

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"
Хіміко-технологічний факультет
Кафедра технології неорганічних речовин, водоочищення
та загальної хімічної технології

"На правах рукопису"

УДК 661.937

«До захисту допущено»

в/о завідувача кафедри

Толстопалова Н.М. Толстопалова Н.М.

«16» 12 2019 р

МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ

зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія
спеціалізації Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення
на тему: Алгоритми і програми розрахунків розділення повітря

Виконав студент групи ХН – 81мп Нестерчук Ольга Миколаївна

(підпис)

Науковий керівник доц., к.т.н. Концевой А.Л.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Консультанти:

з економіко-організаційних рішень доц., к.т.н. Підлісна О.А.

(назва розділу МД)

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

з охорони праці

(назва розділу МД)

доц., к.т.н. Полукаров Ю.О.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Рецензент

доцент кафедри ХХТД, к.х.н. Квітка О.О.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

Нестерчук О.М.
(підпис)

Київ – 2019

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Факультет хіміко-технологічний

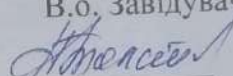
Кафедра технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної
хімічної технології

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною
програмою

Спеціальність (спеціалізація) 161 Хімічні технології та інженерія (Хімічні
технології неорганічних речовин та водоочищення) _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. Завідувача кафедри ТНР, В та ЗХТ

 Толstopалова Н.М.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«28» 10 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Нестерчук Ользі Миколаївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Алгоритми і програми розрахунків розділення повітря
науковий керівник дисертації Концевой Андрій Леонідович к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «11» листопада 2019 р. № 3871-а

2. Строк подання студентом дисертації «13» грудня 2019 р.

3. Об'єкт дослідження – процес розділення повітря: схеми високого та
низького тиску.

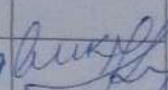
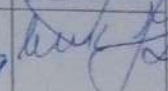
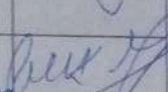
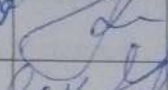
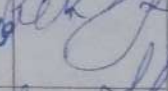
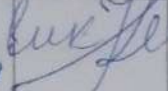
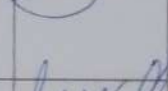
4. Предмет дослідження – алгоритми і програми матеріальних, теплових і
конструктивних розрахунків розділення повітря.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: програма та алгоритм розрахунку в середовищі Microsoft Excel матеріального та теплового балансу, основного технологічного обладнання схем розділення повітря.
6. Орієнтовний перелік ілюстративного (графічного) матеріалу: презентація, що містить результати та обговорення комп'ютерних розрахунків.
7. Консультанти розділів дисертації

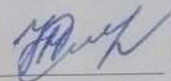
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Економічний	Підлісна О.А.	10.10.19	17.12.19
Охорона праці	Полукаров Ю.О.		

8. Дата видачі завдання «04» листопада 2019 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд літературних джерел	01.11.2019 - 10.11.2019	
2.	Розробка програми для розрахунку матеріальних балансів	05.11.2019 - 14.11.2019	
3.	Розрахунок теплового балансу розділення повітря	12.11.2019 - 19.11.2019	
4.	Розрахунок основного технологічного обладнання	16.11.2019 - 22.11.2019	
5.	Розрахунок собівартості роботи та функціонально-вартісних аналіз алгоритмів та програм	23.11.2019 - 28.11.2019	
6.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	29.11.2019 - 06.12.2019	
7.	Оформлення результатів	15.12.2019 - 18.12.2019	

Студент

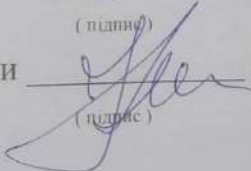


Нестерчук О.М.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник роботи



Концевой А.Л.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 146 стор.; 22 рис.; 55 табл.; 10 посилань.

Об'єкт дослідження – процес розділення повітря: схеми високого та низького тиску.

Процес розділення повітря доволі технологічно складний і потребує детального вивчення. Існує три принципи розділення повітря: мембранний, адсорбційний та кріогенний. Досліджувались схеми високого та низького тиску розділення повітря. Принцип кріогенних установок заснований на зріджуванні повітря та подальшому його поділі на азот, кисень та аргон. Такий спосіб одержання газів називається методом низькотемпературної ректифікації.

Установки розділення повітря розділяються за тиском циклу розділення на установки високого, середнього та низького тиску. В магістерській дисертації було досліджено дві схеми, а саме високого та низького тиску.

Визначено небезпечні фактори при проведенні наукової роботи та розраховано собівартість її виконання, а також проведено функціонально-вартісний аналіз.

Метою магістерської дисертації є розробка алгоритмів і програм в середовищі Microsoft Excel для розрахунку процесу розділення повітря.

РОЗДІЛЕННЯ ПОВІТРЯ, РЕКТИФІКАЦІЯ, МАТЕРІАЛЬНИЙ
БАЛАНС, ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС, КОНДЕНСАТОР, РЕКТИФІКАЦІЙНА
КОЛОНА, ОХОРОНА ПРАЦІ, ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНИЙ АНАЛІЗ,
СОБІВАРТІСТЬ

ABSTRACT

Explanatory note: 146 p.; 22 figures; 55 tables; 10 references.

The object of study is the process of air separation: high and low pressure circuits.

The process of air separation is quite technologically complicated and needs detailed study. There are three principles of air separation: membrane, adsorption and cryogenic. The schemes of high and low air separation pressure were investigated. The principle of cryogenic installations is based on the liquefaction of air and its further division into nitrogen, oxygen and argon. This method of producing gases is called the low-temperature distillation method.

The air separation settings are divided by the pressure of the separation cycle into the high, medium and low pressure settings. In the master's thesis two circuits were investigated, namely high and low pressure.

Hazardous factors were identified during the scientific work and the cost of its implementation was calculated, as well as functional and cost analysis.

The aim of the master's thesis is to develop algorithms and programs in Microsoft Excel to calculate the air separation process.

AIR DIVISION, RECTIFICATION, MATERIAL BALANCE, HEAT
BALANCE, CONDENSER, RECTIFIER COLUMN, LABOR SAFETY,
FUNCTIONAL AND COST ANALYSIS, COST

ЗМІСТ	Стор.
ВСТУП.....	9
1 ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ РОЗДІЛЕННЯ ПОВІТРЯ.....	11
1.1 Зрідження газів.....	11
1.2 Дроселювання повітря.....	12
1.3 Детандування повітря.....	14
1.4 Мінімальна робота розділення повітря.....	18
1.5 Залежність між складом рідкого повітря і пари над ним.....	18
1.6 Ректифікація повітря.....	23
2 МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ХОЛОДУ І ЇХ ЗОБРАЖЕННЯ НА T-S ДІАГРАМІ.....	28
2.1 Поняття про ідеальний холодильний цикл.....	29
2.2 Цикл із дроселюванням.....	31
2.3 Цикл високого тиску з детандером.....	34
2.4 Цикл низького тиску з турбодетандером (цикл П.Л. Капіци).....	36
3 ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ І ПРОДУКЦІЇ,ЩО ВИРОБЛЯЄТЬСЯ.....	40
3.1. Характеристика атмосферного повітря, яке застосовується в якості сировини.....	40
3.2 Характеристика продукції, що виробляється.....	44
3.2.1 Азот газоподібний і рідкий.....	44
3.2.2 Кисень газоподібний і рідкий.....	46
4 РОЗДІЛЕННЯ ПОВІТРЯ: СХЕМА ВИСОКОГО ТИСКУ.....	48
4.1 Опис технологічної схеми установки.....	48
4.1 Матеріальний баланс установки.....	50
4.1.1 Матеріальний баланс нижньої ректифікаційної колони.....	59
4.1.2 Матеріальний баланс верхньої ректифікаційної колони.....	64
4.2 Баланс холоду установки.....	71
4.2.1 Розрахунок теплового балансу нижньої ректифікаційної колони.....	76
4.2.2 Розрахунок теплового балансу верхньої ректифікаційної колони.....	79
4.3 Конструктивні розрахунки.....	82
4.3.1 Розрахунок кількості теоретичних і практичних тарілок, діаметра і висоти верхньої ректифікаційної колони.....	82
4.3.2 Розрахунок кількості теоретичних тарілок, діаметра і висоти нижньої ректифікаційної колони.....	86
4.3.3 Розрахунок кожухотрубного конденсатора.....	91

1. Глизманенко Д.Л. Получение кислорода. Изд. 5-е. М.: Химия, 1972. – 752 с.
2. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л. Л. Технологія зв'язаного азоту: підручник /– Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, О. Я. Лобойко та ін. – Харків.: НТУ «ХПІ», 2007. – 536 с.
3. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник / Под общ. ред. чл.-корр. РАН А.В. Клименко и проф. В.М. Зорина – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 632 с.
4. Методи розрахунків у технології неорганічних виробництв: Ч. 1. Зв'язаний азот [Текст] : підручник / О. Я. Лобойко, Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, І. О. Слабун; За ред. О. Я. Лобойко і Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКОГО. – 3-тє вид., доп. і перероб. – Х. : НТУ «ХПІ», 2001. – 511 с.
5. Концевой А.Л. Прикладні розділи технології неорганічних речовин. Навчальний посібник для студентів хіміко-технологічного факультету напряму 6.051301 професійного спрямування «Хімічні технології неорганічних речовин». (Свідоцтво НМУ № Е13/14-036). / А.Л. Концевой, С.А. Концевой. – Київ, НТУУ «КПІ», 2013. – 303 с.
6. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Учебник для вузов – 7-е изд. – М.: Госхимиздат, 1961. – 831 с.
7. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд. 2-е В 2-х кн.: Часть 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. М.: Химия, 1995. – 400 с.
8. Економічна частина магістерської дисертації: розроблення стартап-проекту: [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / О.А. Підлісна, Ю.В. Тюленева ; КПІ ім.