

Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний технологічний університет  
Кафедра кріогенної техніки



## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

**На тему:** «Розробка продукційного випарника газифікаційної азотної установки  
продуктивністю 250 м<sup>3</sup>/год азоту під тиском 16,5 МПа»

Здобувача Ільїн І.В.  
2-го курсу КТ - 262М групи  
Керівник доц. Грудка Б.Г.  
Консультант:  
проф. Морозюк Л.І.

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**

Рішення кафедри від \_\_\_\_\_ 2022 р., протокол № \_\_\_\_\_

Завідувач кафедри КТ \_\_\_\_\_ Юрій Симоненко

Одеса - 2022 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Низькотемпературної техніки та інженерної механіки  
Кафедра Кріогенної техніки  
Ступінь вищої освіти магістр  
Спеціальність 142 «Енергетичне машинобудування»  
Освітня програма «Кріогенні технології виробництва,  
зрідження і транспортування природного газу»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри КТ**

д.т.н., проф. Юрій СИМОНЕНКО

«\_\_» \_\_ 2022 року

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

Ільїна Ігоря Вадимовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка продукційного випарника газифікаційної азотної  
установки продуктивністю 250 м3/год азоту під тиском 16,5 МПа

Керівник роботи к.т.н. доц. Грудка Богдан Геннадійович  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ОНТУ від 01 листопада 2022 року № 799-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 05 грудня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи: Газифікаційна установка продуктивністю 250 м3/год  
азоту під тиском 16,5 МПа

4. Перелік питань, які потрібно розробити:  
Вступ; Аналіз літературних даних і постановка проблеми.; схемно-циклове рішення  
газифікаційної установки; розрахунок поршневого насосу рідкого азоту; розрахунок резервуару  
для зберігання рідкого азоту; розрахунок продукційного випарника; Аналіз одержаних результатів;  
Охорона праці; Економічні показники роботи

5. Перелік графічного матеріалу:  
Презентація Power Point (10 слайдів)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	проф. Морозюк Л.І.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 02.08.2022 \_\_\_\_\_

Керівник \_\_\_\_\_ доц. Богдан ГРУДКА

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Ігор Ільїн

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення технічного завдання	5 днів	
2	Огляд і вивчення літератури	14 днів	
3	Термодинамічний розрахунок схеми газофікатора	2 дні	
4	Розрахунок резервуару для зберігання рідкого азоту	20 днів	
5	Розрахунок процесу підвищення тиску в закритій ємності	15 днів	
6	Розробка графічних моделей	2 дні	
7	Аналіз результатів досліджень	2 дні	
8	Оформлення пояснювальної записки	2 дні	
9	Обговорення та затвердження результатів роботи	2 дні	
10	Підготовка матеріалів роботи до захисту	2 дні	

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_  
( підпис )

Ігор ІЛЬЇН  
( прізвище та ініціали )

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
( підпис )

Богдан ГРУДКА  
( прізвище та ініціали )

*Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.*

*Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчинності*

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_  
І.В.Ільїн  
( ПІБ )

\_\_\_\_\_  
( підпис )

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра ( пояснювальна записка) містить 76 сторінок, 10 рисунків, 12 таблиць, список джерел з 10-ти найменувань.

Актуальністю даної теми є те, що отримав подальший розвиток метод розрахунку газифікаційних установок для отримання криогенних продуктів.

Розроблено схемно-циклове рішення газифікаційної установки та проведено розрахунок продукційного випарника.

Надано огляд сучасного стану криогенного обладнання на світовому ринку щодо газифікаційних установок для зберігання рідкого азоту.

Проведено розрахунки поршневого насосу та резервуару для зберігання азоту та енергетичний аналіз характеристик циклу отримання азоту з урахуванням заданої продуктивності установки.

**Ключові слова:** газифікаційна установка, поршковий насос, продукційний випарник, рідкий азот, енергетичний аналіз, газифікація, клапан

## ABSTRACT

Thesis (explanatory note) contains 76 pages, 10 figures, 12 tables, a list of sources from 10 items.

The relevance of this topic is that the method of calculating gasification plants for obtaining cryogenic products has received further development.

The circuit-cycle solution of the gasification plant was developed and the calculation of the product evaporator was carried out.

An overview of the current state of cryogenic equipment on the global market for gasification plants for liquid nitrogen storage is provided.

Calculations of the piston pump and nitrogen storage tank and energy analysis of the characteristics of the nitrogen production cycle were carried out, taking into account the set performance of the installation.

**Key words:** gasification plant, piston pump, production evaporator, liquid nitrogen, energy analysis, gasification, valve

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....	8
1.1 Призначення та сфера застосування .....	8
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА. ....	12
2.1 Визначення характеристик схемно-циклового рішення газифікаційної установки .....	12
2.2 Розрахунок поршневого насосу рідкого азоту .....	15
2.3 Розрахунок резервуару для зберігання рідкого азоту .....	25
2.4 Розрахунок продукційного випарника .....	42
ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ .....	54
ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ НА ГАЗИФІКАЦІЙНІЙ УСТАНОВЦІ .....	62
ВИСНОВКИ .....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	73

					<i>КРМ.КТ.1.799-03.1.8</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Ільїн І.В.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Грудка Б.Г.</i>			6	76	
<i>Реценз.</i>					<b>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</b>  <b>ОНТУ, гр КТ-262М</b>		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>							

## **ВСТУП**

### **Актуальність теми дослідження.**

Останні десятиліття виробництво рідких метану, кисню, аргону, азоту, водню, гелію та інших газів досягло великих масштабів. У великих кількостях криогенні продукти споживаються у металургії, хімії, у космічній, атомній та вакуумній техніці, у криоенергетиці, при наукових дослідженнях.

Широкий розвиток останніми роками набула і техніка зберігання та транспортування криогенних продуктів. Виробництво та споживання компонентів газових сумішей, одержуваних внаслідок низькотемпературного поділу, часто поділено у часі та просторі. Споживач може бути на великій відстані від місця виробництва. Іноді минає значний час між отриманням та використанням криопродуктів.

У ряді випадків зберігання криогенних газів необхідно здійснювати у рідкому вигляді. У ракетній, космічній і атомній техніці широко використовуються рідкий кисень, водень, фтор, азот, причому стани зрідження не уявляються можливим розташовувати в безпосередній близькості від об'єктів споживання. Крім того, іноді одночасна кількість зріджених газів, що споживаються, дуже велика. Тому необхідно накопичувати великі маси зріджених газів та тривалий час їх зберігати з мінімальними втратами.

Зберігання та транспортування криогенних газів у рідкому вигляді є вирішенням проблеми найбільш економічної доставки їх на місце споживання, якщо там вони використовуються у газоподібному вигляді. Попит на газифікаційні установки середньої продуктивності для різних газів зростає, тому тему можна вважати актуальною.

**Мета роботи** - адаптація існуючих методів розрахунку газифікаційних установок для проектування систем отримання кріогенних продуктів у вигляді газу та конденсату.

**Об'єктом дослідження** є газифікаційна установка для отримання 250 м<sup>3</sup>/год азоту під тиском 16,5 МПа.

**Предметом дослідження** є процеси, які здійснюються в елементах установки.

**Методи дослідження** є числове моделювання процесів в елементах установки.

**Наукова новизна отриманих результатів.** У роботі вперше здобуті такі наукові результати:

- Отримав подальший розвиток метод розрахунку газифікаційних установок для отримання кріогенних продуктів

**Практичне значення** отриманих результатів полягає у такому:

- Розроблена методика розрахунку газифікаційних установок для отримання кріогенних продуктів у вигляді газу та конденсату.

**Фактологічною основою** роботи є підручники, навчальні посібники, інструкції по експлуатації, навчальні статті та інші матеріали з проблематики кріогенної техніки та методів розділення повітря.

### **Структура роботи**

Магістерська робота складається з вступу, 4 розділів, висновку, списку використаної літератури. Робота викладена на 76 сторінках, включаючи 10 рисунків, 12 таблиць. Список використаних джерел налічує 10 найменувань.