

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет інтелектуальних систем управління

Кафедра інтелектуальних вимірювальних систем та інженерії якості

Пояснювальна записка до дипломного проєкту

(тип кваліфікаційної роботи)

магістра

(освітній ступінь)

на тему «Вимірювач вологості нафтопродуктів у трубопроводі»

ХАІ.303.364.25О.176.970601 ПЗ

Виконав: здобувач 6 курсу групи №364

Галузь знань 17 «Електроніка,
автоматизація та електронні комунікації»

(код та найменування)

Спеціальність 176 «Мікро- та наносистемна
техніка»

(код та найменування)

Освітня програма Мікро- та наносистемна
техніка

(найменування)

Грибчатов С.В.

(прізвище й ініціали студента)

Керівник: Потильчак О.П.

(прізвище й ініціали)

Рецензент: Чупова І.Л.

(прізвище й ініціали)

Харків – 2025

**Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»**

Факультет Інтелектуальних систем управління
(повне найменування)
Кафедра Інтелектуальних вимірювальних систем та інженерії якості
(повне найменування)
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 176 Мікро- та наносистемна техніка
(код та найменування)
Освітня програма Мікро- та наносистемна техніка
(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис) (ініціали та прізвище)
« ____ » _____ 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Грибчатову Сергію Валерійовичу
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Вимірювач вологості нафтопродуктів у трубопроводі

керівник кваліфікаційної роботи Потильчак Олексій Петрович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету № _____ від « ____ » _____ 20__ року

2. Термін подання студентом дипломного проекту (роботи) 12.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи діапазон вимірювання вологості – 0,1...30 %; основна абсолютна похибка вимірювання – $\pm 0,2$ %; додаткова абсолютна похибка, зумовлена зміною температури навколишнього середовища – $\pm 0,1$ % на 10 °С; напруга живлення – 6 В; діапазон робочих температур електронного блоку – -10...+40 °С

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати) _____
аналіз методів та засобів вимірювання вологості, розробка структурної схеми вимірювача, розробка електричної принципової схеми вимірювача, розробка методики повірки вимірювача.

5. Перелік графічного матеріалу
постановка задачі та технічні характеристики вимірювача, огляд аналогів, структурна схема вимірювача, електрична принципова схема вимірювача, конструкція первинного вимірювального перетворювача, операції та засоби повірки системи.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
основний розділ	Потильчак О.П., доцент		

Нормоконтроль _____ В.А. Заболотний «____» _____ 20__ р.
(підпис) (ініціали та прізвище)

7. Дата видачі завдання « 20 » 10 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Аналіз методів та засобів вимірювання вологості	27.10.2025	
2.	Розробка технічного завдання	03.11.2025	
3.	Розробка структурної схеми вимірювача	10.11.2025	
4.	Розробка електричної принципової схеми вимірювача	17.11.2025	
5.	Розробка конструкції первинного вимірювального перетворювача	24.11.2025	
6.	Розробка методики повірки вимірювача	01.12.2025	

Здобувач

(підпис)

С.В. Грибчатов

(ініціали та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

О.П. Потильчак

(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Розрахунково-пояснювальна записка: 77 с., 27 іл., 7 табл., 5 додатків, 11 джерел, 3 розділи.

Об'єкт дослідження – вимірювач вологості нафтопродуктів у трубопроводі.

Мета дипломного проекту – розробка вимірювача вологості нафтопродуктів у трубопроводі та методики його перевірки.

У проекті розроблено вимірювач вологості нафтопродуктів у трубопроводі, призначений для вимірювання відносної кількості вологи у нафтопродуктах, оснований на дієлькометричному методі вимірювання. Розроблений вимірювач відрізняється високою точністю і надійністю, а також простотою експлуатації. Однією з ключових переваг вимірювача є можливість його підключення до персонального комп'ютера. Також в проекті розроблено методику перевірки вимірювача.

Вимірювач може застосовуватися на підприємствах нафтопереробної та паливно-енергетичної промисловості, в житлово-комунальному господарстві тощо.

ВОЛОГІСТЬ, НАФТОПРОДУКТ, ЄМНІСТЬ, ДІЕЛЕКТРИЧНА ПРОНИКНІСТЬ, МІКРОКОНТРОЛЕР.

ЗМІСТ

Вступ	6
1 Аналіз існуючих методів і засобів вимірювання вологості	
нафтопродуктів в трубопроводі	7
1.1 Огляд нафтопродуктів та їх властивостей.....	7
1.2 Аналіз існуючих методів вимірювання вологості нафтопродуктів.....	10
1.3 Огляд сучасних засобів вимірювання вологості,	
основаних на діелькометричному методі вимірювання.....	19
1.4 Вибір методу вимірювання температури.....	24
2 Розробка вимірювача вологості нафтопродуктів.....	29
2.1 Розробка структурної схеми вимірювача.....	29
2.2. Вибір основних функціональних вузлів схеми.....	30
2.3 Розрахунок первинного вимірювального перетворювача.....	37
2.4 Розробка електричної принципової схеми вологоміра.....	39
2.5 Обґрунтування вибору схеми підключення датчика температури.....	51
2.6 Розробка конструкції вимірювача вологості.....	57
3 Методика перевірки вимірювача вологості нафтопродуктів.....	58
Висновки	64
Перелік посилань.....	65
Додаток А – Технічне завдання.....	66
Додаток Б – Схема структурна.....	70
Додаток В – Схема електрична принципова.....	72
Додаток Г – Конструкція первинного вимірювального перетворювача.....	74
Додаток Д – Зовнішній вигляд електронного блоку.....	76

ВСТУП

Одним з найважливіших завдань комплексної автоматизації технологічного процесу перекачування нафти по трубопроводу по закритій системі є автоматизація кількісного обліку товарної нафти.

Лінійна частина нафтопроводу складається з трубопроводу, звареного з вуглецевих або низьколегованих сталевих труб, укладених в землі на глибину не менше 0,8 м, рахуючи від верхньої кромки труби. Контроль вмісту води в нафтопродуктах, що протікають по трубопроводу, здійснюється автоматичними аналізаторами вологості.

Автоматизація контролю параметрів видобутої сирової нафти є актуальним завданням особливо в умовах видобутку на малодебітних, високообводнених свердловинах. У процесі видобутку і транспортування свердловини рідини змінюється дисперсний розподіл крапель внаслідок дисипації енергії на кранах, насосах, поворотах труб та ін. Тому апаратура для аналізу подібних потоків повинна враховувати всі їх особливості і є досить складною. Особлива увага приділяється системі пробовідбору, оскільки часто потрібен аналіз масової витрати кожного компонента в багатоконпонентних рідких системах, який ускладнюється всілякими твердими домішками (глина, тверді частинки нафти, іржа).

Якщо контроль параметрів потоку (витрати компонент, вологості, газонасиченості) робиться для бригадного обліку, то точність контролю повинна бути не гірше 4 %. Системи ж вимірювання, в яких здійснюється поділ компонент на складові (водо- і газовиділення) дають помилку 25 %. Тому в даний час застосовуються системи аналізу потоку без поділу компонент, але при цьому доводиться використовувати вузли статичного або динамічного гомогенізування (перемішування) суміші. Статичні гомогенізатори отримують енергію перемішування з енергії потоку в трубі, і тому мають обмежений діапазон швидкостей, при яких вони працюють починаючи з 0,75 м/с до 4 м/с і обмежені по верхній межі перепадом тиску в трубопроводі.

В даний час вимірювання компонентного складу свердловини рідини і її щільності здійснюється за допомогою ряду методів. Вимірювання ємності суміші діелькометричним методом дозволяє визначати з похибкою $\pm 2...3$ %, але обмежена діапазоном 0...60 % вологості, оскільки при більш високих концентраціях води настає інверсія фаз – перехід від емульсії типу вода-нафта до емульсії нафта-вода [1].