні висновки (1 слайд).

6. Консультанти кваліфікаційної роботи магістра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Кирилович В.А.	10.10.24	10.10.24
2	Кирилович В.А.	01.11.24	01.11.24
3	Кирилович В.А.	15.11.24	15.11.24
4	Кирилович В.А.	01.12.24	01.12.24

7. Дата видачі завдання 10 жовтня 2024 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розробка загальної схеми виконання роботи	10.10.24 – 30.10.24	Виконано
2	Пошук інформаційних джерел	25.10.24 – 05.10.24	Виконано
3	Розробка структурної та функціональної схем системи управління процесом відстоювання водонафтової суміші	06.10.24 – 25.10.24	Виконано
4	Вибір елементної бази системи	26.10.24 – 05.11.24	Виконано
5	Розробка математичної моделі системи управління відстоюванням	06.11.24 – 25.11.24	Виконано
6	Моделювання процесу відстоювання водонафтової суміші	15.11.24 – 30.11.24	Виконано
7	Кінцеве формулювання мети та завдань роботи	26.11.24 – 09.12.24	Виконано
8	Кінцеве формулювання практичного значення роботи, загальних висновків	10.12. 24 – 22.12.24	Виконано
9	Оформлення презентативного матеріалу	Постійно з 10.10. 24 р. по 22.12. 24 р.	Виконано
10	Оформлення пояснювальної записки	Постійно з 10.10.24 р. По 22.12. 24 р.	Виконано

Студент

(підпис, дата)

Петрожалко Д.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис, дата)

Кирилович В.А.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

У роботі розроблено та досліджено автоматизовану систему управління технологічним процесом відстоювання водонафтової суміші на нафтогазовому підприємстві як об'єкта автоматизації й керування; здійснено вибір контрольованих і регульованих параметрів і розробка на їх основі структури АСУТП. Проведене моделювання розроблювальної системи, синтезована передатна функція об'єкта керування, а також замкнутої системи регулювання. Для підвищення рівня автоматизації, покращення показників роботи системи керування, зручності управління та обслуговування технологічного процесу відстоювання водонафтової суміші, пропонується впровадити мікропроцесорну систему керування.

В роботі обрано сучасні засоби автоматизації, що мають зручний інтерфейс для роботи оператора, забезпечують достатній рівень точності, безперервний вимір показників процесу відстоювання водонафтової суміші, що сприяє покращенню якості процесу

THE ANNOTATION

In the work, the automated control system the technological process of sedimentation of a water-oil mixture at an oil and gas enterprise developed and studied. The research of the technological process of sedimentation of a water-oil mixture as an object of automation and control was performed; the selection of controlled and regulated parameters and development of the structure of the automated process control system on their basis was made. The simulation of the system being developed, the synthesized transfer function of the control object, and also the closed control system were carried out. To improve the level of automation, improve the performance of the control system, ease of management and maintenance of the technological process of sedimentation of a water-oil mixture, it is proposed to introduce a microprocessor control system.

In the work modern automation tools are chosen which have a convenient interface for the operator's work, provide a sufficient level of accuracy, continuous measurement of the technological process of sedimentation of a water-oil mixture indicators, and contribute to improving the quality of process.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДСТОЮВАННЯ ВОДОНАФТОВОЇ СУМІШІ.....	9
1.1. Технологічна схема установки підготовки нафти	9
1.2. Поняття про зневоднення та знесолювання нафти. Методи зневоднення та знесолення нафти.....	11
1.3. Термохімічна установка зневоднення нафти	12
1.4. Відстійники	13
1.5. Гравітаційний поділ водонафтових емульсій.....	17
1.6. Розрахунок відстійника	20
2. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВІДСТОЮВАННЯ ВОДОНАФТОВОЇ СУМІШІ НА НАФТОГАЗОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ.....	27
2.1. Аналіз об'єкту автоматизації	27
2.2. Функціональна схема системи.....	31
2.3. Розробка структурної схеми АСУ	37
2.4. Елементна база системи	38
2.4.1. Контролер Mitsubishi Electric FX2N.....	38
2.4.2. Вибір датчика температури.....	42
2.4.3. Вибір датчика тиску	46
2.4.4 Вибір датчика витрати	47
2.4.5. Вибір датчика рівня.....	49
2.4.6 Вибір рівнеміра, що визначає межу середовищ.....	51
2.4.7. Вибір сигналізатора рівня	53
2.4.8. Вибір виконавчих механізмів	55
2.4.9. Вибір кабелю, що підігрівається.....	56
2.5. Створення схеми зовнішніх проводок	57
3. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВІДСТОЮВАННЯ ВОДО НАФТОВОЇ СУМІШІ НА НАФТОГАЗОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ	59
3.1. Побудова математичної моделі	59
3.2. Формування структури водонафтової емульсії	65
3.3. Визначення міжфазного рівня	66

4. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ТА АЛГОРИТМ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВІДСТОЮВАННЯ ВОДО НАФТОВОЇ СУМІШІ НА НАФТОГАЗОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ	73
4.1. Моделювання САР рівня вмісту в ємності для відстоювання водонафтової суміші	73
4.1.1. Математична модель електроприводу	74
4.1.2. Математична модель ємності для відстоювання водо нафтової суміші	76
4.1.3. Моделювання в Simulink	78
4.2. Алгоритм роботи системи	80
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	82
ДОДАТКИ	84

ВСТУП

Актуальність теми. Тривала експлуатація нафтових родовищ та заводнення нафтоносних пластів призводять до утворення стійких водо нафтових емульсій. Обводнення нафти викликає активне утворення асфальто смоло парафінових відкладень, підвищує температуру застигання нафти, підвищує в'язкість, що створює додаткові проблеми при її транспортуванні та зберіганні.

Зі свердловин разом з нафтою надходять пластова вода, попутний (нафтовий) газ, тверді частинки механічних домішок (гірських порід, затверділого цементу). Пластова вода – це сильно мінералізоване середовище із вмістом солей до 300 г/л. Вміст пластової води в нафті може досягати 80 %.

Мінеральна вода викликає підвищену корозійну руйнацію труб, резервуарів; тверді частинки, які надходять із потоком нафти зі свердловини, викликають знос трубопроводів та обладнання.

Таким чином, у безпосередній близькості від місць видобутку нафти розміщують установки первинної підготовки нафти (УПН) для відділення від нафти води з розчиненими в ній солями, механічних домішок і попутного нафтового газу.

Процеси зневоднення та знесолення є досить складними, включають стадії крапле утворення та відстоювання та залежать від умов утворення та ефективності руйнування водо нафтової емульсії [1, 2].

Введення автоматизованої системи управління на об'єктах нафтогазової промисловості дозволяє значно підвищити продуктивність, зменшити вплив людини на процес роботи підприємства і зменшити ймовірність виникнення аварійних ситуацій.

Мета роботи – розробка автоматизованої системи управління технологічним процесом відстоювання водо нафтової суміші на нафтогазовому підприємстві з використанням контролерного обладнання.

В результаті дослідження був створений аналітичний огляд аналогів, були підібрані датчики КВП і А і контролер управління, а також виконавчі елементи, розроблені структурна і функціональна схеми, а також схема зовнішніх проводок.

Розроблена система управління може бути застосована в області нафтогазової справи і впроваджуватись на різних нафтогазових підприємствах, а також дозволить оптимізувати технологічний процес розвантаження і прийому нафтопродуктів, забезпечити безкоштовну роботу виробництва, зменшити матеріальні витрати.

Об'єкт дослідження – методи побудови та модель автоматизованої системи управління технологічним процесом відстоювання водо нафтової суміші на нафтогазовому підприємстві.

Предмет дослідження – автоматизована система управління технологічним процесом відстоювання водо нафтової суміші на нафтогазовому підприємстві.

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДСТОЮВАННЯ ВОДО НАФТОВОЇ СУМІШІ

1.1. Технологічна схема установки підготовки нафти

Установка підготовки нафти (УПН) призначена для зневоднення та дегазації нафти до параметрів, які відповідають вимогам ДСТУ 51858-2002.

У нафтогазовому сепараторі С-1 відбувається дегазація нафти при тиску 0,6 МПа, що підтримується регулятором тиску. Для полегшення руйнування водо нафтової емульсії перед сепаратором С-1 вводиться деемульгатор блоку дозування хімічних реагентів.

На рис. 1.1. Сема дотискної насосної станції (ДНС) із установкою попереднього скидання води (УПСВ)

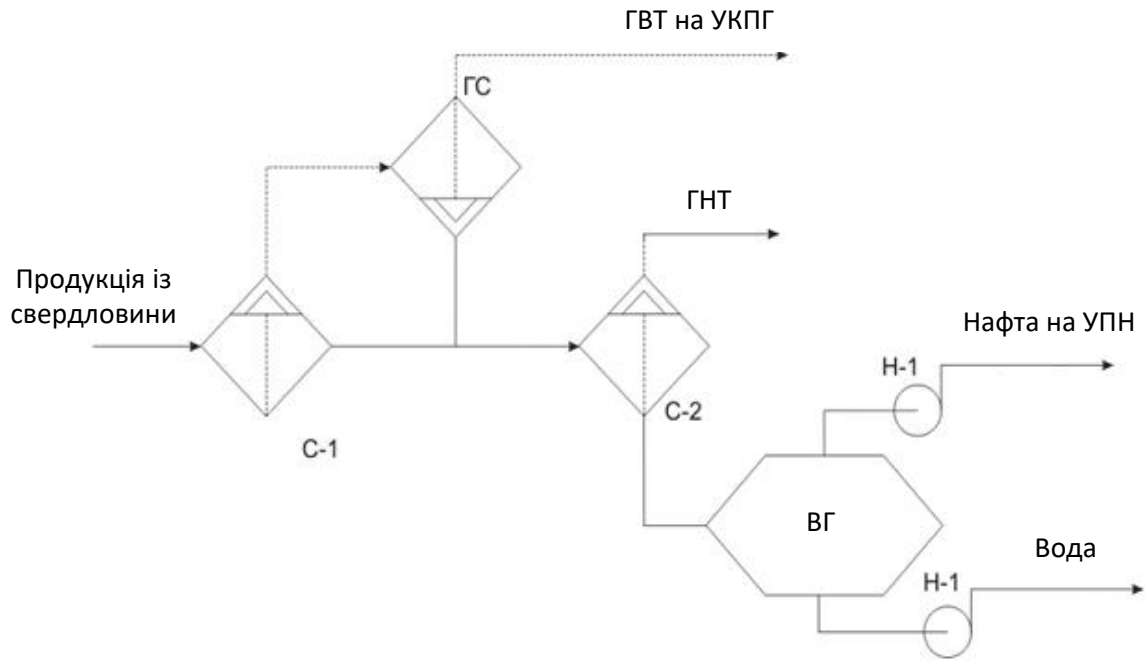
З сепаратора С-1 частково дегазована нафта та пластова вода надходить на вхід блоку відстою, тиск у якому підтримується на рівні 0,3 МПа регулятором тиску. Пластова вода з блоку відстою прямує на сантехнічні споруди для подальшої утилізації. Частково зневоднена та дегазована нафта з ОГ направляється в електродегідратори (ЕДГ) для остаточного зневоднення нафти, далі зневоднена нафта надходить на кінцеву установку сепарації - КСУ, тиск в якій підтримується на рівні 0,102 МПа.

Підготовлена нафта самопливом надходить у резервуарний парк для зберігання та подальшого авто вивезення чи подачі нафти до транспортного трубопроводу.

Газ дегазації від С-1 та С-2 надходить на газосепаратори ГС та направляється на установку комплексної підготовки газу (УКПГ).

Залишки газу з ГС використовуються на власні потреби як паливний газ для електростанції.

Відокремлена краплинна рідина з ГС прямує до загальної лінії потоку нафти через буферну ємність, яка не вказана на схемі.



Обладнання: С-1; С-2 - нафто газосепаратори (НГС), ГС - газосепаратори; ВГ – відстійник горизонтальний; Н-1, Н-2 – відцентрові насоси.

Потоки: ГВС на УКПГ – газ високого тиску на установку комплексної підготовки газу, ГНД – газ низького тиску.

Рис. 1.1. Дотискна насосна станція із установкою попереднього скидання води (ДНС з УПСВ)

Технологічний комплекс споруд УПН включає:

- 1) перший ступінь сепарації нафти;
- 2) попереднє скидання води;
- 3) нагрівання продукції свердловин;
- 4) зневоднення в блоці електродегідратів;
- 4) транспортування нафти резервуарний парк;
- 5) безкомпресорний транспорт нафтового газу на УКПГ;
- 6) транспортування підготовленої пластової води до системи ППД;
- 7) закачування хімічних реагентів (інгібіторів, реагентів-деемульгаторів)

Даний вид установок системи збору та підготовки є кінцевою стадією в дорозі продукції від свердловини до підготовленої та очищеної нафти призначеної для подальшої переробки.

1.2. Поняття про зневоднення та знесолювання нафти. Методи зневоднення та знесолення нафти

Зневоднення та знесолення нафти - взаємозалежні процеси, оскільки основна маса солей зосереджена в пластовій воді, то і видалення води призводить одночасно до знесолювання нафти. Зневоднення нафти утруднено тим, що нафта та вода утворюють стійкі емульсії типу "вода в нафті". У цьому випадку вода диспергує в нафтовому середовищі на дрібні краплі, утворюючи стійку емульсію. Отже, для зневоднення та знесолення нафти необхідно відокремити від неї ці дрібні краплі води та видалити воду з нафти. Для зневоднення та знесолення нафти використовують такі технологічні процеси:

- гравітаційний відстій нафти;
- гарячий відстій нафти;
- термохімічні методи;
- електро знесолювання та електро зневоднення нафти.

Найбільш простий за технологією процес гравітаційного відстою. У цьому випадку нафтою заповнюють резервуари та витримують певний час (48 годин і більше). Під час витримки відбуваються процеси коагуляції крапель води, і великі і важкі краплі води під впливом сил тяжіння (гравітації) осідають на дно і накопичуються як шару підтоварної води. Однак гравітаційний процес відстою холодної нафти - малопродуктивний і недостатньо ефективний метод зневоднення нафти, тому застосовують гарячий відстій обводненої нафти, коли за рахунок попереднього нагріву нафти до температури 50 -70 °С значно полегшуються процеси коагуляції крапель води і прискорюється зневоднення нафти при відстої. Недоліком гравітаційних методів зневоднення є їхня мала ефективність.

Більш ефективні методи хімічні, термохімічні, а також електрозневоднення та знесолення. При хімічних методах у обводнену нафту вводять спеціальні речовини - деемульгатори. В якості деемульгаторів використовують ПАР (поверхнево-активні речовини). Їх вводять до складу нафти у невеликих кількостях від 5-10 до 50-60 г на 1 т нафти. Деемульгатори адсорбуються на поверхні розділу фаз "нафта-вода" і витісняють або замінюють менш поверхнево-активні природні емульгатори, що містяться в рідині. Плівка, що утворюється на поверхні крапель води, неміцна. Це скасовує злиття дрібних крапель у великі (процес коалесценції). Великі краплі води легко осідають на дно резервуару. Ефективність і швидкість хімічного зневоднення значно підвищується з допомогою нагріву нафти, тобто. при термохімічних методах, за рахунок зниження в'язкості нафти при нагріванні та полегшення процесу коалесценції крапель води. Найбільш низький залишковий вміст води досягається при використанні електричних методів зневоднення та знесолення.

1.3. Термохімічна установка зневоднення нафти

У термохімічній установці зневоднення нафти (рис.1.2) сиру нафту (нафтова емульсія) І з сировинного резервуару 1 насосом 2 через теплообмінник 3 подають в трубчасту піч 4. Перед насосом 2 в нафту закачують деемульгатор П. У теплообміннику 3 і трубчастій печі 4 нафтова емульсія підігривається, і в процесі її турбулентного перемішування в насосі і при русі трубного змішувача в печі відбувається доведення реагенту-деемульгатора до крапель пластової води і руйнування шарів асфальтосмолистих речовин, що бронюють. Нагрівання в трубчастій печі здійснюється (при необхідності нагрівання нафтової емульсії) до температури 70°C (при підвищеному тиску, щоб не допустити закипання). При менших температурах нагрівання замість трубчастій печі 4 можна використовувати паро підігрівач.

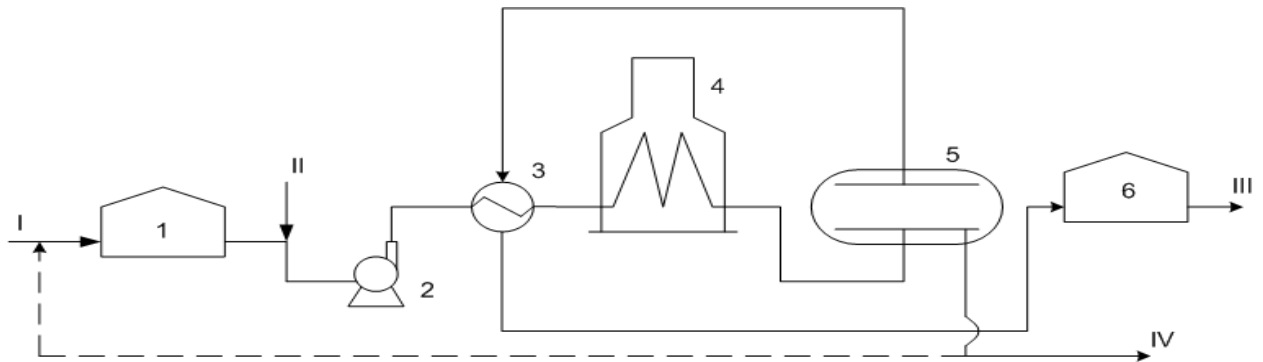


Рис. 1.2. Технологічна схема термохімічної установки зневоднення нафти

Оптимальною температурою нагрівання вважається така, за якої кінематична в'язкість нафтової емульсії становить $4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. Нестійка емульсія з трубчастої печі 4 надходить у відстійник 5, де розшаровується на нафту та воду. Зневоднена нафта виводиться зверху з відстійника 5, проходить через теплообмінник 3, де віддає частину тепла сирій нафті, що надходить на деемульсацію, і надходить в резервуар 6, з якого товарна нафта III насосом відкачується в магістральний нафтопровід. пластова вода IV, що відокремилася у відстійнику 5, направляється на установку з підготовки стічних вод. Сировинний резервуар 1 може працювати як резервуар із попереднім скиданням води. В цьому випадку частина гарячої води, що виходить з відстійника 5 і що містить деемульгатор, подається в потік сирій нафти перед резервуаром 1 (пунктирна лінія на рис. 1.2). В цьому випадку резервуар 1 обладнають розподільчим маточником та переливною трубою. У резервуарі підтримується шар води, так що нафтова емульсія, що надходить, розподіленим потоком проходить через товщу води, що сприяє більш повному відділенню вільної води з нафтової емульсії. Вода, що відокремилася в резервуарі з попереднім скиданням, насосом відкачується на установку з підготовки стічних вод.

1.4. Відстійники

Для відстою нафтових емульсій після нагрівання їх у блокових чи стаціонарних печах застосовуються відстійники. Схеми відстійних апаратів різного типу наведено на рис. 1.3

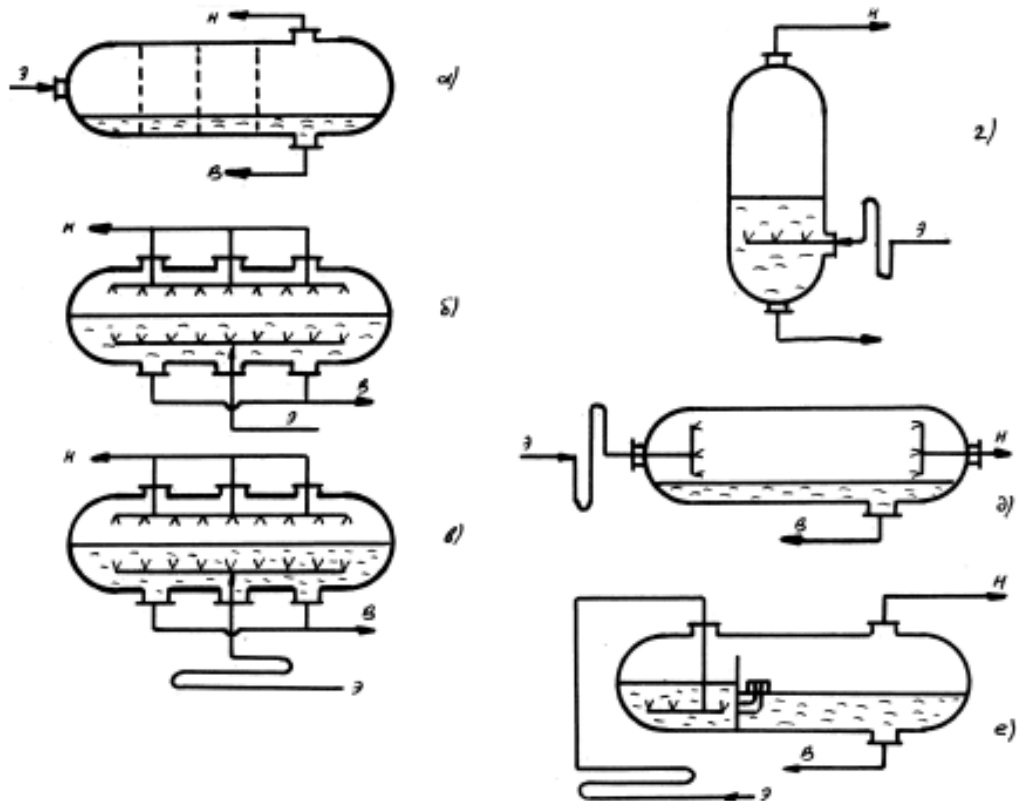


Рис. 1.3. Схеми відстійних апаратів різного типу:

а – з перфорованими ґратами; б – з нижнім розподіленим введенням під шар дренажної води та верхнім розподіленим відведенням нафти; в – з секційним крапле утворювачем, нижнім розподіленим введенням емульсії та верхнім розподіленим відведенням нафти; г – вертикальний з секційним крапле утворювачем та нижнім розподіленим введенням емульсії під шар дренажної води; д – з торцевими розподільними пристроями для введення емульсин та відведення нафти; е – з переливною перегородкою та промиванням нафти у шарі дренажної води

Найбільш поширені відстійники з нижнім розподіленим введенням сировини та вертикальним її рухом у відстійнику (ОГ-200, ОГ-200С, ОВС-

200) та відстійники з радіальним введенням сировини та горизонтальним її рухом у відстійнику.

Відстійники типу ОГ (ОГ-200С, ОГ-200П) призначені для відстою нафтових емульсій з метою їхнього поділу на нафту і пластову воду.

У шифрі прийняті такі позначення: ОГ - горизонтальний відстійник; перша цифра – місткість ємності (м^3); С – із сепараційним відсіком. Відстійники виготовляються зі сталі марок 09Г2С-6 для роботи при температурі від мінус 40 °С до плюс 200 °С (виконання -1) та зі сталі 09Г2С-8 для роботи при температурі від мінус 60 °С до плюс 200 °С.

Відстійник ОГ-200С (рис. 1.4) являє собою сталеву горизонтальну циліндричну ємність діаметром 3400 мм з еліптичними днищами. За допомогою перегородки 3 ємність розділена на два відсіки, з яких лівий I є сепараційним, а правий II відстійним.

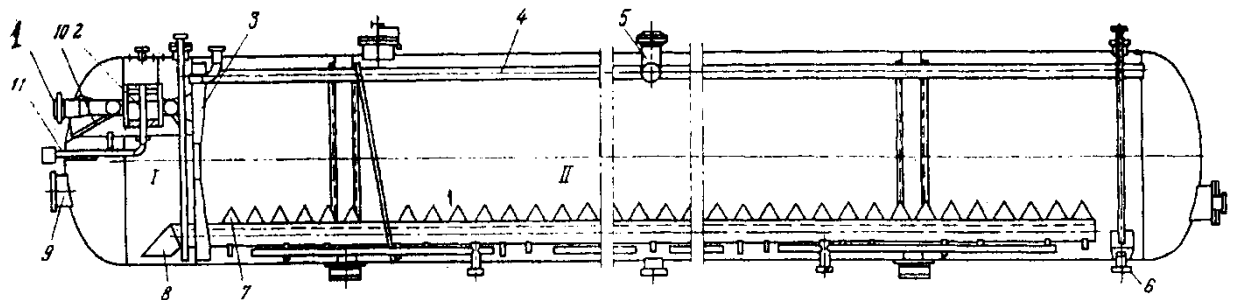


Рис. 1.4. Відстійник ОГ-200С

Лівий і правий відсіки сполучаються між собою за допомогою двох розподільників, що є сталевими трубами 8 із зовнішнім діаметром 426 мм, що оснащені отворами у верхній частині. Над отворами розподільників розташовуються розподільники емульсії коробчастої форми 7, що мають на своїх бічних гранях отвори.

У верхній частині відсіку сепарації знаходиться сепаратор газу 2, з'єднаний зі штуцером виходу газу 10, розташованим в лівому днищі.

У верхній частині правого відсіку розміщені чотири збірки нафти 4, з'єднані з колектором і штуцером виходу нафти, що відстояла. У нижній частині цього відсіку є штуцер 6 для видалення води, що відокремилася.

Підігріта нафтова емульсія через штуцер 1 надходить у розподільник, розташований у верхній частині відсіку сепараційного 1. При цьому з обводненої нафти виділяється частина газу, що знаходиться в ній як у вільному, так і в розчиненому стані. Газ, що відокремився через штуцер 10 скидається в збірну мережу. Рівень рідини в сепараційному відсіку регулюється за допомогою регулятора між фазного рівня, механізм поплавця якого врізається в люк 9. Дегазована нафта з сепараційного відсіку надходить у два колектора 8, що знаходяться в відстійному відсіку 11.

З колекторів нафта надходить під коробчасті розподільники і через отвори, просвердлені в їх бокових поверхнях, прямує тонкими струмками під рівень пластової води у відсіку. Завдяки наявності коробчастих розподільників нафта набуває вертикального руху значною площею агрегату. Зневоднена нафта спливає нагору і надходить у збірники 4, розташовані у верхній частині відстійного відсіку, і через штуцер 5 виводиться з апарату. Відокремлена від нафти пластова вода надходить у праву частину відстійника і через штуцер 6 за допомогою поплавкового регулятора між фазного рівня скидається до системи підготовки промислових вод.

Відстійник ОГ-200С поставляється комплектно з контрольно-вимірювальними приладами, що дозволяють здійснювати автоматичне регулювання рівнів розділу «нафта-газ» та «нафто-пластова вода» у відсіках, а також місцевий контроль за тиском середовища в апараті, рівнями розділу «нафта-газ» і «нафта - пластова вода». Відбійні пристрої призначені для гасіння кінетичної енергії струменів емульсії, що впливає, рівномірного розподілу їх за перерізом

Технічні характеристики відстійника ОГ-200С наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1. Технічні характеристики відстійника ОГ-200С

Пропускна здатність товарної нафти, т/добу	4000 ÷ 8000
Робоче середовище	нафта, газ, пластова вода
Робочий тиск, МПа	0.6
Температура середовища, °С	до 100
Об'єм апарату, м ³	200
Габарити, мм:	
довжина	25420
ширина	6660
висота	5780
Маса, кг	48105

1.5. Гравітаційний поділ водо – нафтових емульсій

Успішному гравітаційному поділу може бути піддана, як правило, тільки зруйнована водо - нафтова емульсія, або емульсія у якої ще не встиг сформуватися захисний шар.

Суть методу зводиться до змішування вихідної емульсії з деемульгатором, приміщенні її у спеціальний апарат і витримуванні у ньому протягом інтервалу часу, достатньому для розшарування.

Досвідченим шляхом встановлено, що холодний відстій ефективний лише тому випадку, якщо час відстою при температурі 30 – 40 °С не перевищує 2,5 – 4 годин, а витрата деемульгатора, який забезпечує залишковий вміст води порядку 0,2 – 1,0 % об. , а солей 50 – 1000 мг/л, не перевищує 20 – 30 г/т.

Розрізняють холодний відстій при атмосферному тиску (резервуари) та відстій під підвищеному тиску. Вочевидь, останній ефективніший, оскільки газ не тільки сприяє турбулізації потоку всередині апарату, у результаті чого порушується цілісність захисних оболонок, а й безпосередньо розчиняє багато компонентів із цих оболонок, не кажучи вже про зниження в'язкості

дисперсійної середовища в емульсії типу В/Н. Щоправда, спорудження дуже об'ємного апарату, здатного працювати під тиском – нелегке завдання. Тому доводиться обмежувати його об'єм часом відстою порядку 1 години, а це при високій пропускній спроможності знижує якість одержуваних продуктів. В результаті доводиться застосовувати, як правило, комбінацію цих апаратів - під тиском для відділення основної кількості води, і резервуари для остаточного відстою.

У будь-якому випадку час відстою монодисперсної емульсії можна розрахувати за формулою Стокса:

$$\tau = \frac{H}{v} \quad (1.1)$$

де: H – висота шару емульсії;

v – швидкість седиментації.

Причому:

$$v = \frac{d^2 \cdot (\rho_1 - \rho_2) \cdot g}{18 \cdot \mu_2} \quad (1.2)$$

де: індекс 1 відноситься до дисперсної фази, а індекс 2 - до дисперсійного середовища.

Застосування формули Стокса ґрунтується на припущенні, що глобули дисперсної фази поведуться як тверді кульки, що більш ніж умовно.

Тому для реальної монодисперсної емульсії рекомендується наступна формула:

$$v = \frac{2 \cdot r^2 \cdot (\rho_1 - \rho_2) \cdot g}{3 \cdot \mu_2} \cdot \frac{\mu_1 + \mu_2}{3 \cdot \mu_1 + 2 \cdot \mu_2} \quad (1.3)$$

Зрештою, швидкість седиментації полідисперсної емульсії можна виразити рівнянням:

$$v = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{8 \cdot \pi}{27 \cdot \mu_2 \cdot V} \cdot g \cdot n_i \cdot r_i^5 \cdot (\rho_1 - \rho_2) \quad (1.3)$$

де: V – обсяг емульсії;

n_i – число частинок i -го розміру.

При ламінарному режимі осадження крапель діаметром менше 0,1 мм пропускну здатність апарату можна оцінити за формулою:

$$Q_{\text{л}} = \frac{g \cdot d^2 \cdot \Delta\rho \cdot L \cdot \left\{ \pi \cdot R^2 + 2 \cdot \left[R + \sqrt{h \cdot (2 \cdot R - h)} \right] \cdot (R - h) \right\}}{36 \cdot R \cdot \nu \cdot \rho_{\text{н}}} \quad (1.3)$$

де:

d – діаметр глобул пластової води;

$\Delta\rho$ – різниця щільностей води та нафти;

L – довжина апарату;

R – радіус апарату;

h – висота водяної подушки;

ν – кінематична в'язкість нафти.

З формули (1.3) ясно видно вирішальну роль діаметра глобул води.

При збільшенні розмірів глобул до 0,1 мм і більше режим осадження стає перехідним і може бути описаний таким виразом:

$$Q_{\text{н}} = \frac{2,75 \cdot L \cdot R \cdot \sqrt{g \cdot d \cdot \Delta\rho}}{\sqrt{\rho_{\text{н}}}} \quad (1.4)$$

Не зважаючи на те, що вплив діаметра крапель у разі істотно нижче, сама величина $Q_{\text{п}}$ щонайменше ніж на 2 порядки перевищує $Q_{\text{л}}$.

В результаті можна зробити практичні висновки:

1. Необхідно здійснювати попереднє укрупнення крапель дисперсної фази до введення емульсії у зону відстою.
2. Необхідно забезпечувати рівномірне введення емульсії по перерізу апарату, а також рівномірний відбір нафти та води.
3. Необхідно підтримувати низький рівень водяної подушки або практично виключити її, відмовившись від операції «промивання» емульсії

через шар дренажної води. Зрозуміло, в цьому випадку не йдеться про «промивання» через шар прісної води для видалення солей.

Причому, якщо для реалізації 2 і 3 пунктів досить нехитрих конструктивних та технологічних прийомів, то для здійснення 1 вимоги довелося розробити спеціальні апарати, що отримали назву коалесценторів, тобто. пристроїв, здатних зруйнувати бронюючі оболонки (поряд з деемульгатором), укрупнити глобулу і викликати попереднє розшарування потоку.

1.6. Розрахунок відстійника

Для розрахунку необхідної кількості відстійників необхідно визначити мінімальний діаметр апарату та мінімальну довжину зони відстою.

Мінімальний діаметр відстійника для забезпечення ламінарного перебігу емульсії ($Re \leq 2300$) визначається за формулою:

$$D_{\min} = \frac{4 \cdot V_{\text{вх}} \cdot \rho_{\text{ем}}}{2300 \cdot \pi \cdot \mu_{\text{ем}}} \sqrt{\frac{\pi}{f(\varepsilon)}}, \text{ м}$$

де $V_{\text{вх}}$ – об'ємна витрата емульсії на вході у відстійник, $\text{м}^3/\text{с}$;

$\rho_{\text{ем}}$ – щільність емульсії, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$\mu_{\text{ем}}$ – динамічна в'язкість емульсії, $\text{Па} \cdot \text{с}$;

$f(\varepsilon)$ – функція відносної висоти водяної подушки в зоні відстою:

$$f(\varepsilon) = 0,5 \cdot \pi + (1 - \varepsilon) \cdot \sqrt{\varepsilon \cdot (2 - \varepsilon)} + \arcsin(1 - \varepsilon),$$

де $\varepsilon = \frac{h_g}{R}$ – відносна висота водяної подушки, м;

h_g – висота водяної подушки, м;

R – радіус відстійника, м.

Встановлено, що пропускна здатність відстійника максимальна при $\varepsilon = 0,46$. Тоді $f(\varepsilon) = 2,596$.

З матеріального балансу стадії попереднього зневоднення нафти випливає, що у апарат надходить емульсія у кількості $G_p = 521480,79 \text{ кг/год}$.

Щільність емульсії $\rho_{\text{эм}} = 902,3 \text{ кг/м}^3$.

Об'ємна витрата емульсії:

$$V_{\text{вх}} = \frac{521480,79}{902,3} = 577,95 \text{ м}^3/\text{год} = 0,161 \text{ м}^3/\text{с}.$$

В'язкість емульсії $\mu_{\text{эм}} = 25,17 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$.

Мінімальний діаметр відстійника складатиме:

$$D_{\text{мін}} = \frac{4 \cdot 0,161 \cdot 902,3}{2300 \cdot 3,14 \cdot 25,17 \cdot 10^{-3}} \sqrt{\frac{3,14}{2,596}} = 3,52 \text{ м}.$$

Розрахунок показав, що забезпечення ламінарного руху емульсії необхідний мінімальний діаметр відстійника 3,52 м. Але максимальний діаметр стандартного відстійника становить лише 3,4 м, тому для забезпечення ламінарного режиму необхідно розділити вхідний потік на два паралельні потоки. Тоді витрата емульсії для одного потоку складатиме:

$$V_{\text{вх}}^1 = \frac{0,161}{2} = 0,0805 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Мінімальна довжина зони відстою для забезпечення необхідного часу осадження крапель води визначається за такою формулою:

$$L = \frac{h_{\text{ос}} \cdot \omega_{\text{ср}}}{\omega_{\text{ос}}}, \text{ м}.$$

де $h_{\text{ос}}$ – висота зони відстою, м;

$\omega_{\text{ср}}$ – середня горизонтальна швидкість руху емульсії в апараті, м/с;

$\omega_{\text{ос}}$ – швидкість стисненого осадження крапель води, м/с.

Висота зони відстою $h_{\text{ос}}$ визначається наступним чином. Раніше було встановлено, що:

$$\varepsilon = \frac{h_g}{R} = 0,46.$$

При стандартному діаметрі відстійника $D = 3,4$ м його радіус становитиме:

$$R = \frac{3,4}{2} \text{ м.}$$

Висота водяної подушки:

$$h_g = \varepsilon \cdot R = 0,46 \cdot \frac{3,4}{2} = 0,782 \text{ м.}$$

Висота зони відстою:

$$h_{oc} = D - h_g = 3,4 - 0,782 = 2,62 \text{ м.}$$

Середня горизонтальна швидкість руху емульсії визначається як середнє арифметичне швидкостей на вході та виході:

$$\omega_{cp} = \frac{\omega_{ex} + \omega_{vux}}{2}$$

$$\omega_{ex} = \frac{V_{ex}^1}{S} \text{ м.}$$

$$\omega_{vux} = \frac{V_{vux}^1}{S}.$$

де V_{ex}^1 і V_{vux}^1 – об'ємна витрата емульсії на вході в апарат і на виході з нього, $\text{м}^3/\text{с}$;

S – площа поперечного перерізу для проходу емульсії в апараті, м^2 .

У нашому випадку $V_{vux}^1 = 0,0805 \text{ м}^3 / \text{с}.$

З матеріального балансу стадії попереднього зневоднення випливає, що сумарна масова витрата емульсії на виході становить $G_{\text{вих}} = 378595,05$ кг/год. Для одного паралельного потоку:

$$G_{\text{вих}}^1 = \frac{G_{\text{вих}}}{2} = \frac{378595,05}{2} = 189297,5 \text{ кг / год.}$$

Для визначення об'ємної витрати емульсії визначаємо щільність емульсії на виході, що складається з 95% нафти та 5% води:

$$\rho_{\text{ем}}^{20} = \frac{1}{\frac{0,95}{869} + \frac{0,05}{1004}} = 875 \text{ кг / м}^3.$$

$$\alpha = 0,001838 - 0,00132 \cdot 0,875 = 0,000683$$

$$\rho_4^{25} = 0,875 - 0,000683 \cdot (25 - 20) = 0,8715$$

Таким чином, абсолютна густина емульсії на виході при 25 °С становить $\rho_{\text{ем}}^{25} = 871,5 \text{ кг / м}^3$. Об'ємна витрата емульсії для одного потоку на виході:

$$V_{\text{вих}}^1 = \frac{189297,5}{871,5} = 217,21 \text{ м}^3 / \text{год} = 0,0603 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Площа поперечного перерізу для проходу емульсії:

$$S = \frac{\pi \cdot D_{\text{екв}}^2}{4}$$

де $D_{\text{екв}}$ – еквівалентний діаметр поперечного перерізу для проходу емульсії, м.

Діаметр відстійника D та еквівалентний діаметр $D_{\text{екв}}$ – пов'язані співвідношенням:

$$D = D_{екв} \sqrt{\frac{\pi}{f(\varepsilon)}}$$

При $f(\varepsilon) = 2,596$ і $D = 3,4$ м:

$$D_{екв} = \frac{D}{\sqrt{\frac{\pi}{f(\varepsilon)}}} = \frac{3,4}{\sqrt{\frac{3,14}{2,596}}} = 3,09 \text{ м}$$

$$S = \frac{3,14 \cdot 3,09^2}{4} = 7,5 \text{ м}^2$$

$$\omega_{вх} = \frac{0,0805}{7,5} = 0,01 \text{ м/с}$$

$$\omega_{вих} = \frac{0,0603}{7,5} = 0,008 \text{ м/с}$$

$$\omega_{ср} = \frac{0,01 + 0,008}{2} = 0,009 \text{ м/с}$$

Швидкість стисненого осадження крапель води розраховується на основі рівняння Стокса:

$$\omega_{ос} = \frac{d^2 \cdot g \cdot (\rho_{в} - \rho_{н}) \cdot (1-B)^{4,7}}{18 \cdot \mu_{н}}$$

де $(1-B)^{4,7}$ – коефіцієнт, що враховує стисненість осадження крапель води;

B – масова частка води в емульсії;

d – діаметр крапель води, м;

$\rho_{в}$ і $\rho_{н}$ – щільність води та нафти відповідно, кг/м³;

μ_n – динамічна в'язкість нафти, Па·с.

Встановлено, що діаметр крапель води в емульсіях, попередньо оброблених деемульгатором, становить $(300-350) \cdot 10^{-6}$ м. Прийmemo $d = 300 \cdot 10^{-6}$ м.

Вміст води в емульсії на вході у відстійник становить 31 % мас., на виході 5 % мас. Середнє значення вмісту води в емульсії в апараті складатиме:

$$W_{cp} = \frac{31 + 5}{2} = 18\% \text{ мас.}$$

Або середня частка води $B = 0,18$

Визначаємо відносну щільність нафти при 25 °С:

$$\alpha = 0,001838 - 0,00132 \cdot 0,869 = 0,000691$$

$$\rho_4^{25} = 0,869 - 0,000691 \cdot (25 - 20) = 0,8655$$

Абсолютна щільність нафти $\rho_n = 865,5 \text{ кг/м}^3$.

Динамічна в'язкість нафти при 25 °С становить $\mu_n = 10,32 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$.

Швидкість осадження крапель води:

$$\omega_{oc} = \frac{(300 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 9,81 \cdot (1004 - 865,5) \cdot (1 - 0,18)^{4,7}}{18 \cdot 10,32 \cdot 10^{-3}} = 0,000259 \text{ м/с}$$

Мінімальна довжина зони відстою:

$$L = \frac{2,62 \cdot 0,009}{0,000259} = 91,04 \text{ м}$$

Прийmemo відстійник типу ОГ-200 з характеристиками:

- Об'єм $V = 200 \text{ м}^3$;
- Внутрішній діаметр $D_{в.} = 3,4 \text{ м}$.
- Внутрішня довжина $L_{омс} = 22,04 \text{ м}$.

Необхідна кількість апаратів для забезпечення мінімальної довжини зони відстою:

$$n = \frac{L}{L_{отс}} = \frac{91,04}{22,04} = 4,13$$

Оскільки попередньо потік емульсії був розбитий на два, загальна кількість необхідних відстійників складе:

$$n = 4,13 \cdot 2 = 8,3 \approx 9$$

При паралельному підключенні всіх дев'яти відстійників до кожного надходитиме наступна кількість емульсії:

$$V_{отс} = \frac{V_{ex}}{n} = \frac{0,161}{9} = 0,0179 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Перевіряємо максимально можливу пропускну здатність одного відстійника для забезпечення ламінарного режиму:

$$V_{max} = \frac{2300 \cdot D_{экв} \cdot \pi \cdot \mu_{эм}}{4 \cdot \rho_{эм}} = \frac{2300 \cdot 3,09 \cdot 3,14 \cdot 25,17 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 902,3} = 0,156 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Оскільки $0,0179 \text{ м}^3/\text{с} < 0,156 \text{ м}^3/\text{с}$, тобто $V_{отс} < V_{max}$, ламінарний режим руху емульсії у відстійниках забезпечений.

2. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВІДСТОЮВАННЯ ВОДО НАФТОВОЇ СУМІШІ НА НАФТОГАЗОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

2.1. Аналіз об'єкту автоматизації

В результаті роботи установки попереднього скидання води на нафтопромислі відбувається розподіл продукції свердловин на нафту, газ і воду, а також на залишкові механічні домішки, що подаються в ємність.

Ємність для відстоювання являє собою цільнозварний горизонтальний порожнистий металевий резервуар з конічними днищами та люками. Через люки здійснюються ремонтні, профілактичні роботи, а також злив і забір рідин, що зберігаються (рис. 2.1) [7]. Ємності використовуються в різних галузях нафтопереробної промисловості та підприємств газодобувного комплексу. З технологічних мереж у ємності для відстоювання зливають для тимчасового зберігання нафтопродукти, нафту, конденсат, масло, воду, кислоти, луги. Підземна ємність вважається найнадійнішою та зручнішою конструкцією для зберігання палива чи організації запасу води для технологічних та протипожежних потреб.



Рис. 2.1. Ємність для відстоювання водо нафтової суміші

Характеристики: ємність для відстоювання водо нафтової суміші Е-4, об'єм $V = 63 \text{ м}^3$, $D = 3000 \text{ мм}$, $L = 9250 \text{ мм}$, тиск нагнітання насоса $P1 = 3.5 - 4.0 \text{ МПа}$, контрольована температура $T = 5 - 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$, рівень шламу $300 - 260 \text{ мм}$.

Призначення та цілі створення АСУ ТП

Система призначена для автоматизації технологічного процесу відстоювання водо нафтової суміші на установці попереднього скидання води.

Об'єктами управління є технологічне та допоміжне обладнання ємності для відстоювання водо нафтової суміші.

Комплект засобів та приладів автоматизації передбачає:

- контроль основних параметрів ємності, їх реєстрацію, необхідну сигналізацію та захист;
- відключення та включення насосного агрегату при необхідності;
- регулювання подачі водо нафтової суміші засувкою;
- дистанційний запуск допоміжних систем та відкриття засувки на технологічних трубопроводах.

Система створюється з метою підвищення ефективності та якості процесу, надійності та безаварійної роботи за рахунок:

- отримання достовірної інформації з ємності для відстоювання водо нафтової суміші;
- автоматизації роботи розвантаження ємності для відстоювання водо нафтової суміші;
- збільшення точності та результативності вимірювання параметрів технологічних процесів;
- впровадження математичних методів контролю та управління технологічними процесами та об'єктами;
- автоматизованого контролю стану ємності для відстоювання водо нафтової суміші.

Характеристика об'єктів автоматизації

Умови експлуатації об'єктів автоматизації:

- помірно волога географічна зона з довгими зимами та високим середньорічним рівнем опадів;

- діапазон температур від мінус 60 °С до 60 °С.

До складу системи входять

- насос;
- регулюючий клапан з електроприводом;
- запірна арматура;
- датчик температури;
- рівнеміри;
- сигналізатор рівня;
- датчики тиску;
- витратоміри.

Вимоги до інформаційного забезпечення системи

Вимоги до інформаційного забезпечення має достатньо для реалізації і виконання всіх завдань і функцій комплексу за допомогою вихідних і вхідних даних і сигналів.

Набір інформаційних масивів у структурі кожного елемента об'єкта повинен містити дані, достатні для опису всього об'єкта, події чи процесу у межах контролю та управління цим компонентом комп'ютерної мережі.

Необхідний інтерфейс оператора АСУТП має бути реалізований на АРМ оператора АСУТП.

Інформаційний тип інтерфейсу оператора АСУТП повинен нести інформацію про стан контролюваного об'єкта:

- температуру вмісту ємності для відстоювання водо нафтової суміші,
- тиск і витрату на вході та вихід ємності для відстоювання водо нафтової суміші,
- рівень вмісту ємності для відстоювання водо нафтової суміші;
- рівень межі середовищ.

Вимоги до технічного забезпечення АСУТП

Побудова комплексу має бути проведена на базі вказаних нижче програмно-технічних комплексів:

- контрольно-вимірювальних приладів і автоматики (КВП і А);
- програмованого логічного контролера (ПЛК) чи підсистеми управління;
- диспетчерський пункт;
- мережеве обладнання.

Засоби дистанційного контролю та управління ємністю для відстоювання водо нафтової суміші повинні бути розташовані у приміщенні операторної. Первинні засоби контролю, апаратура місцевого управління та сигналізації повинні розміщуватись на технологічному обладнанні або на металоконструкціях у обладнання.

До складу ПЛК, що використовуються системою, повинна входити модульна архітектура, яка, у свою чергу, використовує довільне розташування каналів введення/виводу. Захист від перевантажень та імпульсних перешкод потрібні для кожного використовуваного контролера.

Усі необхідні засоби вимірювань, які використовуються системою, повинні відповідати сертифікату, який затверджено Держстандартом України, що містить типи засобів вимірювань.

Корозійностійкі матеріали повинні використовуватися у складі чутливих датчиків КВП і А у випадку їх зіткнення з агресивними середовищами, при цьому електротехнічні пристрої, які розташовуються в зонах з підвищеною вибухонебезпечністю, зобов'язані задовольняти класу зони, групі та категорії вибухонебезпечної суміші. Також ці пристрої повинні мати дозвіл на застосування від Держтехнагляду. При цьому надійність датчиків повинна бути на високому рівні і відповідати зазначеному часу напрацювання на відмову 100 тисяч годин і терміном застосування 10 років більше.

Розвиток системи, її модернізація, поліпшення та нарощування має бути допущено комплексом програмно-технічних засобів та мати не менше 10% резерв по каналах введення та виведення.

Захист від вологи та пилу, всіх технічних засобів, що використовуються, повинен відповідати ступеню IP 56 або вище.

Для обробки сигналів, що надходять з засобів вимірювання, і управління заданими параметрами підсистеми управління повинні бути оснащені наступними модулями:

- введення дискретних сигналів та виведення аналогових струмових сигналів;
- введення сигналів діапазону 4-20 мА із вбудованими бар'єрами іскрозахисту (при розміщенні на вибухонебезпечній або пожежонебезпечній ділянці);
- виведення дискретних керуючих сигналів (модуль керуючих впливів);
- виведення аналогових струмових сигналів (модуль керуючих впливів);
- введення по інтерфейсу Ethernet від мікропроцесорних периферійних пристроїв.

2.2. Функціональна схема системи

Функції, що виконується системою:

- контроль та вимірювання температури водо нафтової суміші всередині ємності;
- контроль та вимірювання тиску на вході ємності для відстоювання водо нафтової суміші;
- контроль та вимірювання тиску на виході ємності для відстоювання водо нафтової суміші;
- управління включенням та вимкненням насоса;
- керування регулювальною засувкою на виході насоса;

- контроль та вимірювання рівня вмісту всередині ємності для відстоювання водо нафтової суміші;
- контроль та вимірювання межі середовищ вмісту всередині ємності для відстоювання водо нафтової суміші;
- відображення технологічних параметрів у диспетчерському пункті;
- дистанційне, автоматичне та ручне керування регуляторами, насосами запірними клапанами та засувками;
- зв'язок з АСУ верхнього рівня.

Функціональна схема автоматизації визначає функціонально-блочну структуру та функціональні зв'язки систем автоматичного регулювання, контролю, блокувань, сигналізації та управління, що впливають в єдину систему за допомогою функціональних ліній.

Функціональна схема автоматизованої системи управління технологічним процесом відстоювання водо нафтової суміші на нафтогазовому підприємстві наведена на рис. 2.2.

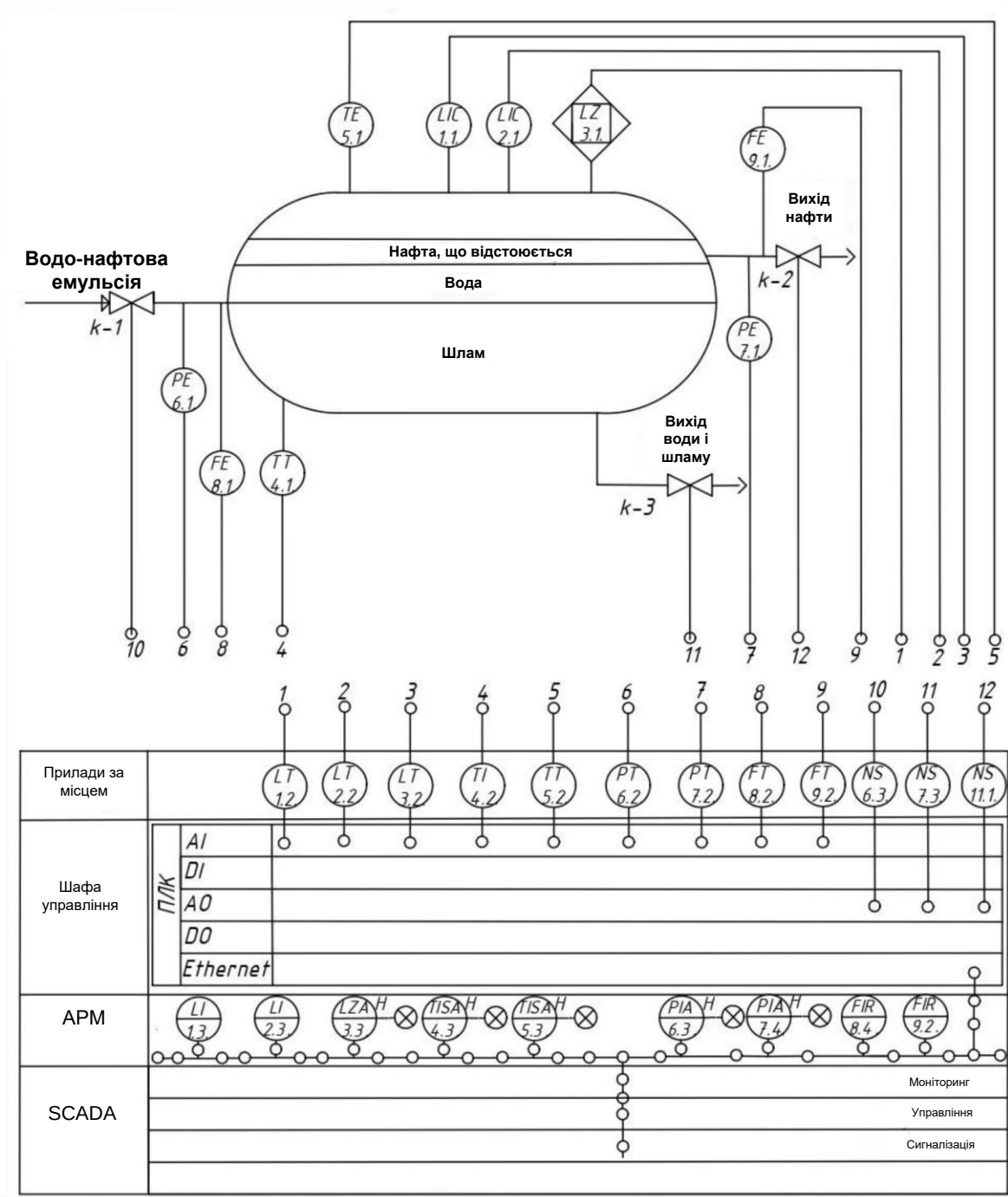
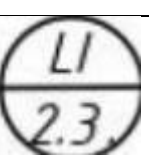
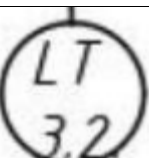


Рис. 2.3 Функціональна схема автоматизованої системи управління технологічним процесом відстоювання водо нафтової суміші на нафтогазовому підприємстві

Перелік датчиків, що використовуються у системі наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Перелік датчиків, що використовуються у системі

Позначення	Призначення
	Прилад для вимірювання рівня реєструючий і регулюючий
	Прилад для вимірювання рівня в ємності безшкальний із дистанційною передачею показань, встановлений за місцем.
	Прилад для вимірювання і показу рівня, встановлений за місцем.
	Прилад для вимірювання рівня в ємності безшкальний із дистанційною передачею показань, встановлений за місцем.
	Прилад для вимірювання і показу рівня, встановлений за місцем.
	Прилад для вимірювання рівня реєструючий і регулюючий
	Прилад контролю рівня в системі протиаварійного захисту
	Прилад для вимірювання рівня в ємності безшкальний із дистанційною передачею показань, встановлений за місцем.
	Аварійна сигналізація верхнього рівня

	Прилад для вимірювання температури безшкальний із дистанційною передачею показань, встановлений за місцем.
	Прилад для вимірювання і показу температури, встановлений на щиті.
	Прилад для вимірювання температури з контактним пристроєм, установлений по міс з сигналізацією верхнього значення встановлений на щиті
	Первинний вимірювальний перетворювач (чутливий елемент) для вимірювання температури, встановлений за місцем.
	Прилад для вимірювання температури безшкальний із дистанційною передачею показань, встановлений за місцем.
	Прилад для вимірювання температури з контактним пристроєм, установлений по міс з сигналізацією верхнього значення встановлений на щиті
	Первинний вимірювальний перетворювач (чутливий елемент) для вимірювання тиску, встановлений за місцем.
	Прилад для вимірювання тиску (розрідження) безшкальний із дистанційною передачею показань, встановлений за місцем.
	Пускова апаратура для керування електродвигуном
	Первинний вимірювальний перетворювач (чутливий елемент) для вимірювання тиску, встановлений за місцем.

	Прилад для вимірювання тиску (розрідження) безшкальний із дистанційною передачею показань, встановлений за місцем. .
	Прилад для вимірювання і показу тиску з контактним пристроєм, встановлений на щиті.
	Первинний вимірювальний перетворювач (чутливий елемент) для вимірювання витрати, встановлений за місцем.
	Прилад для вимірювання витрати безшкальний із дистанційною передачею показань, встановлений за місцем.
	Прилад для вимірювання витрати з реєстрацією
	Первинний вимірювальний перетворювач (чутливий елемент) для вимірювання витрати, встановлений за місцем.
	Прилад для вимірювання витрати безшкальний із дистанційною передачею показань, встановлений за місцем.
	Прилад для вимірювання витрати з реєстрацією
	Прилад для вимірювання і показу тиску з контактним пристроєм, встановлений на щиті.
	Пускова апаратура для керування електродвигуном

	Пускова апаратура для керування електродвигуном
---	---

2.3. Розробка структурної схеми АСУ

Об'єктом керування є ємність для відстоювання водо нафтової суміші. У ході технологічного процесу відбувається замір рівня вмісту в ємності та проводиться облік межі середовищ: шлам-вода, вода-нафта. А також відбувається замір тиску та витрати на вході та виході ємності та вимірюється температура вмісту.

У ролі виконавчого механізму виступає клапан із електроприводом, до складу якого входить асинхронний двигун. HART-протокол використаний як зв'язок засобів КВП і контролера.

Три рівнева структурна схема АСУ ТП показана на рис. 2.4.

Польовий рівень включає засоби КВП і А - виконавчі механізми і датчики. Для створення АСУ ємності для відстоювання водо нафтової суміші необхідне використання датчиків температури, рівня, тиску, витрати і, зокрема, виконавчих пристроїв, представленими клапанами з електроприводом.

Наступний рівень - контролерний, який представлений локальним ПЛК з додатковими модулями вводу/виводу, які служать розширення системи. Поточний рівень забезпечує обмін інформацією з диспетчерським пунктом, а також відтворює збір даних із датчиків та автоматично регулює клапанами.

Заключний рівень - інформаційно-обчислювальний, який включає контролер для комутації, який служить в ролі комп'ютера і сервера бази даних, а також для обробки отриманих даних з попереднього рівня і підтримки єдиного часу системи і підсистем. На цьому рівні (з допомогою локальної мережі Ethernet) відбувається зв'язок всіх пристроїв, включаючи АРМ операторів, і навіть надходять дані з контролерного рівня.

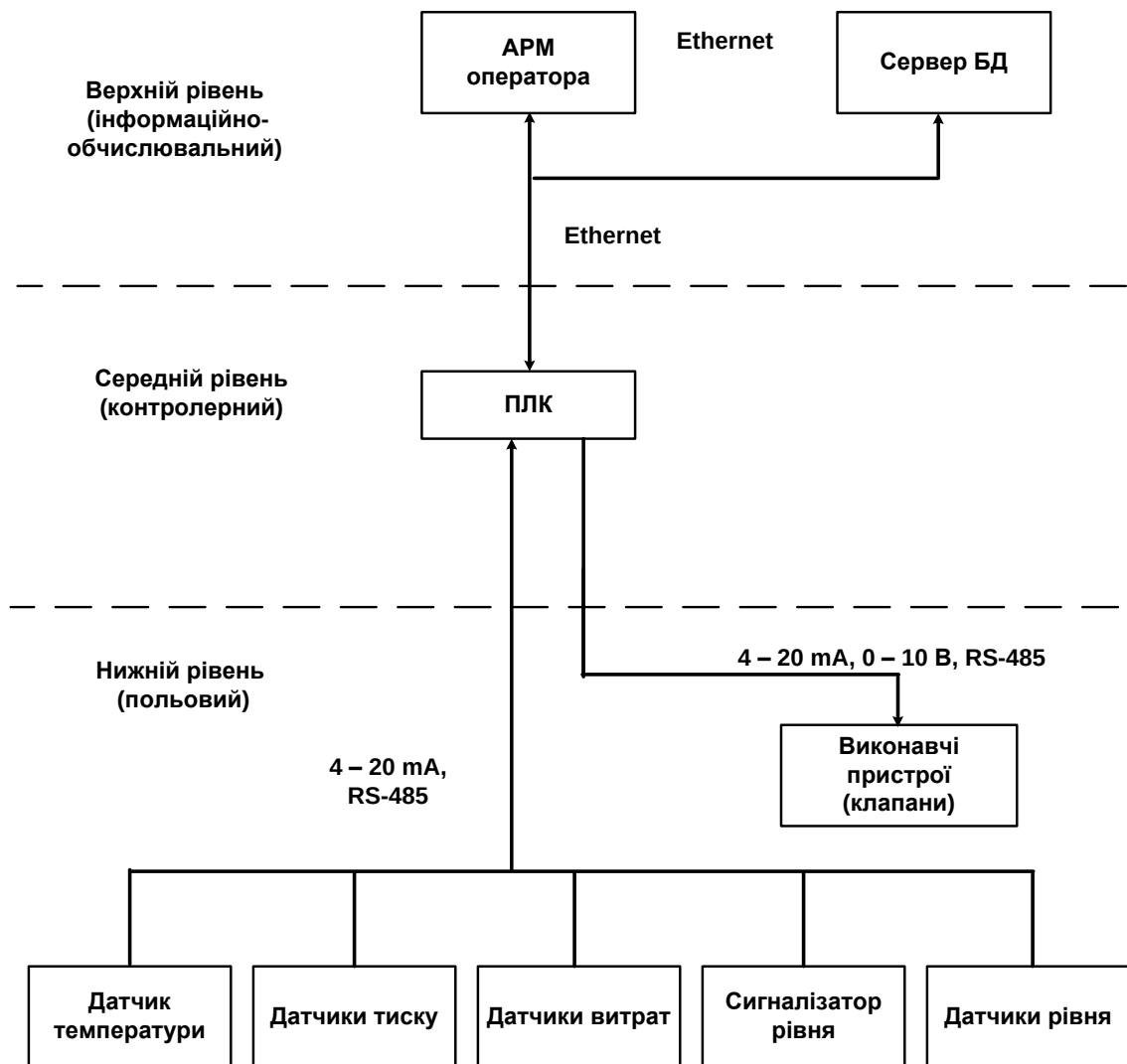


Рис. 2.4 Структурна схема АСУ ТП

2.4. Елементна база системи

2.4.1. Контролер Mitsubishi Electric FX2N

Програмований контролер Mitsubishi FX2N-128MR-ES/UL - це модуль серії Melsec FX, що складається з 128 входів/виходів (рис. 2.5.). Загалом серія ПЛК FX1S дозволяє використовувати контролери з 10-30 точками входу/виходу [8]. Передбачені варіанти як на різний тип вихідного сигналу

(реле або транзистор), так і різну напругу (100..240 VAC або 24 VDC). За бажанням замовника модулі можуть бути виготовлені за стандартом UL.



Рис. 2.5. Програмований контролер Mitsubishi FX2N-128MR-ES/UL

Особливості модуля FX2N-128MR-ES/UL

- Високошвидкісні лічильники імпульсів сигналів: можливість вибору між двома лічильниками із частотою сигналу до 60 кГц або чотирма із частотою до 10 кГц.
- Енергонезалежна пам'ять типу EEPROM.
- Об'єм пам'яті 8000 операцій.
- Вбудований таймер з можливістю відображення годинника реального часу.
- Відображення стану входів/виходів за допомогою світло діодів.
- Можливість підключення модулів розширення входів/виходів зі збільшенням точок до 256.
- Зручна оболонка для програмування контролерів

- Зменшений час виконання операцій.

•Для керування сервомоторами та кроковими двигунами в модулях FX2N передбачені два імпульсні виходи з вихідною частотою сигналу від 2 Гц до 20 кГц; також дані вихідні сигнали можуть налаштовуватися на функцію розгону/гальмування.

- Внутрішній порт для зв'язку з ПК.

•Серія контролерів FX2N забезпечена можливістю встановлення другого порту RS232/RS422/RS485 для зв'язку контролера з комп'ютером або підключення ПЛК до мережі. Також може бути встановлений адаптер, що складається з восьми потенціометрів.

Технічні характеристики контролера Mitsubishi FX2N-128MR-ES/UL наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 Загальні характеристики контролера Mitsubishi FX2N-128MR-ES/UL

Найменування		Опис
Кількість входів:	64	
Кількість виходів:	64	
Споживана потужність, Вт:	60	
Об'єм пам'яті:	8000 операцій	
Швидкість обробки команд:	0,55-0,7 мс/операція	
Температура навколишнього середовища:	0-55	
Відносна вологість:	35-85%	
Клас захисту	IP20	
Розміри, мм:	350x90x87	
Напруга живлення:	100..240 VAC	

Технічні характеристики контролера Mitsubishi FX2N-128MR-ES/UL наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 Технічні характеристики контролера Mitsubishi FX2N-128MR-ES/UL

Кількість входів/виходів	64/64
живлення	100 - 240 V AC (+10%/-15%), 50/60Hz ($\pm 10\%$)
Піковий струм при включенні	40 A / 5 ms (при 100 V AC); 60 A / 5 ms (при 200 V AC)
Максимальний допустимий час зникнення напруги	10 ms
Первинна напруга живлення	-
Джерело сервісної напруги (DC 24 V)	460 mA
Вбудовані входи	32
Вбудовані виходи	32
Тип виходу	Реле
Завадостійкість	1000 Vpp від генератора шуму тривалістю 1 мксек. при 30 - 100 Гц
Напруга пробою ізоляції	DC PSU: 500 V AC, 1 хв. AC PSU: 1,500 V AC, 1 хв.
Відносна вологість	35-85% (без конденсату)
Удароміцність	Відповідно до стандарту IEC/EN68-2-27: 15 G (по 3 рази у 3 напрямках протягом 11 мс)
Вібростійкість	Відповідно до стандарту IEC/EN68-2-6: 1 G (стійкість до вібрацій 57-150Гц протягом 80 хвилин за всіма 3 напрямами осей); 0,5 G під час

		монтажу на DIN-рейці	
Опір ізоляції		500 V DC, 5 MΩ	
Заземлення		Клас D: опір заземлення макс. 100 Ω	
Запобіжник		5 A	
Довкілля		Уникати середовищ, що містять корозійні гази, встановлювати в пилозахищеному місці	
Дані виходів	Макс. напруга, що комутується В		
	Макс. вихідний струм	- на канал А	2
		- на групу* А	8
	Комутована потужність	індуктивне навантаження	80 ВА
	Термін служби контакторів реле (циклів перемикання)**		3.000.000 при 20 ВА; 1.000.000 при 35 ВА; 200.000 при 80 ВА
	Швидкодія, мс		10
Потужність [ВА]		60	
Температура навколишнього середовища		0 - 55°C (температура зберігання: -20 - +70°C)	
Захист		IP 10	
Вага, кг]		1,0	
Розміри (ШхВхГ) [мм]		220x90x87	

2.4.2. Вибір датчика температури

Для контролю і спостереження за температурою вмісту в ємності для відстоювання водо нафтової суміші необхідно вибрати датчик температури. Було проаналізовано такі датчики:

- Rosemount 2240;
- SENS23 (Modbus);
- WIKA TR10-B.

Вимірювачі температури багатоточкові Rosemount 2240 (рис. 2.6) призначені для автоматичного вимірювання точкової та середньої температури нафти, нафтопродуктів і агресивних хімічних рідин у резервуарах.



Рис. 2.6 Датчик температури Rosemount 2240

Rosemount 2240 складається з електронного перетворювача 2240S і багато точкового датчика температури - 565 (NLI), 566 (NL-Cryo), 765 (WLS) [9].

Rosemount 2240 виконує перетворення вимірюваної температури в сигнал постійного струму (4 - 20) мА і цифровий сигнал стандарту HART.

Перетворювач температури SENS23 (рис. 2.7) здійснює безперервне вимірювання температури рідини, пари або газу для автоматичного контролю та регулювання технологічних процесів.

Забезпечує багато точкове вимірювання температури, видавання керівних сигналів у разі досягнення заданих порогових значень та/або в разі несправності, автоматичне регулювання температури.

Призначений для стаціонарної установки в приміщеннях і на відкритих майданчиках небезпечних виробничих об'єктів. Також SENS23 виконує постійне перетворення в уніфікований сигнал постійного струму (4 - 20) мА вимірюваної температури.



Рис. 2.7. Перетворювач температури SENS23 (Modbus)

Датчик температури WKA TR10-B (рис. 2.8) здійснює передачу інформації у вигляді уніфікованого сигналу постійного струму (4-20) мА, а також за допомогою HART-протоколу. Датчик використовується для надійних і точних вимірювань у складі АСУ ТП.



Рис. 2.8 Датчик температури WIKА TR10-B

Аналіз характеристик обраних датчиків температури наведено в табл.

2.4.

Таблиця 2.4. Аналіз характеристик датчиків температури

Технічний критерій	Значення		
	Rosemount 2240	SENS23	WIKА TR10-B
Діапазон вимірювань	(мінус 170 - 250) °C	(мінус 50 - 99) °C	(мінус 50 - 20) °C
Ступінь захисту корпусу датчика	IP66	IP66	IP65
Вихідний сигнал	HART, (4-20) мА	(4-20) мА, RS-485	HART, (4-20) мА
Термін служби	10	15	8
Довжина монтажної частини, мм	500	100	160
Клас допуску	A	A	B

З огляду на їхні характеристики, представлені в таблиці 3.3, було обрано Rosemount 2240 як датчик температури з оптимальними характеристиками, функціями і малою ціною порівняно з конкурентами. СЕНС ПТ (Modbus) не має можливості під'єднання за HART інтерфейсом,

що виключає його як бажаний вибір. WIKA TR10-B має менший термін служби.

2.4.3. Вибір датчика тиску

Для вимірювання тиску в дренажній ємності було обрано датчики вимірювання тиску і проводився він за такими параметрами:

- діапазон вимірювань;
- температура середовища;
- тип вихідного сигналу;
- похибка;
- ступінь захисту;
- температура навколишнього середовища.

Було розглянуто такі варіанти датчиків тиску: AMZ 5450, APZ 3420 х, APZ 3020, у таблиці 2.5 подано технічні характеристики датчиків тиску [10].

Таблиця 2.5 Технічні характеристики датчиків тиску

Датчик тиску	AMZ 5450	APZ 3420 х	APZ 3020
Діапазон вимірювань	(0 - 2,5) МПа	(0 - 60) МПа	(0 - 25) МПа
Температура середовища	(мінус 40 - 105) °C	(мінус 40 - 125) °C	(мінус 40 - 125) °C
Похибка	± 0.075 %	± 0.2 %	± 0.25 %
Вихідний сигнал	HART, (4-20) мА	HART, RS-485, (4-20) мА	(4-20) мА
Ступінь захисту	IP67	IP67	IP65
Температура навколишнього середовища	(мінус 40 - 105) °C	(мінус 50 - 85) °C	(мінус 50 - 85) °C
Ціна	18000	14700	18360

Після проведення порівняльного аналізу для вимірювання тиску в дренажній ємності було обрано датчик тиску APZ 3420 x (рис. 2.9), оскільки він найкращий із представлених датчиків тиску.

Верхня межа діапазону вимірювання тиску датчика найбільш близька до робочого тиску в дренажній ємності порівняно з розглянутими аналогами. А також APZ 3420 x має низьку ціну порівняно з аналогами.



Рис. 2.9 Датчик тиску APZ 3420 x

2.4.4 Вибір датчика витрати

Необхідно визначити витрату нафтошлему на вході дренажної ємності та витрату відстояної нафти на виході ємності. Під час вибору витратоміра для розроблюваної системи було враховано такі технічні характеристики:

- тиск вимірюваного середовища;
- температура вимірюваного середовища;
- температура навколишнього середовища;
- похибка;
- тип вихідного сигналу;

- ступінь захисту.

Розгляду підлягали три варіанти витратомірів: Katflow 150, Rosemount 870, GE Sentinel LCT4, технічні характеристики яких наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 Технічні характеристики витратомірів

Технічний критерій	GE Sentinel LCT4	Katflow 150	Rosemount 8700
Похибка	$\pm 0,5 \%$	$\pm 1 \%$	$\pm 0,25 \%$
Температура навколишнього середовища	(мінус 40 - 65) °C	(мінус 10 - 60) °C	(мінус 50 - 74) °C
Тип вихідного сигналу/використовуваний інтерфейс	(4-20) мА, HART	(4-20) мА, RS-485, HART	(4-20) мА, HART,
Ступінь захисту	IP65	IP66	IP67
Температура середовища	(мінус 29 - 140) °C	(мінус 30 - 250) °C	(мінус 29 - 177) °C
Тиск середовища	(0 - 4) МПА	(0 - 2) МПА	(0 - 40) МПА

Порівняльний аналіз показав, що витратомір Rosemount 8700 (рис. 2.10) найбільш підходящий для використання в автоматизованій системі дренажної ємності [11]. Точність Katflow 150 недостатня для нього використання в автоматизованій системі дренажної ємності, а датчик Sentinel не підійде за параметрами ступінь захисту та температура довкілля.

Технічні характеристики приладу Rosemount 8700 відповідають вимогам до технічного та метрологічного забезпечення. Принцип роботи: при взаємодії електропровідної рідини з магнітним полем виникає ЕРС, різниця потенціалів якої вимірюється перетворювачем за допомогою електродів витратоміра. Виміряна різниця потенціалів посилюється та

обробляється перетворювачем, після чого відбувається формування вихідних сигналів витратоміра.



Рис. 2.10 Датчик витрати Rosemount 8700

Обраний датчик витрати служить для вимірювання об'ємної витрати електропровідних рідин. Принцип роботи полягає в такому: Котушки збудження у витратомірі створюють магнітне поле. Перпендикулярно створеному полю рухається провідник, в якому створюється ЕРС. Різниця потенціалів ЕРС зі свого боку вимірюється перетворювачем, яка за допомогою підсилювача посилюється, далі обробляється і формується сигнал на виході витратоміра.

2.4.5. Вибір датчика рівня

Для підбору рівнемірів зробимо порівняння трьох датчиків різних виробників: FMR240 Endress+Hauser, Rosemount 5300, Vegason 62. Порівняння датчиків рівня наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 Порівняння характеристик рівнемірів

Технічні критерії	FMR240 Endress+Hauser	Rosemount 5300	Vegason 62
Похибка датчика	$\pm 0,25 \%$	$\pm 0,25 \%$	$\pm 0,10 \%$
Вимірюване середовище	Рідина	Рідина	Рідина, сипучі речовини
Діапазон вимірюваних рівнів, м	(0 - 10)	(0,1 - 50)	Рідина: (0,1 - 8), сипучий продукт: (0,4 - 3.5)
Вихідний сигнал/ інтерфейс	(4 - 20) мА	(4 - 20) мА, RS-485	(4 - 20) мА, HART
Ступінь захисту	IP54	IP66	IP67
Температура навколишнього середовища, °C	(мінус 80) +50 50	(мінус 40 - 80)	(мінус 40 - 80)

Як рівнемір будемо використовувати датчик рівня Vegason 62 (рис. 2.11), оскільки він має найкращий діапазон температур і широкий діапазон вимірювання [12]. Вихідні сигнали з цифровим інтерфейсом дадуть змогу проводити розширену діагностику та обслуговування приладу.



Рис. 2.11 Рівнемір Vegason 62

Обраний рівнемір фірми VEGA здатний проводити замір рівня як рідин, так і сипучих продуктів у різних ємностях і резервуарах. Працює він на основі ультразвукових імпульсів. Ці імпульси випускаються перетворювачем звуку і знову приймаються ним після відбиття від поверхні досліджуваного продукту. Час від передачі до приймання сигналу пропорційний рівню продукту в ємності.

2.4.6 Вибір рівнеміра, що визначає межу середовищ

Для підбору рівнемірів зробимо порівняння трьох датчиків різних виробників: Capanivo 7130, Rosemount 3302, Vibranivo 1030. Порівняння обраних рівнемірів наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 Порівняння характеристик рівнемірів

Критерії вибору	Capanivo 7130	Rosemount 3302	Vibranivo 1030
Вимірюване середовище	Рідини	Рідини, Шлами, пасти, Піна, Рідина/рідина	Сипучі продукти, Рідина / тверда речовина

Діапазон вимірюваних рівнів, м	(0 - 4)	(0,1 - 23,5)	(0 - 4)
Ступінь захисту	IP65	IP67	IP66
Похибка, %	$\pm 0,25$	$\pm 0,1$	$\pm 0,25$
Вихідний сигнал	(4 - 20) мА	(4 - 20) мА, HART, Modbus	(4 - 20) мА
Вибухозахищеність	+	+	+
Температура навколишнього середовища, °C	(мінус40 - 125)	(мінус 40 - 85)	(мінус 40 - 150)

Як рівнемір, що визначає межу середовищ, використовуватимемо Rosemount 3302 (рис. 2.12), оскільки він має найкращий діапазон температур і широкий діапазон вимірювання [13].



Рис. 2.12 Зовнішній вигляд рівнеміра Rosemount 3302

Принцип роботи полягає в такому: наносекундні імпульси невеликої потужності, що випускаються Rosemount 3302, прямують униз зондом, який, своєю чергою, опущено у вимірюване середовище. Коли імпульс досягає поверхні вимірюваного середовища, частина енергії імпульсу відбивається в протилежному напрямку. У цьому разі різниця в часі між

моментом передавання імпульсу і моментом приймання сигналу пропорційна відстані, на якій обчислюється рівень межі розділу між двома середовищами.

2.4.7. Вибір сигналізатора рівня

Для сигналізації рівня в дренажній ємності були обрані сигналізатори рівня. Вибір проводився за такими параметрами:

- матеріал;
- максимальна потужність;
- вихідний сигнал;
- температура контролюваного середовища;
- установка;
- ступінь захисту.

Було розглянуто три варіанти сигналізаторів: ELSm, ESP-50, UM18-211, у таблиці 2.9 подано технічні характеристики сигналізаторів рівня.

Таблиця 2.9 - Технічні характеристики сигналізаторів рівня

Сигналізатор рівня	ELSm	ESP-50	UM18-211
Вихідний сигнал	(4 - 20) мА	(4 - 20) мА, HART	(4-20) мА
Матеріал	Нержавіюча сталь	Нержавіюча сталь	Нержавіюча сталь
Максимальна потужність	6 Ватт	6 Ватт	6 Ватт
Температура контролюваного середовища	(мінус 20 - 120) °C	(мінус 40 - 200) °C	(мінус 50 - 80) °C
Установка	Вертикальна	Вертикальна, горизонтальна	Вертикальна
Ступінь захисту	IP44	IP67	IP68

За підсумком проведення порівняльного аналізу сигналізаторів рівня в дренажній ємності було обрано ELSm (рис. 2.13), оскільки він кращий порівняно з представленими аналогами завдяки можливості під'єднання до HART-протоколу, високому ступеню захисту й оптимальному діапазону температури контрольованого середовища. Сигналізатор служить для сигналізації та контролю рівня різних електропровідних і непровідних рідин і сипучих середовищ у резервуарах. Складається з корпусу з електронним блоком і чутливим зондом, встановлюється в різних положеннях. Сигналізатор може бути встановлений у корпус резервуара шляхом закручування кріплення в приварний монтажний адаптер.



Рис. 2.13 Сигналізатор рівня ESP-50

Закладна обраного сигналізатора рівня складається з монтажного адаптера (рис. 2.14), виконаного на приварній основі. Корпус виконано з неіржавкої сталі та стійкий до агресивних середовищ, а також через зручність встановлення сигналізатора рівня до дренажної ємності.



Рис. 2.14 Приварний монтажний адаптер з нержавіючої сталі NN-27×2, NN-G3/4"

2.4.8. Вибір виконавчих механізмів

2.4.8.1. Вибір насосного агрегату

Проведемо порівняльний аналіз таких насосів: ЕВНОП 5-30-1200, Н1В 14/80-9/100. Порівняння наведено в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 Порівняння характеристик насосів

Критерії вибору	ЕВНОП 5-30-1200	Н1В 14/80-9/100
Подача, м /год ³	1,25	10
Ступінь захисту	IP52	IP54
Частота обертання, об/хв	1000	1000
Споживана потужність, кВт	7,1	35
Температура середовища	(мінус 10 - 40)	(мінус 15 - 50)

Як насосне обладнання для відкачування відстояної нафти було обрано насос Н1В 14/80-9/100 (рис. 2.15). Цей насос має необхідні характеристики для поставленого завдання відкачування нафти.



Рис. 2.15 Насос Н1В одnogвинтовий занурювальний нафтовий

2.4.9. Вибір кабелю, що підігрівається

Проведемо порівняльний аналіз таких кабелів: SAMPEG 16-2CR, 33НТР2-ВР. Порівняння наведено в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 Порівняння характеристик кабелів

Критерії вибору	SAMPEG 16-2CR	33НТР2-ВР
Напруга живлення, В	(220-240)	(220-240)
Максимальна температура роботи, °C	65	65
Мінімальна температура роботи, °C	Мінус 15	Мінус 20
Лінійна потужність, Вт/м	15	30
Діапазон температури навколишнього середовища, °C	(мінус 50 - 50)	(мінус 60 - 55)

Як саморегулювальний нагрівальний кабель було обрано 33НТР2-ВР (рис. 2.16). Цей кабель підходить за всіма параметрами для обігріву дренажної ємності.



Рис. 2.16 Саморегулювальний кабель 33НТР2-ВР

2.5. Створення схеми зовнішніх проводок

Схему зовнішньої проводки зображено в додатку. Ця схема показує підключення нижчезазначених приладів:

1. APZ 3420 x;
2. Rosemount 2240;
3. Rosemount 3302;
4. Vegason 62;
5. Rosemount 870;
6. 33НТР2-ВР.

По три дроти використано як передачу від датчиків на щит КВП. Як кабель обраний КВВГЕнг (рис. 2.17). Даний кабель складається з жил

провідний струм, виконаних з міді. Як ізоляція представлена пластмасова оболонка із захисним покривом. Кабель призначений для стаціонарного приєднання до електроприладів та розподільних пристроїв з номінальною змінною напругою до 660 В (частотою до 100 Гц) або постійною напругою до 1000 В (температурі навколишнього середовища від мінус 50 до 50 °С).



Рис. 2.17 Кабель КВВГЕНГ

3. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВІДСТОЮВАННЯ ВОДО НАФТОВОЇ СУМІШІ НА НАФТОГАЗОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

3.1. Побудова математичної моделі

Побудуємо математичну модель відстійника.

При побудові цієї математичної моделі відстійника необхідно прийняти такі умови:

– у відстійнику здійснюється осадження у ламінарному режимі, тому швидкість осадження водяних глобул щодо нерухомого середовища обчислюється за формулою Стокса:

$$V_{\text{сед}} = \frac{2r^2(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{н}})g}{9\mu}. \quad (3.1)$$

– надходження водо нафтової емульсії є безперервним, отже, необхідно враховувати швидкість наповнення буліту:

$$V_{\text{нап}} = \frac{Q_{\text{приб}}}{Dl} \quad (3.2)$$

де $Q_{\text{приб}}$ – витрата емульсії, що надходить, D – діаметр буліта, l - довжина буліту;

– для того, щоб було осадження було можливим, швидкість осадження водяних глобул для нерухомого середовища повинна бути вищою за швидкість наповнення буліту, оскільки швидкість седиментації дорівнює різниці двох вищезгаданих швидкостей:

$$V_{\text{ос}} = V_{\text{сед}} - V_{\text{нап}} \quad (3.3)$$

Водо-нафтова емульсія, що осаджується відстійнику, є полідисперсною, тобто глобули води мають різні радіуси. За умов технологічного процесу зневоднення нафти можливе лише часткове осадження води у відстійнику. У зв'язку з цим виникає завдання визначення того відсотка води, що міститься в емульсії, який осаджується у відстійнику при поточній швидкості наповнення буліту.

Для того щоб вирішити це завдання, необхідно знайти так званий критичний радіус глобул води. Критичним радіусом називатимемо такий радіус водяних глобул, починаючи з якого можливе осадження при поточній швидкості наповнення буліту.

Враховуючи той факт, що для осадження води необхідно, щоб швидкість наповнення буліту не перевищувала швидкості осадження глобул води та використовуючи формули (3.1) та (3.2), отримаємо формулу знаходження критичного радіусу:

$$r_{\text{крит}} = \sqrt{\frac{9Q_{\text{приб}}}{2gK_{\text{об}}}} \quad (3.4)$$

Вважатимемо, що радіуси глобул води у водо нафтовій емульсії розподілені за нормальним законом.

Щоб вирішити задачу обчислення витрати відведеної з відстійника води і коефіцієнта обводнення освітленої емульсії, що надходить з виходу відстійника в електродегідратор, необхідні наступні параметри емульсії, що надходить у відстійник, як вихідні дані:

- закон розподілу радіусів глобул води у водо нафтовій емульсії;
- мінімальний, максимальний та критичний радіуси глобул води r_{min} , r_{max} , $r_{\text{крит}}$;
- $Q_{\text{приб}}$ – витрата емульсії, що;
- коефіцієнт обводнення $K_{\text{об}}$.

Структура емульсії визначається щільністю розподілу глобул з радіусами, що знаходяться в діапазоні $r_{\min} - r_{\max}$:

$$f(r) = \frac{1}{\sqrt{2\sigma}} \exp\left[-\frac{(r-r_0)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (3.5)$$

де $r_0 = \frac{r_{\max} - r_{\min}}{2}$ – математичне очікування,

$\sigma = \frac{r_{\max} - r_0}{3}$ – середньоквадратичне відхилення.

Розділимо відрізок $[r_{\min}, r_{\max}]$ на 6 однакових частин. Довжина кожного інтервалу дорівнює:

$$\Delta r = \frac{r_{\max} - r_{\min}}{6} \quad (3.6)$$

Площа під кривою (3.5) в інтервалі $r_i \div r_{i+1}$ чисельно дорівнює інтегралу:

$$S_i = \int_{r_i}^{r_{i+1}} f(r) dr \quad (3.7)$$

Зазначимо, що для розподілу (3.5) виконується умова:

$$S = \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} f(r) dr = 1 - \varepsilon, \quad \varepsilon \rightarrow 0 \quad (3.8)$$

При заданих витратах і коефіцієнті обводнення емульсії, що надходить у відстійник, можна знайти витрату води, що відводиться з відстійника,

витрату і коефіцієнт обводнення нафти, що надходить в електродегідратор для подальшого зневоднення.

Нехай у одиниці об'єму водо нафтової емульсії міститься M глобул з радіусами в діапазоні $r_{\min} - r_{\max}$. Якщо розглядати величину S_i як ймовірність того, що у водо нафтовій емульсії міститься $S_i \cdot M$ глобул з радіусами $r_i - r_{i+1}$, то за досить великого значення M можна вважати, що в одиниці обсягу міститься $S_i \cdot M$ з радіусом r_i .

Будемо вважати, що

$$S_{oi} = f_{oi} \cdot \Delta r \quad (3.9)$$

де

$$f_{oi} = \frac{f_i + f_{i+1}}{2} \quad (3.10)$$

Тоді величину $f_{oi} \cdot M$ будемо розглядати як кількість глобул з радіусом

$$r_{oi} = \frac{r_{i+1} + r_i}{2} \quad (3.11)$$

Нехай $f_{0\max} \cdot M = 1$, тоді, де $M = \frac{1}{f_{0\max}}$ – ймовірність (частота) того, що в обсязі емульсії містяться глобули з радіусом $r_{0\max}$. Це означає, що у структурі обраної емульсії у певному обсязі міститься M глобул з радіусами у діапазоні $r_{0\min} - r_{0\max}$. Число глобул радіусом r_{oi} у цьому обсязі буде

$$M_{oi} = n_{oi} M = \frac{n_{oi}}{n_{0\max}} \quad (3.12)$$

Об'єм води, утворений глобулами радіусом r_{oi} , дорівнюватиме:

$$M_{oi} = n_{oi} M = \frac{n_{oi}}{n_{0\max}} \quad (3.13)$$

Коефіцієнт обводнення характеризується площею, обмеженою кривою

$$f_v(r) = \int_{r_{0\min}}^{r_{0\max}} V(r) dr, \text{ віссю } r, \text{ прямими } r = r_{0\min} \text{ та } r = r_{0\max} \text{ (рис. 3.1)}$$

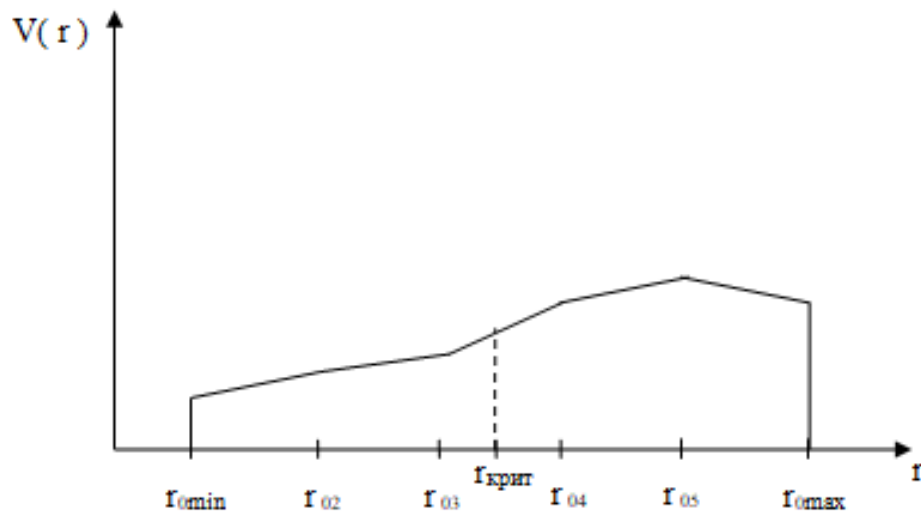


Рис. 3.1. Графік функції $V(r)$.

Пряма $r = r_{\text{крит}}$ розбиває цю площу на 2 частини:

- 1) ліва частина ($r = r_{\text{0min}}$) відповідає глобулам, що не осаджуються у відстійнику,
- 2) права частина ($r_{\text{крит}} \div r_{\text{0max}}$) відповідає осадженим глобулам.

$$S_{\text{полн}} = \sum_{r_{\text{min}}}^{r_{\text{max}}-1} [(V(r_i) + V(r_{i+1})) \frac{r_{i+1} - r_i}{2}] \quad (3.14)$$

$$S_{\text{прав}} = \sum_{r_{\text{крит}}}^{r_{\text{max}}-1} [(V(r_i) + V(r_{i+1})) \frac{r_{i+1} - r_i}{2}] \quad (3.15)$$

Коефіцієнт осадження води з урахуванням коефіцієнта обводнення нафтової емульсії дорівнюватиме:

$$k_{\text{осажд}} = k_{\text{обв}} \frac{S_{\text{прав}}}{S_{\text{повн}}} \quad (3.16)$$

Виразимо витрату води Q_e , що виходить з відстійника та витрату освітленої емульсії Q_{oe} , що надходить з відстійника на електродегідратор:

$$Q_{\text{в}} = k_{\text{обв}} \cdot k_{\text{осажд}} \cdot Q_{\text{приб}} \quad (3.17)$$

$$Q_{\text{ое}} = Q_{\text{приб}} - Q_{\text{в}} \quad (3.18)$$

де $Q_{\text{приб}}$ – витрата водо нафтової емульсії, що надходить у відстійник.

Математична модель відстійника:

$$\left\{ \begin{array}{l} r_{\text{крит}} = \sqrt{\frac{9Q_{\text{приб}}}{2\Delta r f_{\text{кр}}}}; \\ S_i = \frac{\Delta r}{2} (f(r_i) + f(r_{i+1})); \\ \sigma = \frac{1}{\sqrt{20}} \left[\frac{r_{\text{в}}^2}{\Delta r} \right], \\ \text{де } r_0 = \frac{r_{\text{max}} - r_{\text{min}}}{2} - \text{математичне очікування,} \\ \sigma = \frac{r_{\text{max}} - r_0}{3} - \text{середньоквадратичне відхилення,} \\ \Delta r = \frac{r_{\text{max}} - r_{\text{min}}}{6}; \\ n_{oi} = \frac{f_i + f_{i+1}}{2}; \\ r_{oi} = \frac{r_{i+1} + r_i}{2}; \\ V = \frac{r_{\text{в}}^3}{r_{\text{max}}^3} \pi r_0^3 \\ S_{\text{полн}} = \sum_{r_{\text{min}}}^{r_{\text{max}}-1} [(V(r_i) + V(r_{i+1})) \frac{r_{i+1} - r_i}{2}] \\ S_{\text{прав}} = \sum_{r_{\text{крит}}}^{r_{\text{max}}-1} [(V(r_i) + V(r_{i+1})) \frac{r_{i+1} - r_i}{2}] \\ k_{\text{осажд}} = k_{\text{обв}} \frac{S_{\text{прав}}}{S_{\text{повн}}} \\ Q_{\text{в}} = k_{\text{обв}} \cdot k_{\text{осажд}} \cdot Q_{\text{приб}}; \\ Q_{\text{ое}} = Q_{\text{приб}} - Q_{\text{в}}; \end{array} \right. \quad (3.19)$$

Маючи дану математичну модель, можна побудувати математичну модель формування водо нафтової емульсії, визначення швидкості седиментації та визначення оптимального між фазного рівня.

3.2. Формування структури водо нафтової емульсії

Є вхідні дані:

$r_{\max}$ – максимальний радіус водяної глобули,

$r_{\min}$ – мінімальний радіус водяної глобули,

$K_{\text{обв}}$ – коефіцієнт обводнення водо нафтової емульсії,

ϵ – похибка вибірки,

δ – ймовірність вибірки,

$V_{\text{отс}}$ – об'єм відстійника

Є три різні закони, за якими можна згенерувати n глобул води з мінімальним радіусом $r_{\min}$ і максимальним радіусом $r_{\max}$ це:

1. Рівномірний
2. Нормальний
3. Експонентний

Рівномірний закон характеризується мінімальним та максимальним значеннями радіусу глобул.

$$\begin{cases} f(r) = \frac{1}{r_{\max} - r_{\min}}, \text{ якщо } r_{\min} \leq r \leq r_{\max} \\ f(r) = 0, \text{ якщо } r < r_{\min} \text{ || } r > r_{\max}. \end{cases}$$

Нормальний закон характеризується середнім значенням радіусу глобули та середньоквадратичним відхиленням від цього середнього значення.

$$f(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(r-r_0)^2}{2\sigma^2}}, \text{ де } \sigma - \text{середньоквадратичне відхилення}$$

Експонентний закон характеризується параметром інтенсивності r – радіусу глобули.

$f(r) = \frac{1}{muR \cdot e^{\frac{r}{muR}}}$, де muR – параметр, що відображає інтенсивність r .

Отриману вибірку перевіряємо за критерієм Чебишева – Бернуллі:

$$n = \frac{1}{4\pi\xi^2\delta} \quad (3.20)$$

Після перевірки вибірки, визначаємо сумарний обсяг глобул:

$$V_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \frac{4}{3}\pi \cdot r^3 \quad (3.21)$$

Потім визначаємо об'єм елементарної частки емульсії:

$$n = \frac{1}{4\pi\xi^2\delta} \quad (3.22)$$

Маючи обсяг елементарної частки, можна визначити її розмір:

$$r_{\Sigma} = \sqrt[3]{V_{\Sigma}} \quad (3.23)$$

Далі, визначимо масштабний коефіцієнт:

$$n = \frac{1}{4\pi\xi^2\delta} \quad (3.24)$$

Це дозволить нам отримати масив з n глобулами, який і є структурою, що шукається.

3.3. Визначення між фазного рівня

Обсяги води V_{BOT} та нафти V_{HOT} , що залишаються у відстійнику, визначаються за формулами

$$V_{BOT} = (F1B * B1 - F2)(t - t_0) \text{ для } \forall t \geq t_0 \quad (3.25)$$

$$V_{HOT} = (F1H * B1 - F3)(t - t_0), \text{ для } t_0 \leq t \leq t_{\text{НАП}} \quad (3.26)$$

де t_0 – момент початку заповнення відстійника;

$t_{\text{НАП}}$ – момент переповнення відстійника;

Поперечний переріз буліту відстійника наведено на рис. 3.2.

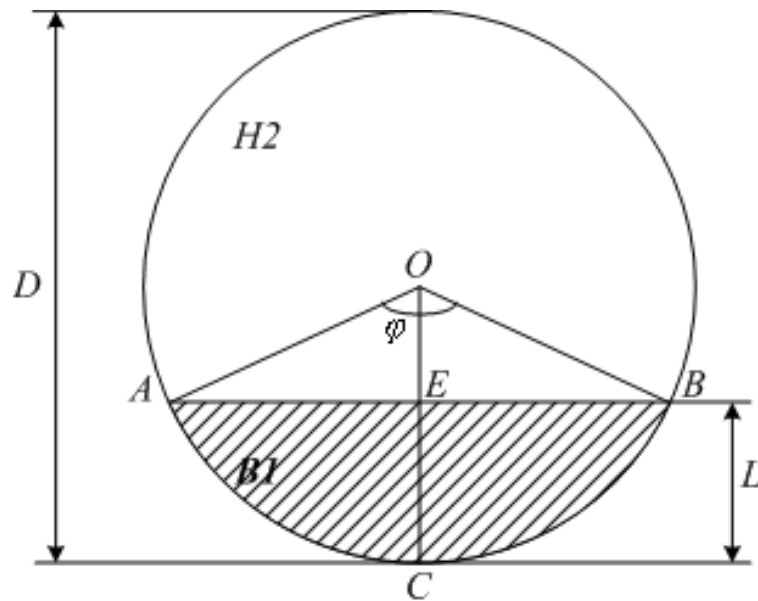


Рис. 3.2. Поперечний переріз буліту відстійника

D – діаметр буліту, O – центр перерізу, AB – між фазний рівень МФР, L – значення МФР ($L = EC$), $OC = D/2$.

Між фазний рівень МФР – це межа поділу між осадженою водою $B1$ (заштрихована частина) та частково зневодненою нафтою $H2$. На рис. 3.2. МФР відображено відрізком AB . L – значення МФР, що відраховується щодо днища відстійника (т. C), $L = EC$. По мірі наповнення відстійника збільшується L . Необхідно визначити залежність L від об'єму осадженої води при заданих габаритах буліту. Буліт є ємністю циліндричної форми з діаметром D і об'ємом VO . Знайдемо довжину буліту.

$$l = \frac{4V_O}{\pi D^2}$$

Таким чином, об'єм осадженої води приймає форму циліндра довжиною l і перетином, рівним площі сегмента АЕВСА.

Відомо, що площа сегмента АЄВСА дорівнює

$$S_{CEГ} = \frac{D^2}{8} (\varphi - \sin \varphi)$$

де φ вимірюється у радіанах;

Тоді обсяг осадженої води дорівнюватиме

$$l \cdot S_{CEГ} = \frac{4V_O}{\pi D^2} \frac{D^2}{8} (\varphi - \sin \varphi) = \frac{V_O}{2\pi} (\varphi - \sin \varphi)$$

З урахуванням виразу (3.25) складемо рівняння

$$V_{BOT} = l \cdot S_{CEГ}, \text{ або}$$

$$(F1B*B1 - F2)t = \frac{V_O}{2\pi} (\varphi - \sin \varphi), \text{ або} \quad (3.27)$$

$$(\varphi - \sin \varphi) = a (F1B*B1 - F2)t \quad (3.28)$$

$$\text{де } a = \frac{2\pi}{V_O};$$

З рис. 3.2. визначимо $EC = L$

$$EC = OC - OE = \frac{D}{2} - \frac{D}{2} \cos \frac{\varphi}{2} = \frac{D}{2} (1 - \cos \frac{\varphi}{2}), \text{ або}$$

$$L = \frac{D}{2} (1 - \cos \frac{\varphi}{2}) \quad (3.29)$$

Якщо з виразу (3.28) визначити φ та його підставити у вираз (3.29), то завдання визначення значення МФР у міру заповнення відстійника буде вирішено. Однак, вираз, отриманий в результаті цієї підстановки, буде дуже громіздким та незручним для його реалізації. Тому складається градувальні таблиці 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.1.

$\frac{2L}{D}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\varphi - \sin \varphi$	0	0,12	0,33	0,60	0,90	1,23	1,60	1,96	2,3	2,74	3,14

Таблиця 3.2.

$\frac{2L}{D}$	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	1,1
$\varphi - \sin \varphi$	3,54	3,93	4,32	4,67	5,05	5,40	5,7	5,95	6,16	6,28	3,54

Таблиця 3.отримується наступним чином:

1) формула (3.29) наводиться до виду

$$\frac{2L}{D} = 1 - \cos \frac{\varphi}{2} \quad (3.30)$$

2) задаючи значення $\frac{2L}{D}$ з кроком 0,1 в діапазоні $0 \div 2,0$, визначаємо φ

$$\varphi = 2 \arccos(1 - \frac{2L}{D}) \quad (3.31)$$

3) виходячи з (3.31) обчислюється вираз $(\varphi - \sin \varphi)$.

Алгоритм визначення МФР з використанням градуювальної таблиці 3.1 реалізується наступним чином:

1. Обчислюється значення $(\varphi - \sin \varphi)$;
2. Одним із методів інтерполяції з використанням таблиці 3.1 та таблиці 3.2 за значенням $(\varphi - \sin \varphi)$ визначається значення $\frac{2L}{D}$;
3. Визначається значення $L = (2 * L/D) * D/2$;

Градувальна таблиця 3.1 містить 21 колонку ($i = 1, 2, \dots, 21$), i - а колонка описує i - ий вузол інтерполяції.

Інтерполяція нульового порядку:

$$\frac{2L}{D} = \left(\frac{2L}{D}\right)_i, \text{ якщо } (\varphi - \sin \varphi)_i \leq (\varphi - \sin \varphi) < (\varphi - \sin \varphi)_{i+1} \quad (3.32)$$

Інтерполяція першого порядку (лінійна інтерполяція):

$$\frac{2L}{D} = \left(\frac{2L}{D}\right)_i + \frac{[(\varphi - \sin \varphi) - (\varphi - \sin \varphi)_i] \left[\left(\frac{2L}{D}\right)_{i+1} - \left(\frac{2L}{D}\right)_i \right]}{(\varphi - \sin \varphi)_{i+1} - (\varphi - \sin \varphi)_i} \quad (3.33)$$

Математична модель відстійника дозволяє вирішити кілька проблем, а саме:

1. Формування структури водо нафтової емульсії;
2. Визначення швидкості седиментації;
3. Визначення оптимального між фазного рівня.

Алгоритм формування структури водо нафтової емульсії включає наступні кроки:

1. Визначення початкових параметрів ($r_{\min}$ і $r_{\max}$ радіуси глобул, коефіцієнт обводнення, похибка та ймовірність);
2. Визначення закону розподілу;
3. Візуальна оцінка якості згенерованої вибірки.

Алгоритм визначення швидкості седиментації включає наступні кроки:

1. Визначення початкових параметрів (прискорення вільного падіння, щільність води та нафти, динамічні в'язкість нафти, об'єм, діаметр і довжина буліту);
2. Визначення швидкості заповнення буліта;

3. Визначення критичних радіусів глобул;
4. Поділ початкового масиву глобул на два масиви седиментованих та не седиментованих глобул;
5. Визначення коефіцієнтів обводнення седиментованої емульсії та седиментованої емульсії;
6. Визначення витрат на споживання.

Алгоритм визначення між фазного рівня включає наступні кроки:

1. Обчислюється значення $(\varphi - \sin \varphi)$;
2. Одним із методів інтерполяції з використанням таблиці 3.1 та таблиці 3.2 за значенням $(\varphi - \sin \varphi)$ визначається значення $\frac{2L}{D}$;

3. Визначається значення $L = (2 * L/D) * D/2$;

Виконаємо рішення задачі на контрольному прикладі.

Формування водо нафтової емульсії:

Є водо нафтова емульсія з коефіцієнтом обводнення рівним 0.3, мінімальним радіусом глобули $r_{\min} = 1$ мкм і максимальним радіусом глобули $r_{\max} = 10$ мкм. Похибка вибірки становить 0.01, а можливість вибірки дорівнює 0.05. Виберемо рівномірний закон розподілу.

Тоді гістограма розподілу глобул води по радіусу набуде наступного вигляду (рис. 3.3):

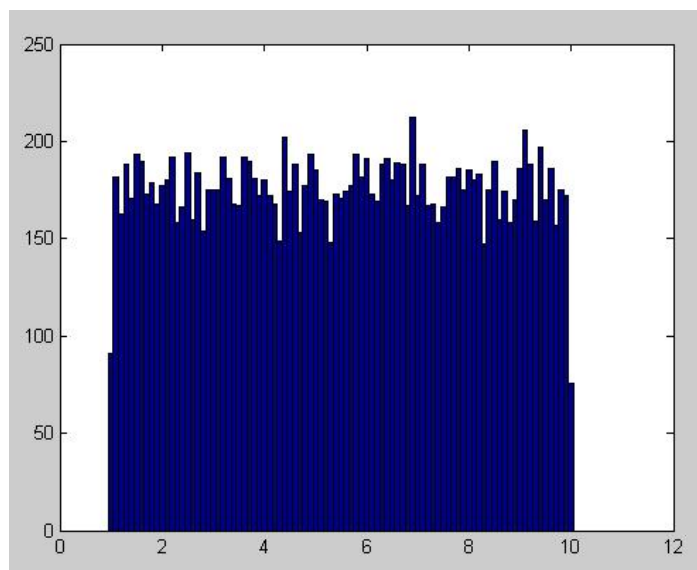


Рис.3.3. Гістограма сформованої водо нафтової емульсії.

Визначення швидкості седиментації глобул:

На основі отриманих даних і початкового завдання, включаючи структуру водо нафтової емульсії призначимо витрату по припливу т/годину рівною 100.

Тоді критичний радіус глобули дорівнюватиме 5.0484. Таким чином, коефіцієнт обводнення седиментованої емульсії дорівнюватиме 0.2804, а коефіцієнт обводнення не седиментованої емульсії дорівнюватиме 0.0196.

Визначення між фазного рівня:

$$(\varphi - \sin \varphi) = 0,33;$$

$$\text{При } (\varphi - \sin \varphi) = 0,33, \frac{2L}{D} = 0,2;$$

$$L = (0,2) * 1.7 = 0.34.$$

Між фазний рівень дорівнює 0,34 м.

4. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ТА АЛГОРИТМ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВІДСТОЮВАННЯ ВОДО НАФТОВОЇ СУМІШІ НА НАФТОГАЗОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

4.1. Моделювання САР рівня вмісту в ємності для відстоювання водо нафтової суміші

Для вирішення завдання автоматичного регулювання рівня нафтошляму в ємності для відстоювання водо нафтової суміші на УПН необхідно розробити алгоритм регулювання клапанами скидання. Автоматичне регулювання рівня являє собою режим роботи, за якого вплив на регульовальний виконавчий механізм чинить контролер.

Розроблення САР рівня будується на математичній моделі алгоритму. Скористаємося моделлю регулювання за відхиленням [16], структурну схему якої представлено на рис. 4.1.



Рис. 4.1 Структурна схема моделі регулювання за відхиленням

У цьому разі:

y_3 - задане значення регульованого параметра (уставка),

y - актуальне (поточне) значення регульованого параметра;

ε - значення відхилення $y_3 - y$, а об'єкт керування являє собою комплексну систему, що містить електропривод, регульовальний клапан і дренажну ємність, і далі проводимо математичне дослідження цих компонентів. Це дослідження засноване на описі об'єкта без урахування

інерційних сил, сухого тертя робочих органів і в'язкого тертя середовища.

4.1.1. Математична модель електроприводу

Електропривод – трифазний асинхронний двигун із частотним перетворювачем і розширеною обв'язкою датчиків. Оскільки немає необхідності регулювати робочу частоту обертання вала двигуна, визначимо основний режим роботи двигуна в процесі експлуатації – статичний. Виходячи з цього, не потрібно розглядати його внутрішні параметри, детально досліджувати структуру і наводити докладний математичний опис.

Визначимо, що в статичному режимі роботи двигуна перехідна характеристика частоти обертання вала є реакцією на ступінчастий вплив, який здійснює пуск двигуна. У результаті апроксимації характеристики отримаємо аперіодичну ланку першого порядку, у якої постійна часу та коефіцієнт передачі відповідають реальному об'єкту.

Вихідним параметром регульовального органу є коефіцієнт відкриття $a(t)$, який описується рівнянням:

$$a(t) = k_{\text{кл}} * \Delta \varphi(t) + a_0 \quad (4.1)$$

де $k_{\text{кл}}$ - коефіцієнт переходу від радіан до ступеня відкриття клапана;

$\Delta \varphi(t)$ - кут повороту клапана щодо початкового положення (у радіанах);

a_0 - початкове положення клапана.

Далі виразимо $\Delta \varphi(t)$:

$$\varphi(t) = \int \frac{\omega_{\text{пр}}}{T_{\text{кл}}} dt \quad (4.2)$$

де $\omega_{\text{пр}}$ - частота обертання вала приводу;

$T_{\text{кл}}$ - постійна часу клапана (повний час відкриття).

Як було зазначено раніше, частота обертання вала електродвигуна - це функція, що здійснює пуск двигуна, тому [18]:

$$T_{\text{пр}} * \left(\frac{d}{dt} \omega_{\text{пр}}(t) \right) + \omega_{\text{пр}}(t) = k_{\text{пр}} u(t) \quad (4.3)$$

де $k_{\text{пр}}$ - робоча частота електропривода;

$u(t)$ - функція впливу, що дозволяє пуск двигуна.

Таким чином, складені рівняння (4.1) - (4.3) є описом математичної моделі електропривода та регулювального клапана, структурну схему яких представлено на рис. 4.2.

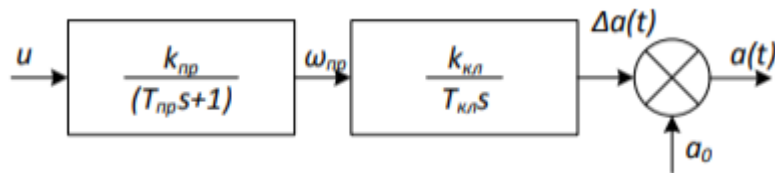


Рис. 4.2 Структурна схема математичної моделі електропривода і клапана

Передавальна функція частотного перетворювача [16]:

$$W_{\text{чп}} = \frac{k_{\text{чп}}}{T_{\text{чп}} * s + 1} = \frac{3,125}{0,6s + 1} \quad (4.4)$$

У формулі враховується постійна часу частотного перетворювача $T_{\text{чп}} = 0,6$, вихідний сигнал контролера 4 - 20 мА і діапазон частоти перетворювача 0 - 50 Гц. Виходячи з цих даних, можна обчислити коефіцієнт передачі частотного перетворювача $k_{\text{чп}}$ за такою формулою:

$$k_{\text{чп}} = \frac{f_{\text{max}}}{\Delta I} = \frac{50}{20 - 4} = 3,125 \quad (4.5)$$

4.1.2. Математична модель ємності для відстоювання водо нафтової суміші

Математична модель ємності для відстоювання водо нафтової суміші ґрунтується на об'ємі ємності та рівні середовища в ній. Для зв'язку параметрів клапана і рівня середовища в ємності скористаємося рівнянням [17]:

$$aF(t) = k * a * \sqrt{2g * L(t)} \quad (4.6)$$

де a - коефіцієнт відкриття клапана;

g - прискорення вільного падіння;

$L(t)$ - рівень середовища в ємності;

k - коефіцієнт перерахунку ступеня відкриття клапана в площу перерізу відтоку.

Зв'язок об'єму $V(t)$ і рівня $L(t)$ середовища у ємності для відстоювання водо нафтової суміші описується значеннями, наведеними в тарувальній таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Тарувальна таблиця для ємності для відстоювання водо нафтової суміші Е-4

Рівень шламу в ємності, м	Обсяг шламу в ємності, м ³
0	0
0,37	9
0,74	18
1,11	27

1,48	36
1,85	45
2,22	54
2,60	63

Виконаємо лінеаризацію залежності об'єму від рівня для проміжних значень рівня. Для цього виразимо залежність об'єму шламів від рівня [18]:

$$a(L) = \left(\frac{L - L_M}{0,37} \right) (V_6 - V_M) + V_M \quad (4.7)$$

де L_M - сусіднє менше значення рівня (відносно вхідного), згідно з тарувальною таблицею;

V_M - значення об'єму, що відповідає L_M за тарувальною таблицею;

V_6 - значення об'єму, на одну позицію більше за V_M за тарувальною таблицею.

Таким чином, структурну схему математичної моделі ємності для відстоювання водо-нафтової суміші представлено на рис. 4.3.

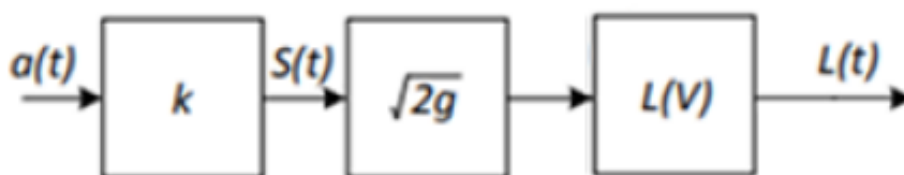


Рис. 4.3 Структурна схема математичної моделі ємності для відстоювання водо-нафтової суміші

Повна структурна схема математичної моделі розроблюваної САУ представлена на рис. 4.4



Рис. 4.4 Структурна схема системи регулювання рівня середовища в ємності для відстоювання водо нафтової суміші

4.1.3. Моделювання в Simulink

У таблиці 4.2. 4наведено вихідні дані для побудови моделі досліджуваної системи - чисельні значення параметрів ємності для відстоювання водо нафтової суміші.

Таблиця 4.2 Параметри досліджуваної системи

Ємність для відстоювання водо нафтової суміші Е-4	
Параметр	Значення
Обсяг	$V = 63 \text{ м}^3$
Початкове значення положення клапана	$a_0 = 0,8$
Площа повного перерізу	$k = 0.01 \text{ м}^2$
Відношення коефіцієнта ступеня відкриття клапана до повного часу відкриття	$\frac{k_{\text{кл}}}{T_{\text{кл}}} = 0,0005 \text{ с}^{-1}$
Емпіричні значення для апроксимації частоти обертання вала електродвигуна	$k_{\text{пр}} = -5000$
	$T_{\text{пр}} = 0.5 \text{ с}$

Модель автоматичного регулювання рівня в ємності для відстоювання водо нафтової суміші розроблено в програмному забезпеченні MATLAB Simulink. Об'єднуючи структурні схеми попередніх розділів, змодельємо САР рівня шламу в ємності для відстоювання водо нафтової суміші в програмі MATLAB Simulink (рис. 4.5).

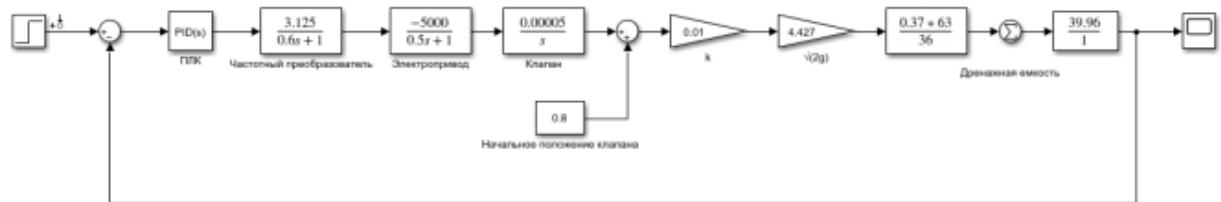


Рис. 4.5 Модель досліджуваної системи в Simulink

За допомогою ПД-регулятора налаштовуємо модель для забезпечення більш гладкого перехідного процесу. Налаштуємо коефіцієнти регулятора за допомогою додатка "PID Tuner" для досягнення найменшого значення перерегулювання і часу перехідного процесу (рис. 4.6).

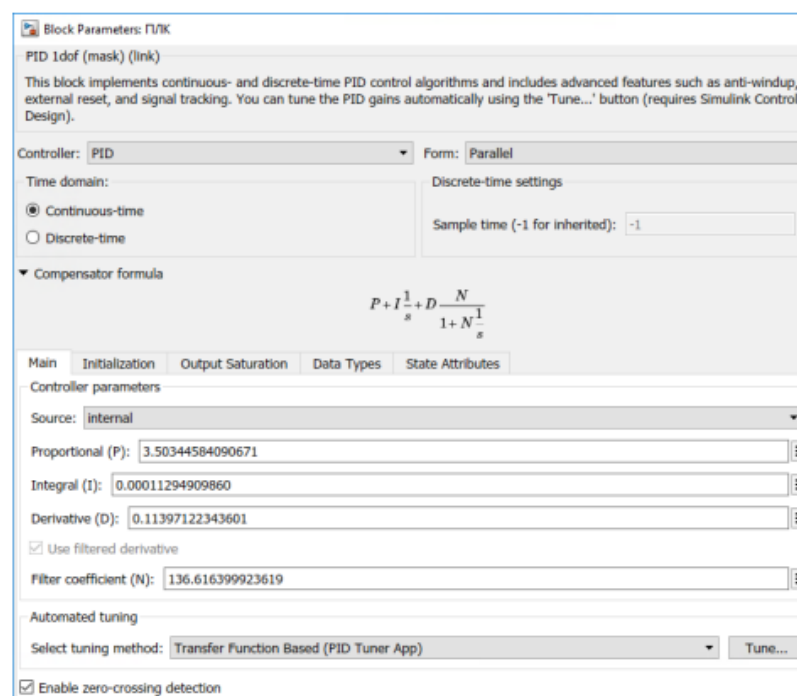


Рис. 4.6 Коефіцієнти ПІД-регулятора

На рис. 4.7 представлено перехідну характеристику, яка відображає залежність величини рівня в ємності для відстоювання водо нафтової суміші з плином часу.

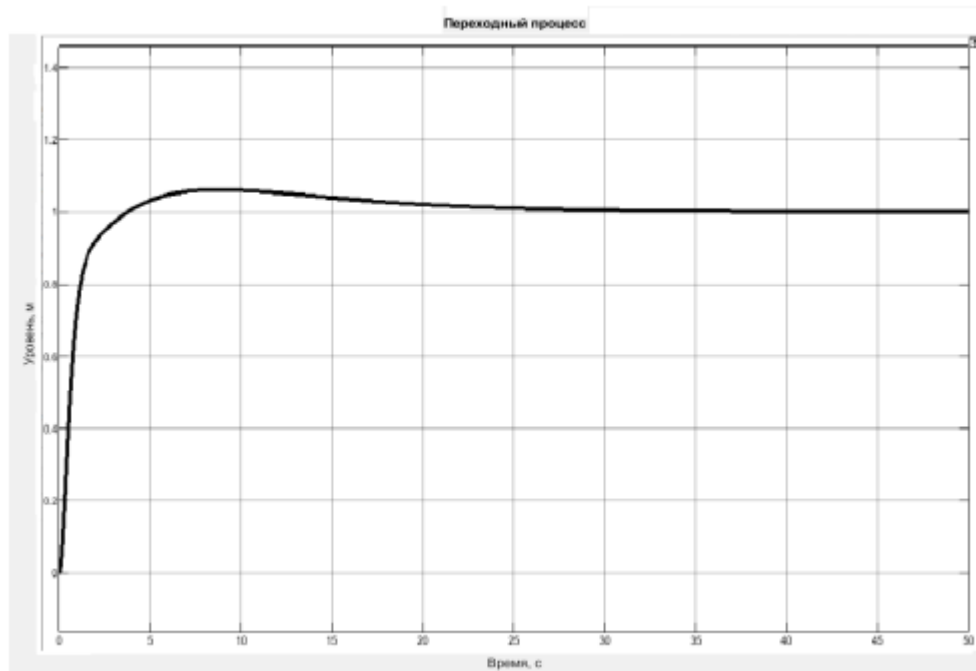


Рис.. 4.7 Перехідна характеристика

Таким чином, у результаті моделювання САР рівня шламу в ємності для відстоювання водо нафтової суміші розглянуто елементи досліджуваної системи: частотний перетворювач, регулятор, електропривод і клапан. На їхній основі математичних моделей побудовано структурну схему системи, а також модель у програмі Simulink. За отриманою перехідною характеристикою визначено час перехідного процесу, який становить 25 секунд.

4.2. Алгоритм роботи системи

Також було розроблено алгоритм збирання даних з датчиків рівня, який представлено на рис. 4.8.

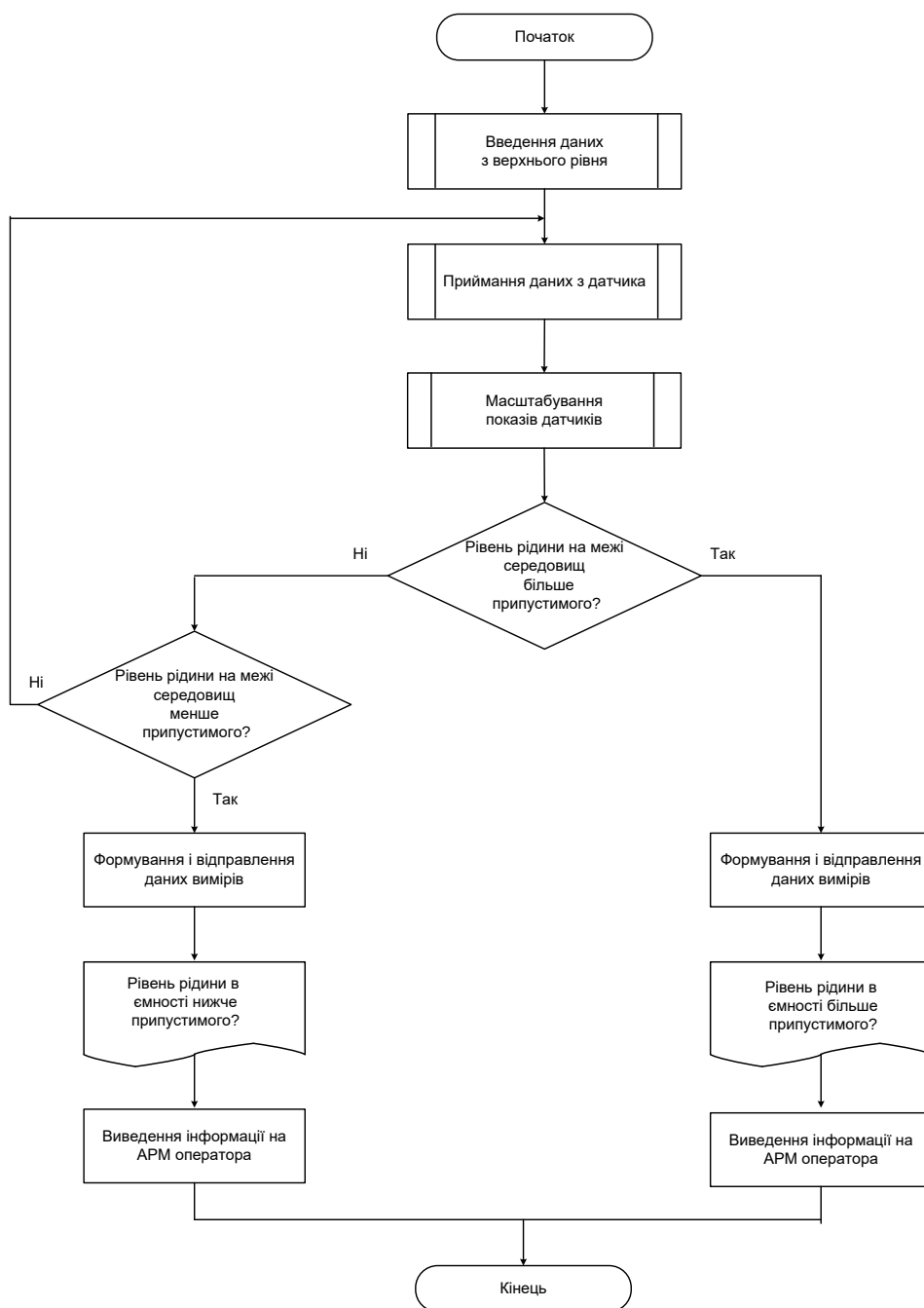


Рис. 4.8. Алгоритм збирання даних з датчиків рівня

Висновки

В ході виконання магістерської дипломної роботи була створена автоматизована система управління технологічним процесом відстоювання водо нафтової суміші на нафтогазовому підприємстві, що забезпечує безпечну експлуатацію обладнання і протікання технологічного процесу відстоювання водо нафтової суміші.

Для цього було проведено аналіз технологічного процесу відстоювання водо нафтової суміші як об'єкта автоматизації і управління. Обрані вхідні і вихідні параметри, розроблено технічну структуру АСУТП.

Виконано розробку структурної і функціональної схеми автоматизованої системи управління технологічним процесом відстоювання водо нафтової суміші на нафтогазовому підприємстві.

Вибрано вимірювальні засоби та елементну базу автоматизованої системи управління технологічним процесом відстоювання водо нафтової суміші на нафтогазовому підприємстві.

Виконано розробку математичної моделі відстійника водо нафтової суміші на нафтогазовому підприємстві як об'єкта регулювання. Виконано вибір параметрів налаштування регулятора.

Застосування АСУ ТП дозволить виконати безперервний збір первинної інформації від пристроїв нижнього рівня; обробку первинної інформації; керування стадіями процесу в автоматичному режимі; реєстрацію спрацьовування сигналізації й історичних даних; зберігання інформації з можливістю її обробки; візуалізацію інформації у вигляді мнемосхем і графіків.

Додатки

