

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

ХІМІКО - ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ НЕОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

ТА ЗАГАЛЬНОЇ ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

«На правах рукопису»
УДК 66.091:648.18.661.8

«До захисту допущено»

в.о. завідувача кафедри
_____ Толстопалова Н.М.
(підпис)

“ ” _____ 2017р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 8.05130101 Хімічні технології неорганічних речовин

на тему: Безфосфатні технічні мийні засоби поліфункційної дії

Виконала: студентка 6 курсу, групи ХН-51м Книш Надія Володимирівна _____
(підпис)

Науковий керівник к.х.н., доцент Прокоф'єва Галина Миколаївна _____

(підпис)

Рецензент к.х.н., науковий співробітник інституту високомолекулярних сполук
НАНУ Філіпович А.Ю. _____
(підпис)

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

Студент _____ Н.В. Книш
(підпис)

Київ – 2017 року

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

Інститут (факультет) Хіміко-технологічний факультет

Кафедра технології неорганічних речовин та загальної хімічної технології

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 8.05130101 Хімічні технології неорганічних речовин

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Толстопалова

Н.М.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«__» _____ 2017 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту**

Книш Надії Володимирівні

1. Тема дисертації: Безфосфатні технічні мийні засоби поліфункційної дії., науковий керівник дисертації Прокоф'єва Галина Миколаївна, к.х.н., доцент, затверджені наказом по університету від «28» березня 2017 р. №1222-С
2. Термін подання студентом дисертації 26.05.17
3. Об'єкт дослідження: полімерні та неіоногенні поверхнево-активні речовини поліфункційної дії
4. Предмет дослідження: розробка ефективних низькотемпературних технічних мийних засобів на основі дослідження комплексоутворюючих, мийних та антикорозійних властивостей інгредієнтів.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: аналіз науково-технічної та патентної літератури з проблем забруднень техніки та способів її очищення; аналіз зразків відкладень, визначення методів дослідження, встановлення характеру взаємодії в системах «катіон забруднення – інгредієнти мийних композицій», дослідження мийних властивостей та корозійної активності інгредієнтів мийних композицій в присутності безфосфатних інгібіторів, встановлення механізму дії розроблених ТМЗ, проведення промислових

випробувань та розробка нормативної документації.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: презентація, що містить результати експериментальних досліджень та математичні розрахунки.

7. Орієнтовний перелік публікацій: 2 статті, технічні умови та п'ятнадцять тез на міжнародних конференціях.

8. Дата видачі завдання 28.03.2017

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд літературних даних за темою завдання		
2	Вибір фізико-хімічних методів дослідження		
3	Спектрофотометричні дослідження водних розчинів інгредієнтів та систем «катион забруднення – модифікатор»		
4	Синтез комплексних сполук катіону заліза з рядом ефірів гідроксоетилцелюлози		
5	ІЧ-спектроскопічні дослідження		
6	Дослідження піноутворення розчинів		
7	Дослідження корозійної активності розроблених ТМЗ		
8	Розробка нормативної документації		
9	Оформлення результатів		

Студент

(підпис)

Н.В. Книш

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Г.М. Прокоф'єва

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: с.; рис.; табл.; посилань; додатків.

Експлуатаційна надійність газотранспортного обладнання підтримується за рахунок своєчасних планових промивок їх проточних частин. Забруднення призводить до значної втрати потужності обладнання, сприяє збільшенню енергозатрат. Тому актуальним є розробка технічних мийних засобів на основі полімерних та неіоногенних ПАР, активних допоміжних інгредієнтів. Технічні мийні засоби забезпечують комплексну підтримку промислової чистоти обладнання.

Робота виконувалась згідно з «Постановою КМУ від 20 серпня 2008 р. № 717. Технічний регламент мийних засобів», з «Енергетичною стратегією України на період до 2030 р. Схваленою розпорядженням КМУ від 15 липня 2013 р. № 1071-р» та «Загальнодержавною програмою зменшення і поступового припинення використання на території України миючих засобів на основі фосфатів на 2016 – 2018 роки».

Мета роботи полягає у розробці ефективних безфосфатних технічних мийних засобів на основі полімерних та неіоногенних поверхнево-активних речовин поліфункційної дії, активних допоміжних добавок та поставлення ТМЗ на виробництво.

Сучасними фізико-хімічними методами проведені дослідження взаємодії основних інгредієнтів ТМЗ з інгредієнтами забруднень та вибір допоміжних добавок, які покладено в основу складу ТМЗ.

Розроблена нормативно-технічна документація (технічні умови, технологічний регламент) згідно державних стандартів розробки і поставлення продукції на виробництво. Результати розробок з позитивним результатом пройшли промислові випробування.

ТМЗ, ГАЗОТУРБІННИЙ АГРЕГАТ, ПАР, ЗАБРУДНЕННЯ, КОМПЛЕКСНІ СПОЛУКИ, КОРОЗІЯ, ТЕХНІЧНІ УМОВИ

ABSTRACT

Explanatory note: p.; Fig.; Table; references; applications.

The operational reliability of gas transportation facilities is supported by timely planning washes their flowing parts. Pollution leads to a significant loss of power equipment, increases energy costs. Therefore, it is urgent to develop technical detergents based on polymer and non-ionic surfactants, auxiliary active ingredients. Technical detergents provide comprehensive support for industrial equipment cleanliness.

Work performed under the "Decree from Cabinet of Ministers of Ukraine of 20 August 2008 r. № 717. Technical Regulations detergents ", " Energy Strategy of Ukraine till 2030 approved by Cabinet of Ministers of Ukraine dated July 15, 2013 year. № 1071-y " and "National program of reducing and extinction using detergents based on phosphates in Ukraine 2016 - 2018 years".

The aim of the research: is to develop efficient technical detergents based on polymer and non-ionic surfactants with polyfunctional action, additives and to put into TD production.

With the help of modern physicochemical methods, it was tested the interaction of basic ingredients with pollution ingredients and chosen auxiliary additives underlying structure of TD.

The normative-technical documentation (specifications, production schedules) according to national standards is developed and put into production. Development results passed industrial tests with positive outcome.

TD, GAS TURBINE UNIT, SURFACTANTS, POLLUTION, COMPLEX COMPOUNDS, CORROSION, TECHNICAL SPECIFICATION

Зміст

	Стор
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	9
ВСТУП.....	10
1 ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	12
1.1 Забруднення газотранспортного обладнання.....	12
1.2 Поверхнево-активні речовини в безфосфатних технічних мийних засобах для видалення забруднень.....	16
1.2.1 Класифікація ПАР.....	16
1.2.2 Механізм дії мийних ПАР.....	18
1.2.2.1 Поверхнева активність.....	21
1.2.2.2 Розчинення та змочувальна дія ПАР.....	22
1.2.2.3 Солюбілізуюча здатність ПАР.....	25
1.2.2.4 Мийна дія ПАР.....	25
1.2.2.5 Біохімічний розклад ПАР.....	26
1.3 Способи очистки газотранспортного обладнання.....	29
1.3.1 Основні вимоги до засобів очистки осьових компресорів.....	29
1.3.2 Способи очистки газотранспортного обладнання.....	30
1.4 Опис і характеристика речовин для їх дослідження і вибору...36	
1.4.1 Неіоногенні ПАР – основні інгредієнти безфосфатних ТМЗ поліфункційної дії.....	36
1.4.1.1 Характеристика неіоногенних ПАР (Tergitol).....	39
1.4.1.2 Будова і властивості целюлози та характерис- тика полімерних неіоногенних ПАР (Bermocoll).....	41
1.4.2 Характеристика моноізопропаноламіну.....	42
1.4.3 Характеристика активних і допоміжних добавок до безфосфатних ТМЗ.....	44
1.5 Вибір напрямку дослідження для безрозбірної очистки компресної техніки.....	46

2 МЕТОДИ ЕКСПЕРИМЕНТУ	48
2.1 Метод електронної спектроскопії.....	48
2.2 Метод інфрачервоної спектроскопії.....	50
2.3 Метод поляризаційного опору.....	51
2.4 Метод електронної мікроскопії.....	52
2.5 Математична обробка результатів експерименту.....	55
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ..	58
3.1 Спектрофотометричне дослідження систем Fe(III) – Vermocol водних розчинів B01, B03, B04, B05, B10	58
3.2 Інфрачервоне дослідження систем Fe(III) – ПАР.....	77
3.3 Визначення швидкості корозії методом поляризаційного опору у водних розчинах B01, B03, B04, B05, B10.....	79
3.4 Дослідження мийних та змочувальних властивостей розчинів B01, B03, B04, B05, B10 та систем B01 (B03, B04, B05, B10) – МПА.....	95
4 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	108
4.1 Обґрунтування необхідності вдосконалення складу безфосфатних ТМЗ поліфункційної дії та технологія їх виробництва.....	108
4.1.1 Технологічна схема виготовлення безфосфатних ТМЗ поліфункційної дії.....	109
4.2 Розробка технічних умов на засоби безфосфатні мийні технічні поліфункційної дії та рекомендації по їх застосуванню.....	112
4.3 Вдосконалення системи та режимів безрозбірної промивки проточної частини ГТУ.....	113
4.3.1 Технологічна схема промивки проточної частини ГТУ	
4.4 Обґрунтування економічної доцільності виробництва і використання ТМЗ.....	117
5 START UP ПРОЕКТ.....	120

ВИСНОВКИ.....	124
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ.....	126
ДОДАТКИ.....	133

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ГТУ – газо-турбінна установка;

ГТА – газо-турбінний агрегат;

ГТУ – газо-турбінний двигун;

ТМЗ – технічний мийний засіб;

ПАР – поверхнево-активні речовини;

ГЕЦ – гідроксоетилцелюлоза;

В-0n – ефіри гідроксоетилцелюлози з різною довжиною вуглеводневого ланцюга;

МІПА – моноізопропаноламін;

к.к.д – коефіцієнт корисної дії;

ЕМ – електронний мікроскоп;

СЕМ – скануючий електронний мікроскоп;

РЕМ – рамповий електронний мікроскоп;

λ – довжина хвилі;

A – світлопоглинання;

R_p – опір поляризаційний;

T_л – температура лопатки.

ВСТУП

До проблемних напрямків в сучасній економіці відносяться зменшення імпортової сировини, збільшення коефіцієнтів використання природних ресурсів, палива, енергії та вирішення екологічних проблем. В досягненні цих завдань провідна роль належить зменшенню енергетичних витрат при використанні техніки, впровадженню безвідходних та маловідходних виробництв, а також альтернативних джерел енергії.

Раціональне використання паливно-енергетичних, сировинних ресурсів, яке пов'язане з одночасним рішенням екологічних питань, відносяться до глобальних проблем розвитку сучасних технологій в базових галузях народного господарства. У рішеннях цих задач провідна роль належить підвищенню коефіцієнтів використання техніки, залучення безвідходних та маловідходних виробництв.

Через активацію цих процесів руйнуються лопатки компресорів та газових турбін, а їх відламки при високій швидкості обертання подальше руйнують на своєму шляху цілі лопатки, виводячи ГТУ зі строю і різко знижуючи продуктивність газової магістралі.

Попередження утворенню відкладень на поверхні обладнання чи впровадження екологічно чистих технологій очистки промислового обладнання від цих відкладень в значній мірі забезпечується чисткою повітряних потоків та використання замкнутих систем промивки.

При цьому особисту цікавість викликає можливість потрапляння в потік аерозольних забруднень мастильних матеріалів із підшипників, що призводить до накопичення елементів забруднення у розчинах технічних миючих засобів (ТМЗ) та можливого їх концентруванню у зоні експлуатації обладнання. Тому актуальним є необхідність розробки ефективних технічних миючих засобів для очистки газотурбінного та технологічного обладнання, що дасть можливість вирішити питання зниження питомих енерговитрат.

Головними вимогами до складових мийної композиції слугують: висока

мийна здатність та низька корозійна активність, а також екологічна безпечність ПАР та неорганічних інгредієнтів, відсутність імпорتنих дефіцитних пожежонебезпечних світлих нафтопродуктів. Вибір антикорозійних інгредієнтів для ТМЗ передбачає забезпечення відсутності впливу на ефективність мийної композиції.

Розробка ТМЗ здійснювалась шляхом введення до їх складу інгредієнтів поліфункційної дії. В якості головних інгредієнтів розглянуто ряд ефірів гідроксоетилцелюлози (Bermocoll) з різною молярною масою (B-1 – B-10) та аміновмісні сполуки моноізопропаноламін (МІПА).

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання: встановлення взаємодії в системах «модифікатор – катіон забруднення»; дослідити можливість використання гідроксоетилцелюлози, як модифікатору ТМЗ; вивчити корозійну дію розчинів ПАР на внутрішні елементи ГТУ; дослідити мийну властивість отриманих систем; провести промислові випробовування.

Об'єктами дослідження були інгредієнти поліфункційної дії та технологічні забруднення.

Предмети дослідження: модифікування мийних композицій, вивчення комплексоутворюючих, антикорозійних та мийних властивостей, розробка нормативної документації на виробництво і використання безфосфатних технічних мийних засобів поліфункційної дії.

За результатами виконаних досліджень опубліковано 2 статті у науковому журналі, 15 тез доповідей на міжнародних конференціях та технічні умови на безфосфатні технічні мийні засоби поліфункційної дії, проведені промислові випробування з позитивними рекомендаціями.

Метою дослідження є розробка безфосфатних технічних мийних засобів поліфункційної дії на основі дослідження властивостей та характеристик нових полімерних неіоногенних ПАР, вибір активних допоміжних добавок та розробка нормативної документації (технічні умови, технологічний регламент) на виробництво та застосування ТМЗ.

1 ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Забруднення газотранспортного обладнання

У процесі експлуатації технічний стан турбокомпресора і його характеристики поступово погіршуються. Практика показує, що основною причиною зміни характеристик є занесення проточних частин турбін і компресора, що призводить до виникнення відкладень і зниження к.к.д. газотурбінного агрегату.

Відкладення на лопатках турбіни можна умовно поділити на три основні типи: зольні сухі, подібні до попелу відкладення товщиною 0,1...0,3 мм, які володіють відносно високою шорсткістю (перший тип); мазеподібні відкладення сажі, які досягають товщини 3 мм (другий тип); тверді пористі відкладення, що утворюються внаслідок вигорання відкладень другого типу (третій тип).

Виникнення відкладень починається з утворення на лопатках смолистолакової плівки що з'являється в результаті як високотемпературного окиснення продуктів згорання палива безпосередньо на металевій поверхні, так і конденсації різних продуктів окиснення вихлопних газів.

Кількість відкладень та їх тип визначаються багатьма чинниками:

- точкою роси парових мікродомішок потоку;
- температурою поверхні лопаток;
- сортом використаного палива;
- режимом роботи обладнання.

Проте, вирішальними чинниками є три перші чинники.

При $T_{\text{л}} < 300^{\circ}\text{C}$, незалежно від сорту палива, відкладення мають консистенцію густої мазі з великою смолистістю (другий тип). Зростання їх шару спостерігається в межах зони, в якій створюються термічні умови для утворення смолянистих речовин.

Після досягнення такої зони товщина відкладення не збільшується, що пояснюється припиненням перенесення в приграничний шар з потоку газу рідких органічних і гетероорганічних сполук, здатних скласти цементуючу базу відкладень.

Товщина шару стабілізується на достатньо високому рівні (2-3 мм). При зниженні температур до 200°C в'язкість відкладень різко зменшується, а при $T_{\text{л}} \leq 150^{\circ}\text{C}$ вони стають рідкими і здуваються потоком повітря.

Перехід на режим роботи з $T_{\text{л}} > 300^{\circ}\text{C}$ призводить до припинення зростання відкладень та їх висушуванню.

Проте, товщина шару, що раніше утворився, при $T_{\text{л}} < 300^{\circ}\text{C}$ не зменшується, шар тільки ущільнюється. При $T_{\text{л}} > 400^{\circ}\text{C}$ рідина повністю випаровується з-під шару відкладень, дотичних з лопаткою, унаслідок чого утворюються відкладення третього типу. Подальша експлуатація протягом 1-2 годин при $T_{\text{л}} \geq 500^{\circ}\text{C}$ може призвести до відшаровування відкладень (режим "Протога"). "Протог" на середніх навантаженнях ($350^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{л}} \leq 500^{\circ}\text{C}$) вимагає багатогодинної роботи, причому будь-яке короткочасне зменшення і навантаження призводить до часткової або повної реставрації відкладень [1].

Таким чином, можна зробити висновок: занесення проточної частини турбіни - неминучий чинник експлуатації, тип відкладень і їх товщина залежать від режиму роботи.

Відкладення на робочих і соплових лопатках турбіни призводять до збільшення витрат тертя, впливають на профільні витрати. При невеликій відносній товщині шару відкладень основний вплив на зниження к.к.д. турбіни надає відносна шорсткість соплових і робочих лопаток. Досвід експлуатації показує: відносна шорсткість відкладень першого типу складає $(1-1,5) \cdot 10^{-3}$, що призводить до зниження к.к.д. турбіни на 3-4%, відносна шорсткість відкладень другого типу складає $(3-5) \cdot 10^{-3}$ - це знижує к.к.д. на 6-8%. Граничне значення відносної шорсткості складає

$8 \cdot 10^{-3}$.

Подальше її зростання на зниження к.к.д. турбіни практично не впливає. В той же час при збільшенні товщини відкладень к.к.д. турбіни моно-тонно знижується і складає 3-4%, що менше ніж втрати від шорсткості.

Отже, можна зробити висновок, що середньоексплуатаційний к.к.д. турбіни при відкладеннях першого типу нижче за стендовий рівень на 5-7%, а при відкладеннях другого типу - на 8-10%.

Техніка, яка поступає на обслуговування, на зовнішній та внутрішній поверхні має забруднення, які знижують якість роботи по дефектації деталей та якість ремонту і ресурс техніки при її експлуатації. При цьому забруднення характеризуються досить міцним зв'язком з поверхнею деталей. Розрізняють три ступені забруднення: слабка, середня, сильна. При слабкому забрудненні поверхня деталей вкрита легким нерівномірним забрудненням (масло, пил). При середньому - поверхня деталей вкрита невеликим рівномірним шаром змазки, емульсійних охолоджуючих рідин з частками металевої стружки. При сильному забрудненні - поверхня деталей вкрита товстим шаром консерваційної змазки чи масла після термічної обробки.

Забруднення на зовнішній та внутрішній поверхні умовно поділяють на експлуатаційні, технологічні, а також залишки протикорозійних та лакофарбних матеріалів [2].

Експлуатаційні забруднення включають речовини білкової основи, продукти корозійного ураження техніки, та життєдіяльності мікроорганізмів, відкладення у системах охолодження та інше.

При експлуатаційному забрудненні джерелами є: мікроорганізми, продукти їх життєдіяльності та біокорозії; забруднення з ґрунтових джерел; забруднення від залишків палива – змащувальні матеріали; продукти корозії.

Структурна схема утворення забруднень від паливо - змащувальних

матеріалів наведена на рисунку 1.1.

Технологічні забруднення включають в себе різні механічні домішки, які накопичуються у техніці при її виготовленні, зборці та ремонті. До них належать: механічна стружка, залишки абразивних матеріалів, поліровочних та притирочних паст, потовщуючих матеріалів.

При очистці техніки під час її ремонту та обслуговування виникає необхідність видаляти не тільки забруднення, які утворилися при експлуатації техніки, але й залишки протикорозійних та лакофарбних матеріалів.

До протикорозійних матеріалів належать пластичні змазки, плівкоутворюючі інгібовані нафтові склади, воскові водоемульсійні продукти [3].

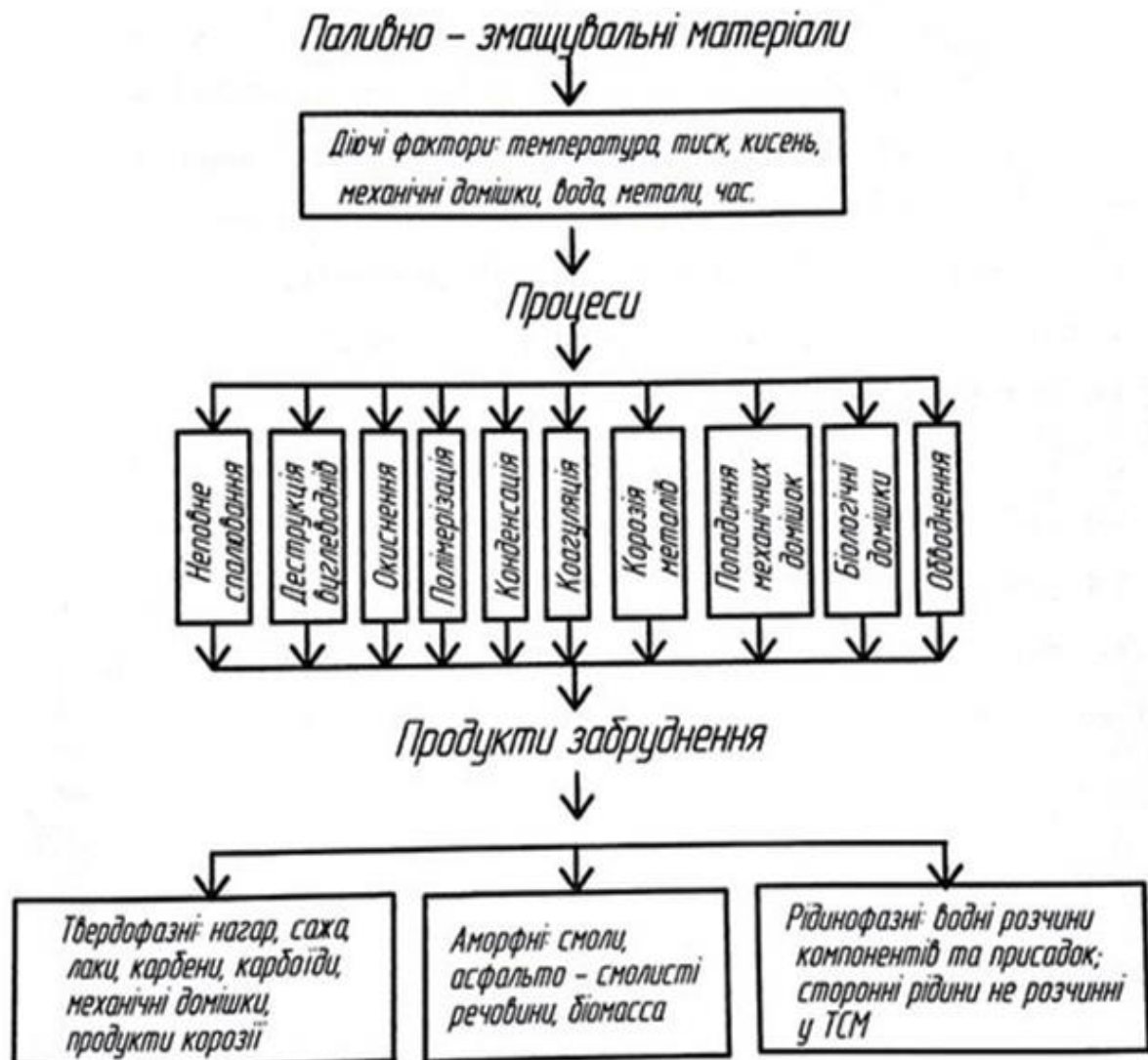


Рисунок 1.1 – Структурна схема утворення забруднень від паливо-змащувальних матеріалів

1.2 Поверхнево-активні речовини в безфосфатних технічних мийних засобах для видалення забруднення

1.2.1 Класифікація ПАР

Всі поверхнево-активні речовини діляться на чотири класи: аніоноактивні, катіоноактивні, неіоногенні і амфолітні [4].

Аніоноактивні ПАР - це з'єднання, які у водних розчинах дисоціюють з утворенням аніонів, що обумовлюють поверхневу активність. На частку аніоноактивних з усіх вироблених ПАР припадає понад 70%. Серед них найбільше значення мають алкілбензолсульфонати, алкілсульфонати і алкілсульфати.

Катіоноактивні ПАР - це з'єднання, які у водному розчині дисоціюють з утворенням катіонів, що визначають поверхневу активність. Обсяги виробництва і споживання катіоноактивних ПАР значно менше аніоноактивних, однак випуск їх збільшується, так як вони мають цінні властивості - бактерицидність. У синтетичних очищувальних засобах з дезинфікуючою дією використовуються четвертинні амонієві солі первинних, вторинних і третинних амінів, а останнім часом і оксиди амінів.

Неіоногенні ПАР - це з'єднання, які розчиняються у воді, не іонізуючи. Розчинність неіоногенних ПАР у воді обумовлюється наявністю в них функціональних груп. Як правило, вони утворюють гідрати у водному розчині внаслідок виникнення водневих зв'язків між молекулами води і атомами кисню поліетіленгліколевої частини молекули ПАР. До неіоногенних ПАР відносяться: полігліколеві ефіри жирних спиртів, полігліколеві ефіри жирних кислот, полігліколеві ефіри амідів жирних кислот. Крім зазначених є безліч інших неіоногенних ПАР.

За обсягом виробництва і споживання неіоногенні ПАР знаходяться на другому місці після аніоноактивних; біорозклад їх досягає 100%. Оскільки неіоногенні ПАР в більшості випадків бувають рідкими або пастоподібними, вони здебільшого використовуються в рідких або пастоподібних очищувальних засобах; в порошкоподібні вводяться в вигляді добавок 2-6 мас.%.

Амфолітні ПАР - це з'єднання, які у водних розчинах іонізуються і поведуться в залежності від умов (головним чином від рН середовища), тобто в кислому розчині проявляють властивості катіоноактивних, а в

лужному розчині - аніоноактивних поверхнево-активних речовин. Амфолітні ПАР широко застосовуються у виробництві піномийних засобів і шампунів завдяки їх м'якому впливу на шкіру.

1.2.2 Механізм дії миючих ПАР

Мийний ефект розглядається як результат проявлення комплексу фізико-хімічних властивостей мийного засобу, тобто розчинюючої, змочувальної, емульгованої, диспергуючої, стабілізуючої та плівкоутворюючої здатності. Усі ці властивості є результатом дії поверхнево-активних речовин (ПАР). Тому мийні засоби відносяться до групи ПАР.

Мийною дією можна охарактеризувати як здатність речовини, та її розчинів, видаляти з поверхні забруднення та переводити їх у завислий стан у вигляді емульсії чи суспензії. Для виявлення ефективної мийної дії поверхнево- активні речовини повинні мати відповідну молекулярну будову та властивості, які дозволяють віднести їх до особливого класу мийних засобів. Ці властивості та структура характерні для одного з мийних засобів - звичайного жирового мила, і тому всі синтетичні мийні засоби розглядаються як типове мило. Окрім мила, складні мийні засоби включають ще різні активізуючі добавки - електроліти, гідрофільні захисні колоїди - стабілізатори, які перешкоджають зворотному прилипанню відмитих частинок забруднення до очищеної поверхні.

Адсорбція ПАР проходить не тільки на границі розділу фаз „рідина - повітря”, але й на границі розділу „рідина - тверде тіло”, і це явище лежить в основі мийного ефекту в цілому.

Якщо забруднення - тверда речовина, основними властивостями мийного препарату є диспергуюча, стабілізуюча, піноутворююча здатності. Завдяки малому поверхневому натягу, мийний розчин проникає у найменші зазори та тріщини між частинками забруднення та,

адсорбуючись на цих частинках, утворюють розклинюючий тиск, який подрібнює та відриває їх.

Цим же явищем адсорбції обумовлена стабілізуюча та піноутворююча здатності, які утримують частинки забруднення у підвішеному стані та сприяють їх виносу з очищеної поверхні.

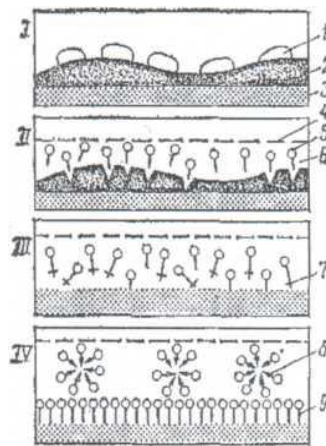
Солубілізація полягає у поглинанні гідрофобними вуглеводневими радикалами молекул нерозчинних у воді речовин. Це означає, що водневі розчини колоїдних милоподібних ПАР у відповідних умовах здатні поглинати значну кількість нерозчинних у воді речовин, як твердих так і рідких.

Стабілізація - один з важливих етапів мийного процесу, суть якого полягає у здатності мийного засобу утримувати в об'ємі забруднення, перешкоджаючи зворотному осадженні їх на поверхні деталей.

Таким чином, механізм мийного ефекту, у спрощеному варіанті, можна представити наступним чином. Спочатку проходить змочування забрудненої поверхні об'єкту розчином, який містить ПАР. Забруднення відділяються від поверхні та утримуються у розчині. Потім молекули ПАР адсорбуються на частинках забруднень. При використанні водних розчинів гідрофобні частинки ПАР направлені в сторону забруднення, гідрофільні - у розчин. На границі розділу „ забруднення - розчин” , завдяки адсорбції ПАР, різко знижується поверхневий натяг. За рахунок цього між частинкою забруднення та поверхнею об'єкта краще проникає мийний розчин, який утворює адсорбційний шар ПАР.

Виникає розклинюючий ефект, який забезпечує відрив частинки забруднення від поверхні об'єкта.

На рисунку 1.2 наведена схема мийного процесу, який складається з ряду наступних етапів.



I - IV - етапи мийного процесу; 1 - краплі води; 2 - забруднення; 3 - очищаюча поверхня; 4 - мийний розчин; 5 - гідрофільна частина молекули ПАР; 6 - гідрофобна частина молекули ПАР; 7 - перехід частини забруднення у розчин; 8 - частини забруднення, які стабілізовані у розчині; 9 - адсорбовані молекули ПАР на очищеній поверхні.

Рисунок 1.2 - Схема мийного процесу

Так як усі забруднення гідрофобні, то вода, яка має великий поверхневий натяг, не змочує забруднені поверхні, а стягує в окремі краплі (етап I). При розчиненні у воді мийного засобу поверхневий натяг розчину різко знижується і розчин змочує забруднення, проникаючи у його тріщини та пори (етап II). При цьому знижується зціплення частинок забруднення між собою та з поверхнею. При механічній дії молекулами, що видаляють, мийного засобу забруднені частинки переходять у розчин (етап III). Молекули мийного засобу обволочують забруднення та відмиту поверхню, що перешкоджає укрупненню частинок та осіданню їх на поверхні (етап IV). У результаті частинки забруднення у підвішеному стані стабілізуються у розчині і видаляються разом з ним [5].

Особливість будови молекули ПАР, що складається з гідрофобної і гідрофільної частин, обумовлює його специфічні властивості, які ефективно використовуються в процесі відмивання забруднень [6]. Розглянемо головні з властивостей, що визначають практичне призначення і застосування ПАР.

1.2.2.1 Поверхнева активність

Поверхнево-активні речовини мають здатність адсорбуватися на поверхнях розділу фаз і знижувати їх поверхневий натяг [7]. Величина поверхневого натягу рідин сильно впливає на швидкість і повноту видалення забруднень з поверхні, що очищається. Кожна молекула ПАР, яка перебуває в рідині, відчуває тяжіння з боку всіх оточуючих її молекул, і рівнодіюча цих сил дорівнює нулю. Молекули, що знаходяться на поверхні, мають надлишкову (нескомпенсовану) енергією і прагнуть піти з поверхні вглиб, тим самим стискаючи поверхню. Таким чином, поверхневий натяг - міра нескомпенсованих міжмолекулярних сил в поверхневому (міжфазному) шарі; вимірюється в Н/м або Дж/м. Поверхневий натяг води становить 72,8 мН/м при 20 °С, більшості органічних розчинників - від 20 до 60 мН/м.

Відомо, що чим вище поверхневий натяг рідини або розчину, тим важче відмиваються забруднення. Поверхнево-активні речовини мають властивість знижувати поверхневий натяг на межі поділу фаз рідина - рідина та рідина - тверде тіло.

Поверхнево-активні речовини - це органічні сполуки, молекули яких містять атомні групи, що сильно розрізняються за силою взаємодії з розчинником. Так, в молекулах ПАР є ліофільні і ліофобні (зазвичай гідрофільні і гідрофобні) групи. Слабка взаємодія з водою гідрофобних груп викликає прагнення молекули перейти з водного середовища в вуглеводневу, гідрофільні групи, навпаки, утримують молекулу у водному середовищі.

Таким чином, поверхнева активність молекули обумовлюється гідрофобними радикалами, а розчинність в воді - гідрофільними групами. Іонні ПАР дисоціюють у воді на іони, один з яких володіє адсорбційною (поверхневою) активністю, тому вони накопичуються в поверхневому шарі, інші (противоіони) не володіють нею, тому вони йдуть в розчин.

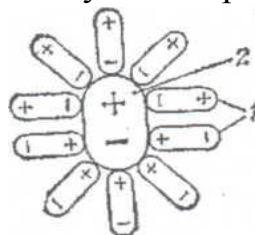
Таким чином, прояв поверхневої активності миючих речовин обумовлено дифільною молекулою ПАР. Адсорбція гідрофільних груп молекул ПАР на поверхні розділу фаз (на поверхні забруднення) викликає зниження поверхневого натягу, що і забезпечує перехід забруднень в розчин, тобто відмивання забруднень з поверхні. На цьому, власне, і ґрунтується застосування ПАР в мийних засобах.

1.2.2.2 Розчинення та змочувальна дія ПАР

Для правильного підбору розчинників та технічних мийних засобів, які забезпечують ефективну очистку техніки, створення раціональних композицій засобів очистки та розчинення, необхідно знати теоретичні основи, які покладені у суть процесів розчинення та змочування речовин.

Всередині рідини між молекулами існують сили взаємодії, які обумовлені притяганням молекул один до одного. Молекули, які мають постійний дипольний момент, називаються полярними. Дипольного моменту не виявляють неполярні речовини типу парафінових чи нафтових вуглеводнів. Молекули деяких неполярних речовин, при зіткненні з полярними, можуть індукувати дипольний момент (вуглеводні, ароматичні основи).

Характер міжмолекулярної взаємодії визначає взаємну розчинність рідин. При введенні у полярну рідину неполярної речовини її молекули легко вступають в електростатичну взаємодію з молекулами розчинюючої рідини (рисунок 1.3), утворюючи так звані сольвати. Молекули речовини рівномірно розподіляються по всьому об'ємі розчинника [8].



1 - молекула розчинника; 2 - молекула розчиненої речовини

Рисунок 1.3 - Модель сольватної оболонки

Для проходження процесу розчинення сили взаємодії між молекулами розчинника та речовини, яка розчиняється, повинні бути більші сил взаємопритягання молекул розчинника та розчиненої речовини чи рівні їм.

В основному розчинення проходить у результаті дифузії, тобто повільного проникнення молекул однієї речовини в іншу. Такий механізм розчинення характерний для неполярних речовин. У цьому випадку основне значення має в'язкість речовин, які змішуються.

Розчини - однорідні системи з рівномірним розподіленням однієї речовини в середині іншої. Найбільшу взаємну розчинність мають речовини з подібною будовою та властивостями „подібне розчиняється у подібному”. Розчинені речовини можуть утворювати з розчинником стійкі комплекси.

До розчинників, відносяться компоненти розчину, концентрація якого значно вище концентрації решти компонентів. В насиченому розчині концентрація розчиненої речовини дорівнює максимально можливій в умовах термодинамічної рівноваги з чистою речовиною, в пересиченому - перевищує цю концентрацію. Такі розчини не стабільні, в них можливе самочинне виділення надлишку пересиченого компоненту.

Змочування - виявлення міжмолекулярної взаємодії в рідині на границі зіткнення трьох фаз: „тверде тіло - рідина - газ”. Зовнішньо процес змочування проявляється у розтіканні рідини на поверхні твердого тіла.

Молекула рідини, яка розміщена на поверхні тіла, знаходиться в основному положенні, порівняно з молекулою в середині об'єму рідини. Молекула в середині об'єму рідини випробує дію сил притягання із усіх сторін, та рівнодіюча цих сил дорівнює нулю. Молекула ж, яка знаходиться на поверхні, підлягає дії сил притягання тільки зі сторони об'єму рідини,

та ці сили намагаються втягнути молекулу в середину об'єму.

Завдяки цій вільній надлишковій енергії будь-яка рідина намагається прийняти таку форму, щоб поверхня була б найменшою при даному об'ємі [9].

Одним з найважливіших факторів, що визначають швидкість миючої дії є змочуваність [10]. Змочуваність - це фізичне явище, що відбувається на межі дотику трьох фаз, одна з яких тверде тіло, а дві інші - рідина або рідина і газ. При змочуванні молекул рідини взаємодіють з молекулами твердого тіла (наприклад, забруднення) і рідина розтікається по поверхні, покриваючи її. В даному випадку сили міжмолекулярної взаємодії між рідиною і твердим тілом більше, ніж між молекулами рідини, тобто змочування твердого тіла тим краще, чим менше взаємодія між молекулами рідини. Збільшенню змочувальної здатності сприяє введення в миючий розчин ПАР, що знижують його поверхневий натяг. Наявність на поверхні жирних речовин надає їй водовідштовхувальні (гідрофобні) властивості. Це ускладнює змочування забруднень і їх відмивання. Адсорбція молекул ПАР на частинках жирних забруднень збільшує їх змочуваність і переводить їх з поверхні в миючий розчин. Отже, ПАР в розчині сприяє видаленню забруднень з поверхні. Для будь-яких ПАР максимальне змочування досягається раніше, ніж максимальна мийна дія.

1.2.2.3 Солюбілізуюча дія ПАР

Багато жирів і вуглеводів не піддаються розчиненню у воді, проте в розчинах ПАР певної концентрації вони утворюють колоїдну систему [11]. Солюбілізація - рівноважний процес розчинення нерозчинних у воді речовин мицелярними розчинами. В процесі солюбілізації розчинені низькомолекулярні вуглеводні вбудовуються в міцелу, а високомолекулярні вуглеводні – розподіляються між окремими міцелами, а ті, і інші переходять в розчин. На солюбілізацію впливають: довжина і

розгалуженість ланцюга ПАР, положення функціональної групи, температура розчину, його концентрація, добавки.

1.2.2.4 Мийна дія ПАР

Миюча дія характеризується ефективністю видалення забруднень з поверхонь і визначається: природою самої поверхні (метал, скло, пластична маса), станом поверхні, що очищається (шорстка або гладка), характером і інтенсивністю забруднення, властивостями очищувальних засобів і їх концентрацією, ступенем жорсткості води, температурою розчину, силою і тривалістю механічного впливу на поверхню, що очищається [12].

Миюча дія включає в себе ряд простих і складних процесів: змочування, диспергування, утворення захисних шарів на твердій поверхні, емульгування, суспензування, піноутворення, яке можливо з флотацією і ресорбцією забруднень і мало вивчена солубілізація.

Відомо, що миюча дія включає ряд процесів, пов'язаних з адсорбцією ПАР на поверхні [13]:

- рідина - рідина (водний розчин ПАР - рідке органічне забруднення);
- рідина - тверде (водний розчин ПАР - тверде забруднення і тверда поверхня, що очищується);
- рідина - газ (на поверхні піни).

Всі забруднення поділяються на водорозчинні та водонерозчинні, хоча, як правило, забруднення бувають змішаного виду. Водорозчинні забруднення легко видаляються водою. Нерозчинні забруднення - емульгуючими очисними засобами. Важливу роль відіграє якість води, особливо її жорсткість. У разі застосування таких засобів, як натуральні мила або очищувальні засоби на основі алкілсульфатів з довгим ланцюгом і алкілбензолсульфонатів, в жорсткій воді утворюються нерозчинні кальцієві і магнієві солі і відбувається перевитрата

очищувальних засобів. Підвищення температури миючого розчину в ряду випадків збільшує мийний ефект, оскільки при цьому знижується в'язкість жирових забруднень, збільшується їх розчинність, змочування і поліпшується їх нейтралізація. Однак підвищення температури викликає ряд негативних моментів: зниження поверхневої активності легкорозчинних ПАР, стійкості емульсій та піни, подорожчання процесу.

На ефективність миючої дії крім властивостей миючих засобів впливає ще й ступінь механічного впливу. Механічний вплив забезпечує швидке змочування поверхні і рівномірний розподіл засобу для чищення в об'ємі.

1.2.2.5 Біохімічний розклад ПАР

Захист навколишнього середовища при виробництві і застосуванні очищувальних засобів є обов'язковою і важливою умовою. Безперервно зростаюче виробництво і споживання ПАР збільшують забруднення водойм. Найбільш ефективним і економічним методом очищення стічних вод від ПАР є біохімічний метод.

Біохімічна розчинність - це розкладання під дією ферментів, що виробляються бактеріями і іншими мікроорганізмами. Біорозпад протікає дуже повільно, кінцевими продуктами його є вода і діоксид вуглецю. Для масового виробництва і споживання очищувальних засобів необхідно застосовувати такі ПАР та інші миючі речовини, які були б схильні до порівняно швидкого і повного їх розпаду.

Високий біорозклад - на 80-90% - мають алкіл бензолсульфонати з нерозгалуженим алкільним ланцюгом ($C = 10-14$); він збільшується при додаванні в розчин глюкози. Біорозклад алкілсульфонатів, отриманих з нормальних парафінів, досягає 98%, олефілсульфонатів - 90-95%, у алкілсульфатів ($C = 10-18$) - 97,9%. Неіоногенні ПАР розкладаються легше, ніж аніоноактивні, але біорозклад їх знижується зі збільшенням

числа приєднаних груп етиленоксиду і розгалуженості гідрофобної частини молекули. Сульфати неіоногенних ПАР, отриманих на основі жирних спиртів, легко розкладаються, і довжина етиленоксидного ланцюга не впливає на ступінь і швидкість розкладання. Для захисту навколишнього середовища при виробництві та споживанні очищувальних засобів найбільш раціональним шляхом є заміна алкілбензолсульфонатів алкілсульфатів і алкілсульфонатів, а також застосування натуральних жирних кислот і їх похідних, кукурудзяного крохмалю і інших, біорозклад яких є 100%.

У запропонованій класифікації найбільш перспективними для вивчення є водно-органічні композиції, які поєднують в собі властивості як водних композицій (пожежна безпека, низька токсичність), так і композицій на основі органічних розчинників (висока миюча здатність при низьких температурах і концентраціях ПАР). В наш час спостерігається тенденція до переходу від синтетичних токсичних розчинників до розчинників природного походження, таким як рослинні масла, терпени та ін. Керуючись екологічними міркуваннями в якості ПАР переважно використовуються аніонні з нерозгалуженим алкільним ланцюгом і неіоногенні з невисоким числом приєднаних етиленоксидних груп і нерозгалуженою гідрофобною частиною молекули.

Автори патенту [14] пропонують підвищити розчинну, змочувальну, знежирюючу, емульгуючу та антикорозійну здатності мийної композиції шляхом введення до її складу ПАР натрієвої солі карбоксиметилата етоксильованого ізононілфенолу та бактерицидно-антикорозійну добавку – хлористу четвертинну амонійну сіль.

Для підвищення мийної та емульгуючої здатності автори патенту [15] пропонують вводити в мийну композицію в якості ПАР продукт взаємодії оксietiльованого ізононілфенолу, триетаноламіну і гідроксиду натрію та біхромат натрію. Біхромат натрію проявляє антикорозійні властивості. Недоліком такого засобу є вміст в ньому

метасилікату натрію, так як при вмісті його більше 20% на поверхні відбувається виділення SiO_2 , який заважає очищенню, тобто знижує мийну здатність.

Патент [16] описує мийний засіб, який використовують для очищення металевих поверхонь від нафтопродуктів і дозволяє проводити очистку при невисоких температурах. Мийна дія полягає в тому, що при взаємодії оцтової кислоти з рідким склом відбувається нагрівання системи і утворюється кремнегель, який здатний адсорбувати нафтопродукти. Автори патенту [17] пропонують замість оцтової кислоти використовувати фосфорну. При їх взаємодії так само утворюється кремнегель, який проявляє адсорбуючі властивості та відбувається зниження робочих температур.

Автори [18] пропонують використовувати карбоксил молібдену для захисту металевих поверхонь, які контактують з водою, антифризами, мийними розчинами.

Ефективний захист забезпечують аміносполуки. Адсорбуючись моношаром на поверхні сталі аміни захищають метал від води, кисню та вуглекислого газу. Аміни розрихлюють та видаляють раніше утворені продукти корозії, іржу, яка залишилась з амінами утворює міцну плівку, зупиняючи подальше руйнування металу. Автори [19] пропонують захисну композицію, яка містить аліфатичний амін та бензоат. Для захисту сталей, які контактують з водним середовищем пропонується використовувати гідроксоамінокислоту [20].

1.3 Способи очистки обладнання

Очищення поверхні техніки - це процес видалення сторонніх забруднень з поверхні до необхідного рівня чистоти. В основному очищення здійснюється механічним, фізичним, хімічним, фізико-

хімічним і хіміко-термічним способами.

Підготовка поверхні до очищення починається зі встановлення характеру і ступеню забруднення, оскільки це визначає вибір способу очищення, мийних засобів і розчинників, методів оцінки чистоти та інше.

1.3.1 Основні вимоги до засобів очистки осьових компресорів

Основними вимогами до засобів очистки осьових компресорів «на ходу» та «на холодних прокрутках» є:

- достатній очисний ефект - відновлення втрачених через забруднення компресора показників на ГТУ 70-90%;
- слабкий вплив при очистці «на ходу» на динамічний стан лопаток ОК;
- відсутність ерозійного впливу та ефекту високотемпературної корозії (обмеження вмісту Na, K, I, Va) та інших видів корозійного впливу при очистці «на ходу» (режими часткового навантаження);
- відсутність обмерзання при промивці у зимній період;
- нетоксичність при зберіганні та використанні (для персоналу та для навколишнього середовища);
- не дефіцитність та помірна ціна.

1.3.2 Способи очистки газотранспортного обладнання

Очищення ГТА може здійснюватися як в зібраному так і в розібраному вигляді. Розроблені методи очищення діляться на механічні, гідродинамічні, хімічні, а також різні комбінації цих методів.

Суть механічних методів очищення поверхонь полягає в механічній дії на відкладення шляхом введення в проточну частину компресора чужорідних тіл (наприклад кісточнової крихти), що руйнують відкладення з подальшим їх видаленням струменем рідини. При цьому з метою підвищення ефективності очищення струмені рідини переміщують

коливальними рухами.

Найефективнішими методами очищення є хімічні. Суть методів полягає в обробці забрудненої поверхні промивним розчином, що містять хімічні речовини. В даний час для очищення внутрішніх поверхонь від маслянистих і нагароподібних забруднень застосовуються спеціальні мийні рідини на основі: масла, органічних розчинників, спирту, органічних кислот, поверхнево-активних речовин.

Також способи очистки техніки можна класифікувати на суху очистку та промивку проточних частин водними розчинами ТМЗ.

Суха очистка [21] застосовується достатньо давно. При роботі компресора на режимах близьких до робочих, тобто «на ходу», у проточну частину компресора разом з повітрям подається подрібнений органічний (або неорганічний) очисник м'якої абразивності.

У якості таких матеріалів часто застосовують:

- мелену шкаларупу горіхів, фруктових кісточок, а також рис, просо, тирсу, крихту вугілля;
- інертні речовини (відпрацьовані каталізатори);

При сухій очистці завжди з'являється питання про можливість засмічення системи повітряного охолодження елементів ГТУ. Цей спосіб використання в основному для ГТД першого покоління.

В наш час метод сухої очистки на ГТД нового покоління практично не використовується.

Промивка проточних частин водними розчинами ТМЗ ОК ГТД є найбільш ефективною так як вона дозволяє практично повністю відновити характеристики потужності ОК та ГТУ.

Безрозбірна промивка проточної частини ГТД «на ходу» з періодичною промивкою на «холодних прокрутках» дозволяє зберегти показники потужності показників ГТД на весь період його експлуатації – 100 000 годин.

Рекомендовані способи видалення забруднення з поверхні техніки

представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Способи видалення забруднень

Спосіб очищення	Типи забруднень					
	Дорожньогрун- тові	Залишки олії, мастило	Асфальтено-смолисті відкладення	Нагар	Продукти	Лакофарбові матеріали
<u>Механічний:</u>						
Гідродинамічний	++	++ 1	++ 1	–	–	–
Механізований	--	--	--	++	+	--
Віброабразивний	--	--	++ 1	++ 1	++	--
<u>Фізико-хімічний:</u>						
Струменеве очищення	+	++ 1	+ 1	–	–	+
Занурення	++ 1	++ 1	++	–	++ 3	+ 2
Комбіноване (занурення + струмінь)	–	–	++ 1	–	++ 3, 1	++ 2
<u>Хіміко-термічний:</u>						
Основний розплав	--	--	+	++	+	–

Примітка: ++–застосування перспективне; +–застосовується; – –малоефективне; -- –застосування недоцільне; 1–застосування розчинів ТМЗ; 2–застосування основних розчинів; 3–застосування кислотних розчинів.

До найбільш доступних заходів техніки відноситься механічна обробка її поверхні. Механічні методи очистки використовують для видалення з поверхні деталей твердих, вуглецевих відкладень, які пригоріли і які не можуть бути видалені фізико-хімічними методами, а також залишків старого лакофарбового покриття, оксидних плівок, продуктів корозії та інших речовин [22].

Очищення за допомогою щіток дозволяє видалити плівки оксидів, окалину, продукти корозії, жирові забруднення, залишки від пально-мастильних матеріалів. При очищенні щітки змочують 2-5 % розчином карбонату натрію.

Очищення деталей в барабанах. Деталі, що очищуються разом з піском, сталеною стружкою або металічною тирсою закладають у спеціальні апарати, що обертаються. У результаті контакту деталей з абразивним середовищем відбувається їх очищення.

Дробоструменеве очищення ведеться за допомогою подачі дробу зі швидкістю не менше 80 м/с під тиском 0,5 — 0,7 МПа.

Пневматичне очищення використовують для видалення з деталей нагарів та лакоподібних відкладень. Деталі спочатку знежирюють основним розчином, потім оброблюють в пневматичних апаратах і промивають в розчиннику.

Електрохімічне очищення деталей відбувається в середовищі миючих розчинів під дією електричного поля в сталевих ваннах. Деталь, що очищається є катодом, а стінки ванни – анодом.

Гідроабразивне очищення відбувається за допомогою суспензії піску або електрокорунду у воді під тиском 0,3 — 1,0 МПа. При очищенні чорних металів у пульпу вводять такі компоненти як біхромат калію, нітрат натрію, карбонат натрію, триоксид хрому [23].

Газополуменеве очищення дозволяє видаляти з металічних поверхонь органічні забруднення, залишки фарби, окалини, ржі. Очищення проводиться із застосуванням різноманітних пальників, а кінцеве очищення проводять

металічними щітками.

Ультразвукове очищення здійснюється за рахунок дії ультразвукових коливань на рідке середовище, у результаті чого рідина зазнає розтягнення та стиснення. При цьому розвиваються миттєві місцеві тиски, або розрідження, які впливають на руйнування забруднюючих плівок, що знаходяться на деталях.

Ефективність ультразвукового очищення проводиться у середовищі ТМЗ. Зняття забруднень сприяють також місцеві підвищення температури, та хімічні реакції, які відбуваються у місцях виникнення і зникнення бульбашок, тому хімічна активність миючої рідини у вказаних умовах підвищується. Склад миючої рідини підбирається в залежності від забруднень та матеріалу деталей.

Ультразвукове очищення дає хороші результати при видаленні забруднень з глибоких отворів малого діаметру, заглибленнях в деталях складної форми та важкодоступних місць. Продуктивність праці при ультразвуковому очищенні значно вище, ніж при хімічному, а особливо механічному очищенні за рахунок малої тривалості процесу. Крім цього при ультразвуковому очищенні досягається більш високий ступінь чистоти поверхні, що обробляється. В поверхневому шарі деталей, які пройшли ультразвукове очищення, не виникають тріщини, рисок, як при механічному очищенні, не спостерігається дифузія водню в поверхневі шари та поява водневої крихкості деталей [24].

Для знежирення деталей використовують різні фізико-хімічні та електрохімічні методи з використанням індивідуальних розчинників, їх суміші, емульсії розчинників у воді, стабілізовані ПАР, водні розчини ТМЗ.

Знежирення застосовують для видалення жирових забруднень, залишок олії, консерваційних мастил та їх компонентів, спеціальних робочих рідин, полірувальних паст, металічних стружок та інших забруднень. Для знежирення рекомендують використовувати розчини лужного складу або органічні розчинники. Органічні розчинники можна розділити на наступні

групи: нафтові розчинники; ароматичні вуглеводні, спирти, складні ефіри; хлоровані вуглеводні.

У промисловості все інтенсивніше проводиться заміна органічних розчинників, які застосовуються для очищення технологічного обладнання деталей і вузлів машин від експлуатаційних забруднень, на пожежобезпечні і нетоксичні водні розчини технічних миючих засобів. З огляду на, що значну частку замінних розчинників становлять світлі нафтопродукти, це призводить до економії паливних і енергетичних ресурсів [25].

Найбільшу ефективність з лужних знежирювальних розчинів проявляють багатокомпонентні розчини, які містять гідроксид натрію, карбонат натрію (для забезпечення омиваючої дії на рослинні та тваринні жири), фосфати (підвищують миючий ефект розчину, диспергуючу дію солей кальцію та магнію та знижують жорсткість води), силікати натрію (підсилюють диспергуючий ефект розчину та утворюють на поверхні металу тонку протикорозійну плівку), ПАР (підвищують миючий ефект розчину).

Найбільш ефективне очищення техніки від забруднень відбувається при використанні комбінованих способів з використанням технічних мийних засобів та розчинників. Розрізняють пароводоструменеве очищення, пароемульсійний спосіб очищення та очищення зануренням.

Пароводоструменеве очищення полягає у подачі пароводяного струменя на поверхню, що очищується, при температурі 90-100 °C під тиском 0,5-2,0 МПа. Таким способом очищують поверхні від мастил та продуктів їх розкладу, змачень.

Пароемульсійний спосіб очищення частіше всього використовують із застосуванням ТМЗ. Суть очищення полягає у подачі підігрітого мийного розчину за допомогою насиченої пари під тиском на поверхню техніки. Очищення забезпечується за рахунок динамічного удару струменя пари, дії високих температур та мийної здатності ТМЗ.

Очищення зануренням широко використовують для видалення забруднень з деталей складної форми, переважно у мийних машинах. Таким

способом видаляють лакофарбові матеріали, асфальтено-смолисті утворення, полірувальні пасти, проводять знежирення деталей перед гальванічним покриттям.

Найефективнішими методами очищення є хімічні. Суть методів полягає в обробці забрудненої поверхні промивним розчином, що містить хімічні речовини.

В даний час для очищення внутрішніх поверхонь від маслянистих і нагароподібних забруднень застосовуються спеціальні миючі рідини на основі: масла, органічних розчинників, спирту, органічних кислот, поверхнево-активних речовин.

1.4 Опис і характеристика речовин для їх дослідження і вибору

1.4.1 Неіоногенні ПАР – основні інгредієнти безфосфатних ТМЗ поліфункційної дії

Неіоногенні поверхнево-активні речовини (ПАР) - сполуки, які розчиняються у воді, не іонізуючись. Розчинність неіоногенних поверхнево-активних речовин (ПАР) у воді обумовлюється наявністю в них функціональних груп. Як правило, вони утворюють нітрати у водному розчині внаслідок виникнення водневих зв'язків між молекулами води і атомами кисню поліетіленгліколевої частини молекули поверхнево-активних речовин (ПАР) [26].

Неіоногенні ПАР не утворюють у воді іони. Їх розчинність визначається функціональними групами з великою спорідненістю до води. Завдяки різній степені етоксилірування проявляється різноманітність властивостей цих речовин, яке призводить до багатоваріантних способів їх використання [27].

Більшу частину неіоногенних ПАР отримують конденсацією органічних речовин, що вміщують активний водень з оксидом етилену чи пропілену.

Неіоногенні ПАР можна розділити наступним чином [28]:

- етоксилати первинних або вторинних спиртів, що мають різну довжину вуглеводневого ланцюга;
- алкоксилати первинних чи вторинних жирних спиртів, що мають різну довжину вуглеводневого ланцюга;
- етоксилати з закритими групами чи алкоксилати жирних спиртів що мають різну довжину вуглеводневого ланцюга;
- етоксилати або алкоксилати алкілфенолів;
- аміноетоксилати або алкоксилати;
- алкілполіглюкозиди;
- жирні амінокислоти;
- алканоламіди жирної кислоти;
- алкілглюкаміди жирної кислоти.

За допомогою комбінації гідрофільних та гідрофобних частин ПАР можна створити широку палітру їх властивостей. Наряду з технологічними властивостями ПАР важливим також є їх екологічна токсичність та властивість до біорозкладу.

Важливими характеристиками неіоногенних ПАР є точка помутніння, гідрофільно-ліпофільний баланс, піноутворююча здатність (в основному залежить від хімічної природи ПАР), зволожуюча здатність (зволоження поверхні за певний час), поверхневий натяг, в'язкість, точка затвердіння, густина, гідроксильне число (кількість вільного гідроксиду, зворотно-пропорційне молярній масі ПАР), біорозклад.

Важливим критерієм майже для всіх неіоногенних ПАР є точка помутніння, яка визначається як температура початку процесу опалесценції попередньо нагрітого розчину. Ця температура характерна для всіх ПАР. Приєднання більшої кількості оксиду етилену до молекули ПАР підвищує

точку помутніння.

Точка помутніння етоксилатів з вмістом оксиду етилену менше 50% лежить нижче 20 °С. Подібні продукти не утворюють істинних розчинів у воді при кімнатній температурі. Етоксилати з вмістом оксиду етилену більш ніж 75% утворюють чисті розчини у воді навіть до температури точки кипіння. Точка помутніння цих ПАР визначається у розчинах з додаванням електроліту, що знижує їх розчинність [28].

Гідрофільно-ліпофільний баланс - відношення двох протилежних груп молекули - гідрофільної та гідрофобної (ліпофільної). Числа ГЛБ різних ПАР (поверхнево-активних речовин) можуть бути розраховані по спеціальним формулам як сума групових чисел або знайдені експериментально.

Система ГЛБ є у відомій мірі формальною, так як вона виходить із стехіометричного складу сполуки і не враховує геометричних властивостей будови молекул, наприклад ізомерії. Вона дозволяє виявити галузь використання ПАР, не характеризуючи досить повно її ефективності.

Відповідне застосування ПАР по значенню ГЛБ наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Застосування ПАР по значенню гідрофільно-ліпофільного балансу

Значення ГЛБ	Застосування
3-6	Емульсії типу вода у маслі
7-9	Зволожуючий агент
8-13	Емульсії типу масло у воді
13-15	Детергент
15-18	Солюбілізатор

Величина ГЛБ є однією з важливіших характеристик емульгуючих агентів, але не має вирішального значення у виробництві мийних та засобів для очищення.

1.4.1.1 Характеристика неіоногенних ПАР (Tergitol)

Неіоногенні поверхнево-активні речовини нонілфенол етоксилат під торговою назвою Tergitol (DOW) можуть бути використані у складі технічного мийного засобу (ТМЗ).

Фізичні властивості серії неіоногенних ПАР Tergitol наведені у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Фізичні властивості неіоногенних ПАР Tergitol

Властивість	NP-4	NP-6	NP-7	NP-8	NP-10
ГЛБ	8,9	10,9	12	12,6	13,2
t застигання, °C	-28	-26	-19	-6	6
Зовнішній вигляд	Блідо-жовта рідина	Блідо-жовта рідина	Блідо-жовта рідина	Блідо-жовта рідина	Блідо-жовта рідина
pH	7,2 (1%)	7,3 (5%)	6(5%)	6(5%)	6 (1%)
Динамічна в'язкість, 25 °C, cП	238	215	221	220	221
Густина 20 °C, г/мл	1,027	1,039	1,044	1,057	1,044

Tergitol NP-4 Surfactant

Переваги:

- маслорозчинна ПАР;
- емульгатор з низьким показником ГЛБ;
- має слабкий запах.

Розчинність та сумісність:

- нерозчинна у воді;

- розчинна у хлорних розчинниках та в маслах;
- хімічно стабільна у присутності розведених кислот, основ та солей;
- сумісна з милами, аніонними та іншими неіоногенними ПАР та багатьма органічними розчинниками.

Tergitol NP-6 Surfactant

Переваги:

- хороший емульгатор;
- змочувальний агент;
- стабілізатор.

Розчинність та сумісність:

- диспергується у воді;
- розчинна у хлорних розчинниках та в маслах;
- хімічно стабільна у присутності розведених кислот, основ та солей;
- сумісна з милами, аніонними та іншими неіоногенними ПАР та багатьма органічними розчинниками.

Tergitol NP-7, NP-8 Surfactants

Переваги:

- висока миюча здатність;
- змочувальний агент;
- універсальні характеристики розчинності;
- має слабкий запах.

Розчинність та сумісність:

- розчинна у воді;
- розчинна у хлорних і полярних розчинниках;
- хімічно стабільна у присутності розведених кислот, основ та солей;
- сумісна з милами, аніонними та іншими неіоногенними ПАР та багатьма органічними розчинниками.

Tergitol NP-10 Surfactant

Переваги:

- висока миюча здатність;
- змочувальний агент;
- універсальні характеристики розчинності;
- добре змивається;
- має слабкий запах.

Розчинність та сумісність:

- розчинна у воді;
- розчинна у хлорних і полярних розчинниках;
- хімічно стабільна у присутності розведених кислот, основ та солей;

сумісна з милами, аніонними та іншими неіоногенними ПАР та багатьма органічними розчинниками.

1.4.1.2 Будова і властивості целюлози та характеристика полімерних неіоногенних ПАР (Bermocoll)

Целюлоза являє собою стереорегулярний природний полімер, що складається з мономірних ланок ангідро D-глюкопіранози, що з'єднані між собою 1-4-β-глюкозидними зв'язками. Структура макромолекули целюлози може бути представлена наступною формулою (рисунок 1.4) [29]:

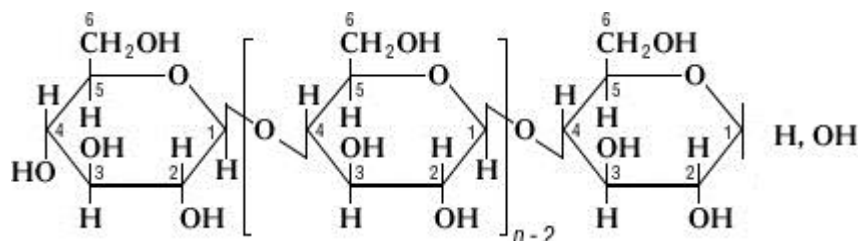


Рисунок 1.4 – Структурна формула целюлози

Хімічні властивості целюлози визначаються функціональними групами

та глюкозидними зв'язками в її макромолекулах. Реакційна здатність первинних і вторинних гідроксильних груп, які знаходяться в кожній елементарній ланці, різна. Гідроксильна група у 6-го атома вуглецю проявляє підвищену реакційну здатність целюлози до воді та водних розчинів. Висока хімічна активність до лугів обумовлена підвищеною кислотністю вторинних гідроксильних груп в β -положенні до глюкозидного зв'язку [30, 31].

Утворення всередині міжмолекулярних зв'язків в целюлозі обумовлено здатністю її функціональних груп вступати до донорно-акцепторної взаємодії. Від утворення цих зв'язків залежить стійкість конформаційного стану її макромолекул, їх гнучкість, формування надмолекулярних утворень, а, також фізико-математичних властивостей целюлозних матеріалів. Вважається, що молекулярні характеристики мають значний вплив на ці властивості [32, 33]. Степінь полімеризації целюлози може досягати від 2,5 до 15 тисяч [33, 34].

Целюлоза відноситься до класу жорсткосцепних полімерів, в структурі яких розрізняють високоорієнтовані і аморфні області [35].

Гідроксоетилцелюлоза Bermocoll (ГЕЦ) є рядом ефірів, що мають найвищу молекулярну малу з усіх продуктів, пропонованих компанією AkzoNobel. Водні розчини Bermocoll є найбільш псевдо пластичними (не ньютонівськими) за своєю реологією. ГЕЦ використовується для загущення водоемульсійних фарб, побутових засобів, для чищення та інших задачах, де домінуючою вимогою якості продукту є надзвичайно висока ефективність згущування. Типовий вміст Bermocoll у фарбах становить 0,15 – 0,25 %.

Застосування:

- рецептури засобів для чищення;
- продукти особистої гігієни;
- косметичні продукти;
- фарби.

Структурна формули ГЕЦ типу EBM наведено на рисунку 1.5.

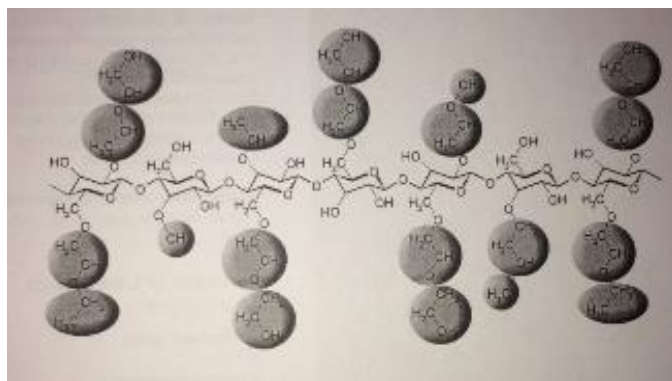


Рисунок 1.5 – Структура ГЕЦ Vermocoll

У таблиці 1.4 вказано дані, що представляють типові значення, які не слід розглядати як специфікацію.

Таблиця 1.4 – Типові властивості гідроксоетилцелюлози Vermocoll

Характеристика	Марки гідроксоетилцелюлози Vermocoll				
	В 01	В 03	В 04	В 05	В 10
Зовнішній вигляд	Білий порошок				
Розмір частинок, μm	98%<425		98%<500		
Вміст води, %	макс 4				
Вміст солей, %	макс 6				
pH 1 %-го розчину	5-7				
Поверхнева активність	слабка				
В'язкість 1 %-ого розчину (по Брукфільду) мПа·с	500-650	2000-3000	5000-6500	6000-8000	7000-9000

Переваги:

- велика ефективність загущення;
- хімічна інертність;
- не містять корозійно-активну сіль (NaCl);
- відсутнє надлишкове піноутворення;
- відсутність точки флокуляції (утворення пластівців);

- легко диспергуються;
- відносна дешевизна.

1.4.3 Характеристика активних і допоміжних добавок до безфосфатних ТМЗ

Характеристика моноізопропаноламіну (МІПА)

Моноізопропаноламін є основною хімічною речовиною, що використовується в багатьох композиціях. Фізичні характеристики МІПА наведено у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Фізичні характеристики моноізопропаноламіну

Властивість	Значення
Температура закипання, °С	159
Температура замерзання, °С	3
Щільність при 25 °С, г/мл	0,953
В'язкість при 25 °С, сП	23
рН 1 %-го розчину	11,3

Переваги МІПА:

- сприяє стабілізації рН;
- має слабкий запах;
- володіє антикорозійними властивостями;
- зв'язує формальдегід, що міститься у невеликих кількостях у розбавлених водних розчинах, що не допускає його потрапляння в атмосферу;
- низька молекулярна маса та сильна основність сприяє нейтралізації 2-етилгексанової кислоти для того, щоб отримати високоефективний інгібітор корозії та підвищує стійкість корозійним процесам;

- зменшує піноутворення;
- виконує роль біоциду;
- диспергатор та емульгатор забруднень;
- нейтралізатор кислотних залишків забруднюючих речовин;
- зменшує кількість ПАР;
- безпечний у використанні.

2-етилгексанова кислота

2-етилгексанова кислота (2-ЕГК) з точки зору хімічних властивостей, є сильним відновником. За зовнішнім виглядом 2-ЕГК - масляниста безбарвна рідина з характерним запахом, що не розчинна у воді [36]. Фізичні та хімічні властивості приведені у таблиці 1.5. Структурна формула 2-ЕГК зображена на рисунку 1.6.

Таблиця 1.6 – Фізичні і хімічні властивості 2-етилгексанової кислоти

Властивість	Значення
Температура плавлення, °C	-59
Температура кипіння, °C	226-229
Межа вибуховості, об'ємних %	
– нижня	0,9
– верхня	6,7
Тиск пари при 20 °C, мбар	0,04
Густина при 20 °C, г/см ³	0,91
Розчинність у воді при 20 °C, г/л	1,4
Значення рН при 1 г/л, 20 °C	3

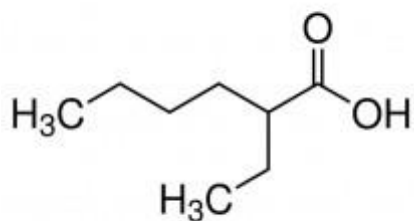


Рисунок 1.5 – Структурна формула 2-етилгексанової кислоти

2-ЕГК має багато сфер застосування: в ЛФМ, машинобудуванні, косметичній промисловості, при виробництві пластифікаторів, для отримання каталізаторів оксосинтезу. Експериментально доведено, що 2-ЕГК володіє антикорозійними властивостями, тому застосовується як інгібітор корозії.

Нітрilotриоцтова кислота застосовується для пом'якшення води і видалення слідів лужноземельних і важких металів-входить до складу миючих засобів та ін.

Використовується для запобігання утворенню відкладень на різних типах поверхонь і на тканині. Кислота є заміною фосфатів та стабільна у лужних розчинах.

1.5 Вибір напрямку дослідження для безрозбірної очистки компресної техніки

Відкладення твердої та рідкої дисперсної гетерофаз забруднень на поверхнях газотранспортного обладнання скорочує строк служби обладнання, знижує вірогідність його безвідмовної роботи.

Небажані відкладення підвищують затрати газу чи рідкого палива, електроенергії для транспортування газу, отримання електроенергії, погіршують технологічні режими роботи систем, призводять до необхідності заміни з часом дорогих машин та обладнання. Найбільш важливим обладнанням в цій системі є газотурбінний двигун та його осьові компресори, промивка яких досліджується в

даному проекті. Рішення проблеми безрозбірної промивки ГТД може забезпечити екологічну та експлуатаційну безпечність транспорту газу.

В технологічних процесах транспортування та переробці газу в газовій та хімічній промисловості важлива роль відводиться попередній підготовці, очистці від забруднень повітря, природнього газу, турбінного палива, турбінних мастил та іншого технологічної сировини – головних джерел, що утворюють забруднення проточної частини компресорів ГТД.

2 МЕТОДИ ЕКСПЕРИМЕНТУ

2.1 Метод електронної спектроскопії

Цей метод оснований на вибіркового поглинанні монохроматичного потоку світлової енергії різними речовинами.

Для визначення складу комплексних іонів використовуються наступні видозмінення спектрофотометричного методу: метод ізомолярних серій та метод зміщення рівноваги. На відміну від першого методу, обмеженого утворенням у системі одного чи кількох комплексів з дуже різними константами дисоціації, метод зміщення рівноваги (Бента-Френча) використовується для розрахунку складу сполук, які утворюються при ступінчатому комплексоутворенні [37].

Для будь-якого фізико-хімічного методу аналізу слід попередньо провести ряд дослідів. Для спектрофотометричного методу аналізу вивчають особливості спектрів поглинання.

Комплекс з двома різними лігандами слід розглядати як рівновагу у системі $MR-R'$ або $MR'-R$.

Якщо відомі спектри поглинання вихідних компонентів, особливо MR та MR' , то на основі поглинання суміші MR та MR' не рідко можна зробити висновки про наявність різнолігандного комплексу чи його відсутність. Однак, спектр поглинання сам по собі не дає інформації про склад сполуки і про умови рівноваги його утворення. Таким чином, вивчення спектрів поглинання не може дати основних характеристик системи.

В той же час вивчення спектрів поглинання має значення при виборі оптичних умов фізико-хімічного аналізу систем.

Електронна спектроскопія включає дослідження речовин, які характеризуються зміною стану електронів на зовнішньому електронному шарі з енергією в декілька еВ, що відповідає довжинам хвиль ультрофіолетового, видимого, а в декількох випадках, інфрачервоного випромінювання, а в діапазоні прилеглого до видимої області (ближня інфрачервона область).

Перехід з одного енергетичного рівня до іншого в системі характеризується випромінюванням електромагнітних коливань чи їх поглинанням, частоти яких пов'язані з енергією стану співвідношенням:

$$\nu = (E_2 - E_1)/h, \quad (2.1)$$

де E_2 - внутрішня енергія атома більш високого рівня; E_1 - внутрішня енергія атома нормального рівня; h - стала Планка.

Кожна речовина характеризується набором різних станів - спектром, який визначається природою речовини. Кількісною характеристикою спектру є коефіцієнт світопоглинання - молярний коефіцієнт екстинкції $\varepsilon = f(\lambda)$, який пов'язаний зі станом речовини рівнянням Бугера - Ламберта – Бера

$$A = \lg \frac{I_0}{I} = \varepsilon \cdot b \cdot c_n, \quad (2.2)$$

де I_0 - інтенсивність падаючого світлового потоку; I - інтенсивність випромінювання, яке пройшло; ε - коефіцієнт екстинкції, $\text{м}^3/(\text{кмоль} \cdot \text{м})$; b - товщина шару, м ; c_n - концентрація розчину, $\text{кмоль}/\text{м}^3$.

Послаблення енергії світлового потоку відповідної довжини хвилі вимірюють у спектрофотометричному методі. Зручність використання саме цієї функції зумовлене прямою пропорційністю між оптичною густиною (A) та концентрацією розчину досліджуваного з'єднання.

В цих областях отримують і спектри випромінювання, нагріваючи речовину до високих температур, при яких за рахунок термічного збудження робиться в достатній мірі заселеними електронно-збуджені стани частинок.

Для вивчення складних молекул, які не витримують нагрівання до високих температур, використовують, в основному, абсорбційну спектроскопію, при цьому спектр поглинання містить набір тих само ліній, що і спектр випромінювання. Кожне хімічне з'єднання має свій індивідуальний спектр, який характеризується своєю основною смугою поглинання, на фоні якої можуть бути максимуми, які відповідають різним коливальним переходам [37].

2.2 Метод інфрачервоної спектроскопії

Інфрачервона спектроскопія - один з найбільш поширених сучасних фізичних методів дослідження будови молекул - все більш широко використовується не лише в органічній, але й в неорганічній хімії та хімії комплексних сполук.

Даний метод використовується для встановлення механізму розпаду промивного розчину.

Інфрачервоні спектри виникають у результаті переходів між двома рівнями молекули, яка знаходиться в основному електронному стані, і звичайно спостерігаються як спектри поглинання в інфрачервоній області. З іншого боку, спектри комбінаційного розсіювання виникають при електронній поляризації, яка визвана ультрафіолетовим або видимим випроміненням.

Коливання атомів можуть проходити або вздовж лінії їх валентних зв'язків (валентні коливання), або можуть викликати зміну валентного кута (деформаційні коливання).

При дослідженні спектрів коливання (за допомогою інфрачервоних променів), можна встановити будову молекули у просторі і визначити природу хімічного зв'язку. Вивчення будови молекул та йонів методом ІЧ-спектроскопії будується на знаходженні коливань функціональних груп: -ОН, -СООН, -С=О, -NH₂ та ін.

ІЧ-спектроскопія дуже надійна при ідентифікації атомних угруповань в хімічних сполуках, і крім того, має ще цілий ряд переваг у порівнянні з іншими фізико-хімічними та особливо хімічними методами аналізу.

Однією з найважливіших переваг інфрачервоної спектроскопії є те, що в процесі аналізу речовина не зазнає ніяких змін. До переваг методу слід також віднести можливість аналізу багатокомпонентних систем і порівняно невелику тривалість його виконання; кількість речовини при цьому може бути незначною.

2.3 Метод поляризаційного опору

Цей метод використовують для визначення швидкості корозії матеріалів.

При зануренні зразка металу в корозійне середовище на межі поділу метал - розчин виникає подвійний електричний шар, який характеризується визначеною величиною стрибка потенціалу. Величину стрибка потенціалу можна змінити, якщо пропускати через подвійний електричний шар струм (ΔI) від стороннього джерела. Чим більша швидкість корозії металу, тим стійкіший стрибок потенціалу до різного роду зовнішніх впливів, у тому числі і до пропускання електричного струму. Потрібно пропускати струм (ΔI) достатньо значної величини, щоб стрибок потенціалу відразу досить відчутно змінився. Зміну потенціалу від пропускання електричного струму, тобто поляризуємість електродів, зручно визначати за відхиленням $\Delta E / \Delta I = R_p$, так званому поляризаційному опору [38].

Для вірного виміру необхідно, щоб залежність $\Delta E / \Delta I$ була лінійною. В дійсності це спостерігається у тому випадку, якщо поляризуюча напруга не перевищує ± 10 мВ.

Для електродів, які підлягають корозії, R_p буде сталою величиною, яка залежить від швидкості корозії: чим менша швидкість корозії, тим більше R_p і навпаки [39].

Швидкість корозії розраховується за формулою:

$$I_c = K / R_p, \quad (2.3)$$

де R_p - поляризаційний опір, Ом; I_c - швидкість корозії, мм/р; K - константа, в яку входять електричні параметри корозійного процесу, фізико-хімічні показники металу датчика, а також площа електроду, Ом·мм/рік:

$$K = \frac{\Delta m \cdot 8760 \cdot 10}{S \cdot \rho \cdot \tau} \cdot R_p \quad (2.4)$$

де Δm - втрати маси, г; S - площа електроду, см²; ρ - густина металу, г/см³;

10 - перевідний коефіцієнт, см/мм; 8760 - кількість годин в календарному році; τ - час випробувань (продовжуваність), год.; R_p - середньо-інтервальне значення поляризаційного опору за час дослідження, Ом [40].

На практиці вимірювання поляризаційного опору здійснюється за допомогою приладу Р 5035. Вимірювальна схема приладу - мостова. Три плеча мосту складаються з резисторів та потенціометрів, в четверте плече вмикається живлення мосту змінним та постійним струмом.

2.4 Метод електронної мікроскопії

Електронна мікроскопія - це сукупність електронно-зондових методів дослідження мікроструктури твердих тіл, їх локального складу і мікрополів (електричних, магнітних і ін.) За допомогою електронних мікроскопів (ЕМ) - приладів, в яких для отримання збільшеного зображення використовують електронний пучок. Електронна мікроскопія включає також методики підготовки досліджуваних об'єктів, обробки і аналізу результуючої інформації. Розрізняють два основних напрямки електронної мікроскопії: трансмісійну (що просвічує) і растрову (що сканує), заснованих на використанні відповідних типів ЕМ. Вони дають якісно різну інформацію про об'єкт дослідження і часто застосовуються спільно. Відомі також відбивна, емісійна, оже-електронна, лоуренцова і інші види електронної мікроскопії.

Види електронних мікроскопів:

1) Трансмісійний електронний мікроскоп - це прилад, в якому електронний промінь пропускається через ультратонкий зразок, при цьому взаємодіючи з ним. Образ формується з електронів, що проходять через зразок, збільшується і посилюється колективними лінзами і з'являється на екрані, флюоресцентної в більшості просвічують електронних мікроскопів. Також може бути використаний сенсор, як CCD-камера.

2) Растровий електронний мікроскоп (англ. Scanning Electron Microscope,

SEM) - прилад, що дозволяє отримувати зображення поверхні зразка з великою роздільною здатністю (менше мікрметра). Ряд додаткових методів дозволяє отримувати інформацію про хімічний склад приповерхневих шарів.

3) Відбивний електронний мікроскоп - це вакуумний електронно-оптичний прилад для спостереження і фотографування багато разів (до 10⁶ разів) збільшеного зображення об'єктів, отриманого за допомогою пучків електронів, прискорених до великих енергій. Роздільна здатність електронного мікроскопа в кілька тисяч разів більше, ніж у звичайного оптичного мікроскопа; межа дозволу електронного мікроскопа складає ~ 0,01-0,1 нм.

4) Растровий трансмісійний електронний мікроскоп - є комбінацією відповідно растрового і просвічуваного електронних мікроскопів.

5) Фотоемісійні електронний мікроскоп - електронно-оптичний мікроскоп, в якому зображення формується потоком частинок, що випускаються поверхнею об'єкта при нагріванні, накладанні сильного електричного поля і т. п.

Електронна мікроскопія дозволяє досягти найбільшого дозволу з усіх доступних методів дослідження біологічних об'єктів, таких як клітини, клітинні органели, бактерії, віруси, біогенні макромолекули і т.д.

Отже, існує два окремих напрямки електронної мікроскопії: скануюча (растрова) мікроскопія (РЕМ, СЕМ, SEM), яка використовується для товстих зразків і просвічує мікроскопія (ПЕМ, TEM), що працює з тонкими зрізами біологічних об'єктів. РЕМ послідовно сканує поверхню електронно-щільного об'єкта, реєструючи для кожної його точки такі процеси, як генерація назад розсіяних електронів, вторинних електронів, характеристичного рентгенівського випромінювання, катодолюмінісценції. ПЕМ отримує зображення за рахунок розсіювання електронів проходять крізь тонкий зразок, за аналогією з оптичним мікроскопом, об'єкт в якому поглинає і розсіює світло.

Найважливішою характеристикою будь-якого мікроскопа є його роздільна здатність. Вона визначається:

- 1) площею перетину або діаметром зонда;
- 2) контрастом, створюваним зразком і детекторної системою;

3) областю генерації сигналу в зразку.

Відображені електрони утворюються при розсіюванні первинних електронів на великі (до 90°) кути в результаті одноразового пружного розсіювання або в результаті багаторазового розсіювання на малі кути. В кінцевому підсумку первинні електрони, зазнавши ряд взаємодій з атомами зразка і втрачаючи при цьому енергію, змінюють траєкторію свого руху і залишають поверхню зразка.

Важливою особливістю емісії відбитих електронів є її залежність від атомного номера елементів. Якщо атомний номер атомів матеріалу в точці падіння первинного пучка електронів малий (легкі атоми), то утворюється менша кількість відбитих електронів з малим запасом енергії. В областях зразка, що містять високу концентрацію атомів з великим атомним номером (важкі атоми), більше число електронів відбивається від цих атомів і на меншій глибині в зразку, тому втрати енергії при їх русі до поверхні менші. Ці закономірності використовуються при отриманні зображень в відображених електронах [41].

Вторинні електрони. Первинні електрони, які проникають в зразок, взаємодіють з електронами зовнішніх оболонок атомів об'єкта, передаючи їм частину своєї енергії. Відбувається іонізація атомів зразка, а вивільняються в цьому випадку електрони можуть покинути зразок і бути виявлені у вигляді вторинних електронів. Вони характеризуються дуже малою енергією (до 50 eV) і тому виходять з ділянок зразка дуже близьких до поверхні. Глибина шару, що дає вторинні електрони, становить 1-10 нм. В межах цього шару розсіювання електронів дуже мале, тому при отриманні зображень у вторинних електронах роздільна здатність визначається перш за все діаметром первинного зонда. Вторинні електрони забезпечують максимальну в порівнянні з іншими сигналами роздільну здатність близько 5-10 нм. Тому вони є в РЕМ головним джерелом інформації для отримання зображення поверхні об'єкта.

Електронний мікроскоп дозволяє:

1. Безпосередньо досліджувати великі площі поверхонь на масивних зразках і навіть деталях в широкому діапазоні збільшень від $10\times$ до $50\,000\times$ і вище з досить високою роздільною здатністю. При цьому не потрібно, як для ПЕМ, виконання

складних і тривалих операцій з виготовлення спеціальних об'єктів - реплік, прозорих для електронного променя. Виключається можливість похибок внаслідок деформації реплік при знятті їх з об'єкта і під дією електронного променя.

2. На РЕМ можна досліджувати загальний характер структури всієї поверхні об'єкта при малих збільшеннях і детально вивчити будь-яку ділянку, що привернула найбільшу увагу, при великих збільшеннях. При цьому відпадає необхідність в розробці спеціальних прицільних методів. Перехід від малих збільшень до великих на РЕМ здійснюється швидко і просто.

3. РЕМ має велику глибину фокусу, що дозволяє спостерігати об'ємне зображення структури з можливістю її кількісної оцінки. Створюються умови прямого вивчення структури поверхонь з сильно розвинутим рельєфом, наприклад зламів.

4. РЕМ зазвичай забезпечений мікроаналізатором хімічного складу, що дозволяє отримувати більш повну інформацію про поверхні виробу.

2.5 Математична обробка результатів експерименту

Окремі вимірні чи значення розподілу, що спостерігаються, частот менш купчасто розкидані навколо середнього значення. Опис цього розкиду є характеристикою цифрових даних. Як границі розкиду в хімії майже без винятку використовують квадратичну помилку, інакше названу стандартним відхиленням, і розмах варіювання. Обидві міри розкиду варто вибирати відповідно до переслідуваної мети.

Середню квадратичну помилку вибірки визначають за рівнянням :

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2.5)$$

де x_i - одиничне значення; $\bar{x}$ - середнє з усіх x_i ; n - число усіх вимірів.

Вона є мірою розкиду, яка використовується в хімії майже завжди, та яка

характеризує випадкову помилку методу аналізу (але не одиничні значення).

Середня квадратична помилка в с кращим наближенням для відповідної величини σ у генеральній сукупності, її квадрат s^2 (відповідно σ^2) називають дисперсією.

Сума квадратів у чисельнику підраховується найчастіше не за цією визначальною формулою. Шляхом перетворення одержують:

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = \sum x_i^2 - \frac{\sum x_i^2}{n} = \sum x_i^2 - n \cdot \bar{x}^2 \quad (2.6)$$

Величина $(n - 1)$, що знаходиться у знаменнику рівності (2.5), визначає число ступенів свободи. Цю величину можна інтерпретувати як число контрольних вимірів, яким відповідає результат, вже отриманий з вимірів.

Для характеристики помилки, яка виникла, може служити довірчий інтервал.

У загальному випадку можна будувати свої докази тільки на дуже обмеженому числі результатів. Тому для розрахунку довірчого інтервалу доводиться повертатися до нормального розподілу, використовуючи зв'язаний з ним розподіл. Середнє значення задають у вигляді:

$$\bar{x} \pm \frac{t(P,f) \cdot s}{\sqrt{n_j}} = \bar{x} \pm \Delta \bar{x} \quad (2.7)$$

При цьому варто попередньо вибрати імовірність P . Необхідні значення $t(P, f)$ можна взяти з відповідної таблиці. З рівняння випливає, що при дуже великих повтореннях вибірки в $100P\%$ випадків, дійсне значення проби μ лежить усередині даної границі $\pm \Delta \bar{x}$. Тому довірчий інтервал використовують як границю для середнього значення $\bar{x}$. Крім того, рівняння (2.7) дає границі, у середині яких лежить дійсне значення μ , сумісне зі знайденим середнім для вибірки $\bar{x}$.

Перевірку надійності отриманих результатів проводять за критерієм Стюдента $t(f)$ для відомого числа ступенів свободи $f = (n - 1)$ при вибраному

рівні надійності $\alpha = 1 - P$. Для розрахунків досліджуваних процесів приймали $P = 0,95$.

За отриманими значеннями $t(f)$ та s знаходять абсолютну похибку та границі довірчого інтервалу окремого виміру:

$$\varepsilon = t(f) \cdot s \quad (2.8)$$

Якщо величина похибки знайдена за рівнянням (2.7) виявиться рівною величині похибки приладу, то в якості меж довірчого інтервалу слід взяти величину:

$$\varepsilon = \sqrt{t^2(f) \cdot s^2 + \left(\frac{k}{3}\right)^2 \cdot \delta^2} \quad (2.9)$$

де $k = t(\infty)$; δ - похибка приладу [42].

ВИСНОВКИ

1. Наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення науково-технічного завдання, що полягає у встановленні механізму промивання на основі вивчення взаємодії інгредієнти мийної композиції з компонентами забруднень, а також у розробці конкурентноспроможних вітчизняних ТМЗ з інгредієнтами поліфункціональної дії.

2. Фізико-хімічними методами досліджено взаємодію в подвійних та потрійних системах Fe (III) – інгредієнти ТМЗ. Встановлено утворення комплексних сполук з іонами заліза та лігандами, в якості гідроксоетилцелюлози та моноізопропаноламіну.

3. Запропоновано механізм руйнування відкладень, в основі якого лежить процес комплексоутворення іонів Fe (III) з інгредієнтами мийної композиції.

4. Запропоновано новий підхід до складання мийних композицій, в основі якого лежить визначення оптимальних концентрацій комплексоутворення переважних катіонів забруднень з інгредієнтами мийних композицій. Показано, що оптимальні умови комплексоутворення збігаються з оптимальними мийними властивостями композицій. Розроблено ефективні рідинні та низькотемпературні ТМЗ поліфункційної дії, які використовуються у широкому інтервалі температур до +70 °C і концентраціями до 100 г/дм³.

5. На основі дослідження корозійної активності методами поляризаційного опору та зняття поляризаційних кривих виявлено, що найнижчою корозійною активністю характеризуються ефіри гідроксоетилцелюлози В-03 та В-04.

6. Розроблено нормативно-технічну документацію на виробництво та використання безфосфатних технічних мийних засобів поліфункційної дії.

7. Розроблено технологічну схему виробництва безфосфатних технічних мийних засобів поліфункційної дії.

8. Проведено вдосконалення технологічної схеми очищення газотранспортного обладнання, ГТУ, ГТД від експлуатаційних забруднень на

«холодних прокрутках» та на режимах часткового навантаження «на ходу». У схемі додатково передбачено установку фільтра тонкої очистки водного мийного розчину.

9. Впровадження здійснено на головному підприємстві газотранспортної системи України ТОВ «Комплексні очисні пристрої», яке відображено в акті про використання результатів магістерської дисертації Книш Надії Володимирівни «Безфосфатні технічні мийні засоби поліфункційної дії».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Межерницкий А. Д. Турбокомпрессоры систем наддува судовых дизелей. – Л: Судостроение, 1986. – 247 с.
2. Бердик Б. Г., Чулков П. В., Калашников С. И. Растворители и составы для очистки машин и механизмов: Справ. изд. – М.: Химия, 1989. – 176 с.: ил.
3. Ю. С. Козлов, О. К. Кузнецов, А. Ф. Тельнов. Очистка изделий в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1982. – 262 с.
4. Волков, В. А. Поверхностно-активные вещества в моющих средствах и усилителях химической чистки. Справочное пособие. / В. А. Волков. - М.: Легкая промышленность и бытовое обслуживание, 1985. -216 с.
5. Прокофьева Г. Н., Столярова И. В. Теоретические основы разработки экологически безопасной системы очистки технологического оборудования // Сборник научных трудов международ. научн. веществ: - т.2. – Одесса: Астропринт, 2001. – С. 62-65.
6. Поверхностно-активные вещества и композиции. Справочник. / Под ред. М. Ю. Плетнева. - М.: ООО «Фирма Кламель», 2002. - 768 с.
7. Поверхностные явления и поверхностно-активные вещества. Справочник. / Под ред. А.А. Абрамзона и Е.Д. Щукина. - Л.: Химия, 1984. - 392 с.
8. . А. Волков. Поверхностно-активные вещества в моющих средствах и усилителях химической чистки. – М.: Легпромбытиздат, 1985. – 201 с.
9. Абрамзон Л. А. Поверхностно-активные вещества. Свойства и применение. Л.: Химия, 1981. – 304 с.
10. Когановский, А. М. Физико-химические основы извлечения поверхностно-активных веществ из водных растворов и сточных вод / А. М. Когановский, Н. А. Клименко. -Киев: «Наук, думка», 1978. - 176 с.
11. Абрамзон, А. А. Поверхностно-активные вещества. Синтез, анализ, свойства, применение / А. А. Абрамзон, Л. П. Зайченко и др. - Л.: Химия, 1988. - 200 с.
12. Закупра, В. А. Методы анализа и контроля в производстве поверхностно-активных веществ / В. А. Закупра. -М.: Химия, 1977. - 368 с.

13. Прокофьева Г.Н., Савичева Е.Ю., Сенник А.С., Кныш Н.В. Обоснование расчета количества ПАВ, необходимых для осуществления моющего действия // IV Міжнародна науково-практична конференція «Чиста вода. Фундаментальні та прикладні та промислові аспекти». 26-28 жовтня 2016, Київ, С 151.
14. Патент 2259393 «Моющее средство для очистки металлической поверхности» / Федотов И.Т. (RU) – Заявл. 03.04.2005. Оpubл. 08.05.2005.
15. Патент 2280070 «Моющее средство для очистки металлической поверхности» / Любомиров А.В. (RU) – Заявл. 15.02.2006. Оpubл. 10.03.2006.
16. Патент RU 2293110 «Моющее средство для очистки емкостей и металлических поверхностей» / Градский В.Н. (RU) – Заявл. 10.09.2007. Оpubл. 04.11.2007.
17. Патент RU 2272070 «Моющее средство для очистки емкостей и металлических поверхностей» / Герасимов Г.В. (RU) – Заявл. 23.04.2007. Оpubл. 28.06.2007
18. Патент 5000916, МКИ В 01 D 17/04, «Molybdate-glyconate corrosion inhibitor» / Ohsol Ernest O. (США) - Заявл. 02.03.2005. Оpubл. 17.05.2005. – 2с.
19. Патент 4500445, МКИ С 01 D 15/00. «Corossion inhibiting composition » / Brownawell Darell W., (США) - Заявл. 05.09.2006. Оpubл. 13.03.2007. – 2с.
20. Патент 5183590, МКИ В 01 М 17/00. «Corossion inhibitors» / Weinwurm Reter (США) – Заявл. 23.01.93. Оpubл. 11.02.94 – 2с.
21. Ольховский Г. Г. Энергетические газотурбинные установки. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 304 с.
22. Иванов Б.И. Очистка металлических поверхностей пожаробезопасными составами. – М.: Машиностроение. 1979. – 405 с.
23. Никулин Ф.Е. Утилизация и очистка промышленных отходов. – Л.: Судостроение, 1980.-232 с.
24. Цуркан И.Г., Кузнецов В.П., Гвирцман А.А. Смазочные и защитные материалы. – М.: Транспорт, 1981. – 416 с.

25. Г.Н. Прокофьева, А.П. Иванюта, Н.В. Кныш. Физико-химические аспекты создания моющих средств технического назначения на водной и не водной основе// II Міжнародна науково-практична конференція «Чиста вода. Фундаментальні та прикладні та промислові аспекти», Київ, 8-11 жовтня 2014, С 146.
26. Поверхнево-активні речовини (ПАР) - характеристика і класифікація [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу <http://amphochem.com.ua/uk/useful/stati/poverhnevo-aktivni-rechovini-par-harakteristika-i-klasifikaciya>
27. Неионогенные поверхностно-активные вещества. Nichtionische Tenside/ BASF брошюра, 2005.- 29 с.
28. Малопенные неионогенные тенсиды БАСФ / BASF брошюра, 2001.- 78 с.
29. Роговин З.А., Шорыгина Н.Н. Химия целлюлозы и ее спутников. М., 1972.
30. Croon J. The distribution of substituents in cellulose ethers.// Svensk. Papperstidn. 1960. V. 63. P. 247-257.
31. Деревицкая В., Козлова Ю., Роговин З. Исследование сравнительной реакционной способности гидроксильных групп целлюлозы // Журнал общей химии, 1956, 26. С.3374.
32. Marx-Figini M., Schulz G.V. Recent Investigations on the Length and Length Distribution of the b-Glucoside Chains in Native Cellulose // Macromol. Chem. 1963, 62, S.49.
33. Marx-Figini M., Schulz G.V. Uber die Kinetik und den Mechanismus der Biosynthese der cellulose in hoheren pflanzen // Biochim. biophys. acta. 1966. V.112.№1, P.81-101.
34. Мельников Б.Н., Блиничева И.Б., Виноградова Г.И., Лебедева В.И. / Под ред. Мельникова Б.Н. Прогресс текстильной химии. М., Легпромбиздат, 1988, 40 с.
35. Овчинников Ю.К. Структура полимерних волокнистих материалов. М.: МТИ, 1984, 40 с.

- 36.2-ЭГК, 2-этилгексановая кислота [Электронный ресурс] - Режим доступа до ресурсу <http://well-chem.com.ua/product/2-etilgeksanovaya-kislota/>
- 37.Кюре Д.Г., Крылова А.Ф., Музыкантов В.С. Физическая химия: Уч. пособие – М.: Висш. шк., 1990. – 416 с.
- 38.Емелин М.И., Герасименко А.А. Защита машин от коррозии в условиях эксплуатации. – М.: Машиностроение, 1980. – 224 с.
- 39.Гуреев А.А., Шехтер Ю.Н., Тимохин Ю.А. Средства защиты автомобилей от коррозии. – М.: Транспорт, 1983. – 208 с.
- 40.Герасименко Ю.С., Белоусова Н.А., Нечай М.В. и др. Оценка точности изменения скорости коррозии методом поляризационного сопротивления // Физико-химическая механика материалов. – 1995. – т. 31, с. 23-25.
- 41.Микроанализ і растрова електронна мікроскопія / Під ред. Моріс Ф., Мені Л.,Тиксьє Р./, Франція, 1978: перекл. з франц.: М.: Металургія, 1985. – 392 с.
- 42.Статистика в аналитической химии / Дюерфель. – М.: Мир, 1969. – 247 с.
- 43.Прокофьева Г.Н., Белоусова Н.А., Биленко Н.Н. Исследование антикоррозионных ингредиентов в составах технических моющих средств. В сб. трудов «VIII международная конференция «Проблемы коррозии и противокоррозионная защита конструктивных материалов»» г. Львов, 2006.
- 44.Коррозионная стойкость оборудования химических процессов. Коррозия под действием теплоносителей, хладоагентов и рабочих тел.: Справ. изд./А.М. Сухотин, А.Ф. Багачев, В.Г. Польский и др./ Под ред. А.М. Сухотина, В.М. Баренблит. – Л.: Химия, 1988. – 360 с.
- 45.Игнатьев Р.А., Михайлова А.А. Защита техники от коррозии, старения и биоповреждения. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 346 с.
- 46.Постанова Кабінету Міністрів України від 20 серпня 2008 р. № 717. Технічний регламент мийних засобів.
47. Постанова Європейського Парламенту та Ради «Про миючі засоби» від 31 березня 2004 року. Регламент (ЄС) № 648/2004.
- 48.ДСТУ – Н 1.3:2015. Технічні умови України. Настанови щодо розробляння.

- 49.Н.И. Стешенко, Т.В. Сударушкина, Н.В. Кныш, В.В. Карабанов. Разработка обобщенного показателя для классификации моющих и чистящих средств // XVI Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих учених «Екологія. Людина. Суспільство», Київ, 17-19 травня, 2013 г. С. 62-63.
- 50.Державний класифікатор продукції та послуг ДК 016-2010.
- 51.Український класифікатор нормативних документів ДК 004:2008.
- 52.ДСТУ 1.6:2004. Национальная стандартизация. Правила регистрации нормативных документов.
- 53.ДСТУ 1.3:2004 Правила побудови, викладання, оформлення, погодження, прийняття та позначання технічних умов.
- 54.ГОСТ 15.311-90 Система разработки и постановки продукции на производство. Постановка на производство продукции по технической документации иностранных фирм (Система розроблення і запровадження продукції у виробництво. Запровадження у виробництво продукції за технічною документацією іноземних фірм).
- 55.ГОСТ 2.114-95 ЕСКД. Технические условия (ЕСКД. Технічні умови).
- 56.СНиП 2.09.02-85 Производственные здания.
- 57.НАПБ Б.03.002-2007 Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
- 58.ПУЭ:2014 Правила улаштування електроустановок.
- 59.ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
- 60.Бодров А.І. Результаты промивки осевого компрессора ГПА типа ГТК-251 / А.І. Бодров, Н.В. Дашулін, С.Ф. Жданов, А.П., В.А. Щуровський // Компрессорна техніка і пневматика. – М. – 2000. - № 4. – С. 34-38.
- 61.Щуровський В.А. Забруднення і очищення проточних частин осевих компрессорів газотурбінних установок / В.А. Щуровський, А.П. Левикін. – М.: ВНИПИгазпром,. – 1986. – Вып.11. – 28 с. (Обз. Информ. Сер. Транспорт и хранение газа, код за рубрикатом 73.39.41).

- 62.Штюпель Г. Синтетические моющие и очищающие средства. – М.: Государственное научно-техническое издательство химической литературы. 1960. – 672.
- 63.Патент 1244994 «Устройство для промывки воздушно-газового тракта газотурбинного двигателя» / Заров Г.З., Степанов Н.И., Силаев Б.М., Ермаков А.А., Рыжинский И.Н. – Заявл. 25.05.1984. Опубл. 10.07.2004.
- 64.Патент 1598535 «Способ промывки воздушно-газового тракта газотурбинного двигателя» / Силаев Б.М., Ермаков А.А., Степанов Н.И., Рыжинский И.Н., Полукаров А.В., Майченков А.М. – Заявл. 02.08.1988. Опубл. 10.07.2004.
- 65.Основні положення Енергетичної стратегії України на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. № 145-р.
- 66.Прокоф'єва Г.М., Сударушкіна Т.В., Матвєєва К.М., Книш Н.В. Безвідходна система очистки компресорної техніки // III Міжнародна науково-практична конференція «Чиста вода. Фундаментальні та прикладні та промислові аспекти». Київ, 28-30 жовтня 2015, С. 170.
- 67.Прокоф'єва Г.М., А.С. Сеннік, Н.В. Книш, В.В. Петрова. Інтенсифікація використання паливно-енергетичних ресурсів при експлуатації компресорної техніки // Освіта, наука та виробництво: розвиток та перспективи: матеріали II Всеукраїнської науково-методичної конференції, Шостка, 20 квітня 2017 року, С.13.
68. Акт про використання результатів магістерської дисертації Книш Надії Володимирівни «Безфосфатні технічні мийні засоби поліфункційної дії».
- 69.Прокоф'єва Г.М., Сребродольський В.Ю., Книш Н.В. Очистка водних розчинів технічних мийних засобів для багаторазового використання // II Міжнародна науково-практична конференція «Чиста вода. Фундаментальні та прикладні та промислові аспекти». Київ, 8-11 жовтня 2014, С 142.
- 70.Супрунчук В.І., Янушевська О.І., Книш Н.В. Науково-практичні передумови використання катіонних поліелектролітів в процесах очистки водних

суспензій// II Міжнародна науково-практична конференція «Чиста вода. Фундаментальні та прикладні та промислові аспекти». Київ, 8-11 жовтня 2014, С 181.

71.Кныш Н.В. Изучение технологических процессов очистки воды от тяжелых металлов // VII Міжнародна науково-технічна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Хімія та сучасні технології». Дніпропетровськ, 27-29 квітня 2015, С. 80.

72.Кныш Н.В. Очистка алюминиевой консервной ленты безфосфатными водными растворами ТМС // VII Міжнародна науково-технічна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Хімія та сучасні технології». 27-29 квітня 2015, Дніпропетровськ, С. 123.

73.Прокофьева Г.Н., Сударушкина Т.В., Савичева Е.Ю., Кныш Н.В. Интенсификация процесса очистки кремниевых пластин для гелиосистем // Международный симпозиум «Дни ПАВ и косметики 2015», Київ, 27-28 мая 2015.

74.Савичева К.Ю., Матвеева К.М., Кныш Н.В., Сеннік А.С. Вдосконалення засобів очистки кремнієвих пластин сонячних батарей // VI Міжнародна науково-технічна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених з хімії та хімічної технології. Київ, 20-22 квітня 2016, С. 61.