

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

На правах рукопису

Векшин Віталій Олександрович

УДК 66.097.3

Очищення викидних газів абсорбції від оксидів нітрогену  
у виробництві нітратної кислоти

05.17.01 – технологія неорганічних речовин

Дисертація на здобуття вченого ступеню кандидата технічних наук

Науковий керівник

доктор технічних наук,  
професор Лобойко О.Я.

м. Харків – 2016

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД .....	9
1.1. Проблема забруднення атмосфери газовими викидами виробництва нітратної кислоти .....	9
1.2. Методи знешкодження газів від NO <sub>x</sub> .....	10
1.2.1. Абсорбційне очищення викидних газів абсорбції .....	10
1.2.2. Способи адсорбційного очищення викидних газів .....	12
1.2.3 Каталітичне очищення газів від оксидів нітрогену .....	13
1.2.3.1. Високотемпературне каталітичне очищення .....	13
1.2.3.2 Низькотемпературне каталітичне очищення .....	17
1.3. Каталізатори, які використовуються у процесах очищення газів .....	19
1.3.1. Основні вимоги, які пред'являються до каталізаторів очищення газів. ..	19
1.3.2. Каталізатори на носіях та їх застосування у процесі очищення газів ..	19
1.3.3. Каталізатори на металевих носіях та їх особливості .....	24
1.4 Висновки по аналітичному огляду та постановка задачі досліджень ...	26
РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ МЕТАЛЕВОГО НОСІЯ ДЛЯ КАТАЛІЗАТОРА ВІДНОВЛЕННЯ NO <sub>x</sub> ДО N <sub>2</sub> .....	28
2.1 Вибір металу носія .....	28
2.2. Обґрунтування методу формування поверхні носія .....	31
2.3 Методика підготовки поверхні носія каталізатора та експериментальна установка .....	34
2.4 Фізико-хімічні дослідження оксидного шару анодованих зразків .....	40
2.4.1 Визначення товщини і структури оксидного шару .....	40
2.4.2 Визначення пористості і твердості оксидного шару .....	43
2.4.3 Дослідження носіїв на термостійкість .....	46
2.4.4 Дослідження термостабільності і адгезії .....	48
2.5 Висновки .....	50

РОЗДІЛ 3. СТВОРЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КАТАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ .....	51
3.1 Обґрунтування вибору активного компонента .....	51
3.2 Підготовка початкових речовин .....	53
3.3 Методика нанесення активного компонента .....	56
3.4 Дослідження впливу кількості просочень та тривалості просочення на структуру активного компонента .....	56
3.5 Дослідження залежності вмісту платини в активному шарі від концентрації хлору .....	59
3.6 Фізико-хімічні дослідження геометрії та розподілення частинок платини на поверхні носія .....	61
3.7 Висновки .....	66
РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ КОНКУРУЮЧИХ КИСЛОТ НА ФОРМУВАННЯ АКТИВНОГО ШАРУ. АКТИВНІСТЬ КАТАЛІЗАТОРА .....	67
4.1 Дослідження впливу конкуруючих кислот на формування активного шару .....	67
4.2 Фізико-хімічні дослідження зразків каталізаторів .....	71
4.3 Дослідження зразків каталізатора на каталітичну активність .....	76
4.3.1 Опис лабораторної установки, методики проведення експерименту і хімічних аналізів .....	76
4.4 Визначення стабільності отриманого каталізатора .....	85
4.4.1. Визначення причин дезактивації отриманого каталізатора .....	90
4.4.2 Обґрунтування результатів отриманих досліджень .....	94
4.5 Математична модель процесу відновлення .....	97
4.5.1. Основні дані для створення моделі .....	97
4.5.2 Експлуатаційна модель роботи каталітичної системи .....	98
4.5.3 Зв'язок між експлуатаційними характеристиками і фізико-хімічними характеристиками .....	103
4.6. Висновки .....	106

РОЗДІЛ 5. Відновлення оксидів нітрогену аміаком та розрахунок реактора каталітичного очищення .....	107
5.1 Розрахунок критерію Рейнольда .....	108
5.2 Визначення кінетики процесу.....	109
5.3 Розрахунок реактору відновлення NO <sub>x</sub> .....	131
5.4 Технологічна схема приготування стільникового каталізатора .....	141
5.5 Розрахунок собівартості каталізатора .....	144
5.6 Еколого-економічна оцінка збитків від забруднення атмосфери NO <sub>x</sub> .....	148
5.7 Висновки .....	151
ВИСНОВКИ .....	153
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	156
Додаток А .....	179
Додаток Б .....	181