

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
Кафедра хімії і хімічної технології

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

_____ А.Д. Кустовська

«_____» _____ 2021р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

(Пояснювальна записка)

Випускника освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр»
освітньо-професійної програми «Хімічні технології палива та вуглецевих
матеріалів»

Тема: «Вплив молекулярної будови вуглеводневих середовищ на тиск їх
насиченої пари в присутності поверхнево-активних речовин»

Виконавець: _____ студент групи ХП 205 М Огороднік Артур Дмитрович

Керівник: _____ д.х.н., проф. Ледовских Володимир Михайлович

Консультант розділу «Охорона праці»: _____ асистент, Леонов В.І.

Консультант розділу «Охорона навколишнього середовища»:

_____ к.т.н., доцент, Бовсуновський О. Є.

Нормоконтролер: _____ Максимюк М.Р.

КИЇВ 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
Кафедра хімії і хімічної технології
Спеціальність: 161 «Хімічні технології та інженерія»
ОПП «Хімічні технології палива та вуглецевих матеріалів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ А.Д. Кустовська

« _____ » _____ 2021р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Огороднік Артур Дмитрович

1. Тема роботи: «Вплив молекулярної будови вуглеводневих середовищ на тиск їх насиченої пари в присутності поверхнево-активних речовин»

затверджена наказом ректора від 08 жовтня 2021 р. № 2189/ст

2. Термін виконання роботи: з 11.10. 2021 року по 31.12.2021 року.

3. Вихідні дані до роботи: .

4. Зміст пояснювальної записки:

Вступ.

Розділ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВУГЛЕВОДНІВ.

Розділ 2. ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНІ РЕЧОВИНИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ.

Розділ 3. ВПЛИВ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН НА ТИСК НАСИЧЕНОЇ ПАРИ ВУГЛЕВОДНІВ.

Розділ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.

Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.

Висновки.

Список бібліографічних посилань використаних джерел.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу.

6. Календарний план-графік:

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Одержання теми. Пошук та аналіз літератури за темою дипломної роботи.	11.10.2021-31.12.2021	
2	Опрацювання літературних джерел за даною темою.	01.10.2021-30.11.2021	
3	Проведення експериментальних досліджень.	01.10.2021-31.10.2021	
4	Обробка експериментальних даних.	01.11.2021-30.11.2021	
5	Проведення аналізу охорони навколишнього середовища та охорони праці.	29.12.2021-04.12.2021	
6	Узагальнення матеріалу, оформлення дипломної роботи, підготовка доповіді та презентації.	29.11.2021-10.12.2021	
7	Захист дипломної роботи.	23.12.2021	

7. Консультанти з окремих розділів.

Розділ	Консультант (посада, П. І. Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона навколишнього середовища	к.т.н., доцент, Бовсуновський Є. О.	29.11.2021	
Охорона праці	асистент Леонов В. І.	24.11.2021	

Дата видачі завдання: 11 жовтня 2021 р.

Керівник дипломної роботи _____ д.х.н., проф. Ледовских Володимир Михайлович

Завдання прийняв до виконання _____ Огороднік Артур Дмитрович

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: «Вплив молекулярної будови вуглеводневих середовищ на тиск їх насиченої пари в присутності поверхнево-активних речовин». Містить: 70 ст., 6 таблиць, 8 рисунків, 2 графіка, 33 літературних джерел.

Об'єкт дослідження - це процес визначення впливу молекулярної будови вуглеводнів на тиск насиченої пари вуглеводнів у присутності поверхнево-активних речовин.

Мета роботи – визначення впливу молекулярної будови вуглеводнів на тиск насиченої пари, в присутності поверхнево-активних речовин.

Предмет дослідження – визначення впливу поверхнево-активних речовин на тиск насиченої пари вуглеводнів.

Методи дослідження – визначення впливу поверхнево-активних речовин на тиск їх насиченої пари.

ВУГЛЕВОДНІ, АЛКАНИ, ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНІ РЕЧОВИНИ, ГІДРОКРЕКІНГ, ГІДРООЧИЩЕННЯ, КОКСУВАННЯ, АНІОННІ, КАТІОННІ, АМФОТЕРНІ.

ЗМІСТ

ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВУГЛЕВОДНІВ	12
1.1. Алкани	12
1.2 Первинна переробка нафти	12
1.3 Процеси та характеристика переробки нафти	13
1.4 Вторинні процеси переробки нафти	15
1.4.1. Каталітичний риформінг	17
1.4.2. Каталітична ізомеризація	18
1.4.3. Гідроочищення	18
1.4.4. Каталітичний крекінг	19
1.4.5. Гідрорекінг	21
1.5. Коксування та товарне виробництво	23
1.5.1. Коксування	23
1.5.2. Товарне виробництво	24
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 1	25
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН	26
2.1 Поверхнево-активні речовини	26
2.2. Типи поверхнево-активних речовин	27
2.2.1. Аніонні ПАР	27
2.2.2. Катіонні ПАР	30
2.2.3. Амфотерні ПАР	32
2.2.3.1. Властивості амфотерних ПАР	32
2.3. Неіоногенні ПАР	32
2.3.1. Властивості неіонних ПАР	33
2.4. Дія детергентів	34
2.5. Синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАВ)	37
2.6. Класифікація властивостей речовин	42
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 2	43
РОЗДІЛ 3. ТИСК НАСИЧЕНОЇ ПАРИ ТА ВПЛИВ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН	44
3.1. Тиск насиченої пари в різних системах	44
3.2. Дослідження впливу поверхнево-активних речовин на тиск насиченої пари вуглеводнів	46
3.3. Експериментальні розрахунки	48
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 3	51
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	53
4.1. Характеристика ПАР	53

4.1.1. Забруднення водних об'єктів поверхнево-активними речовинами ПАР	54
4.1.2. Вплив ПАР на організм та екосистему	55
4.1.3. Знешкодження ПАР у стічних водах.....	55
4.1.4. Біологічне очищення виробничих стічних вод	56
4.1.5. Очищення виробничих стічних вод від ПАР.....	59
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 4	60
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	62
5.1. Визначення небезпечних та шкідливих речовин в лабораторії	62
5.1.1. Повітря у робочій зоні	62
5.1.1.1. Вентиляція	63
5.1.2. Освітлення в лабораторії	64
5.1.3. Шум у лабораторії.....	64
5.1.4. Електробезпека	65
5.1.5. Інфрачервоне випромінювання.....	65
5.2. Пожежна безпека.....	66
5.3. Розрахункова частина	67
5.3.1. Розрахунок необхідного повітрообміну в приміщенні через виділення шкідливих речовин .	67
5.3.2. Розрахунок кратності повітрообміну виробничого приміщення.....	68
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 5	69
ВИСНОВОК	70
ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА.....	71

ВСТУП

Актуальність теми. Нафта являє собою суміш органічних речовин, які розділяють на фракції та групи вуглеводнів. В основному розрізняють первинну та вторинну переробку нафти. Первинні процеси представляють собою розділення нафти на фракції, які мають власну межу википання. Вторинними процесами називають термічною та термokatалітичною переробками, а також очищення нафтопродуктів. Основними процесами перегонки нафти - є первинні також відома, як пряма перегонка, що здійснюється за допомогою дистиляції та ректифікації. При промисловій перегонці використовують процес одно- або багатоступінчастим випаровуванням та подальшою ректифікацією нафти. Після відбору світлих дистилятів, які википають до 350 °С, залишається мазут, який становить 10 % світлих нафтопродуктів. З мазуту можна виокремити додаткову кількість світлих нафтопродуктів за допомогою вакуумної перегонки.

Мета роботи. Дослідження молекулярної будови вуглеводневих середовищ на тиск насиченої пари при додаванні поверхнево-активних речовин.

Об'єкт дослідження. Процес визначення впливу молекулярної будови вуглеводнів на тиск насиченої пари вуглеводнів у присутності поверхнево-активних речовин.

Предмет дослідження. Аналіз молекулярної будови вуглеводнів в присутності поверхнево-активних речовин та механізм його дії.

Методи дослідження. Визначення впливу поверхнево-активних речовин на тиск їх насиченої пари.

Практичне значення одержаних результатів. Дані результати можуть використовуватись в процесах первинної переробки, для збільшення виходу світлих нафтопродуктів.

Особистий внесок студента у роботу. Підібрав та проаналізував літературу з даної теми, також провів експериментальні дослідження для визначення впливу молекулярної будови вуглеводнів на тиск насиченої пари в присутності поверхнево-активних речовин.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВУГЛЕВОДНІВ

1.1. Алкани

Алкани це - ациклічні вуглеводні лінійної або розгалуженої будови, що містять лише прості зв'язки та утворюють гомологічний ряд із загальною формулою C_nH_{2n+2} . Алкани є насиченими вуглеводнями та містять максимально можливе число атомів водню. Кожен атом вуглецю в молекулах алканів знаходиться в стані sp^3 -гібридизації - всі 4 гібридні орбіталі атома C рівні за формою та енергією. За рахунок одинарних зв'язків між атомами можливе вільне обертання навколо вуглецевого зв'язку. Тип вуглецевого зв'язку - у зв'язку, зв'язку малополярні і погано поляризуються.

1.2 Первинна переробка нафти

Нафта – це гірська порода. Вона відноситься до групи осадових порід разом з пісками, глинами, вапняками, кам'яною сіллю та ін. Ми звикли вважати, що порода – це тверда речовина, з якої складається земна кора та глибші надра Землі. Виявляється, є і рідкі породи і навіть газоподібні. Одна з найважливіших властивостей нафти – здатність горіти.

Нафта є складною сумішшю парафінових, нафтенових і ароматичних вуглеводів, різних за молекулярною вагою і температурою кипіння. Крім того, в нафті містяться сірчисті, кисневі та азотисті органічні сполуки. Для виробництва численних продуктів різного призначення та зі специфічними властивостями застосовують методи поділу нафти на фракції та групи вуглеводнів, а також зміни її хімічного складу. Розрізняють первинні та вторинні методи переробки нафти:

- до первинних відносять процеси поділу нафти на фракції, коли використовуються її потенційні можливості за асортиментом, кількістю та якістю одержуваних продуктів і напівпродуктів – перегонка нафти;

- до вторинних відносять процеси деструктивної переробки нафти та очищення нафтопродуктів, призначені для зміни її хімічного складу шляхом

термічного та каталітичного впливу. За допомогою цих методів вдається отримати нафтопродукти заданої якості та у більших кількостях, ніж за прямої перегонки нафти.

1.3 Процеси та характеристика переробки нафти

Добута з промислових свердловин нафта містить попутний газ, пісок, мул, кристали солей, і навіть воду, у якій розчинені солі, переважно хлориди.

Попутні та розчинені гази відокремлюються від нафти в системі трапів-газосепараторів за рахунок послідовного зниження тиску від тиску в свердловині до атмосферного. Після цього в нафті залишаються розчинені гази (до 4 % мас.).

У трапах одночасно з відділенням газу відбувається і відстій сирової нафти від механічних домішок та основної маси промислової води. Тому ці апарати на промислах називають відстійниками. Звідси нафта надходить на промислові електрообезсолювальні установки.

В основі процесу зневоднення лежить руйнація нафтових емульсій, які утворюються при видобутку нафти за рахунок накачування води в пласт. Зневоднену і знесолену нафту змішують з прісною водою, створюючи штучну емульсію (але з низькою солоністю), яку також піддають розшаруванню. Вода очищається на установці і знову закачується в пласт підтримки пластового тиску і витіснення нафти.

Найпростіший спосіб видалення води з нафти на промислах – термохімічне зневоднення при атмосферному тиску. До підігрітої до 30-50 °С нафти додається деемульгатор, а потім нафта надходить у резервуар для відстоювання. За такої обробки нафти можливі великі втрати легких нафтопродуктів під час відстоювання у негерметичних резервуарах. Ці недоліки усуваються під час термохімічного відстоювання під тиском.

При глибокому зневодненні деяких нафт, у пластовій воді яких міститься мало солей, відбувається майже повне їх видалення. Проте більшість нафт потребує додаткового знесолення.

У деяких випадках для знесолення використовується термохімічний метод, але найчастіше застосовується спосіб, що поєднує термохімічне відстоювання з обробкою емульсії в електричному полі. Установки останнього типу зветься електрообезсолувальні.

Знесолена нафта з ЕЛОУ надходить на встановлення атмосферно-вакуумної перегонки нафти, яка на російських НПЗ позначається аббревіатурою АВТ – атмосферно-вакуумна трубчатка. Така назва обумовлена тим, що нагрівання сировини перед поділом його на фракції здійснюється в зміювиках трубчастих печей за рахунок тепла спалювання палива та тепла димових газів.

АВТ розділена на два блоки - атмосферної та вакуумної перегонки.

Атмосферна перегонка призначена для відбору світлих нафтових фракцій - бензинової, гасової та дизельних, що википають до 360 °С, потенційний вихід яких становить 45-60% на нафту. Залишок атмосферної перегонки – мазут.

Процес полягає в поділі нагрітої в печі нафти на окремі фракції в колоні ректифікації - циліндричному вертикальному апараті, всередині якого розташовані контактні пристрої (тарілки), через які пари рухаються вгору, а рідина - вниз. Ректифікаційні колони різних розмірів та конфігурацій застосовуються практично на всіх установках нафтопереробного виробництва, кількість тарілок у них варіюється від 20 до 60. Передбачається підведення тепла в нижню частину колони та відведення тепла з верхньої частини колони, у зв'язку з чим температура в апараті поступово знижується від низу до верху. В результаті зверху колони відводиться бензинова фракція у вигляді пари, а

пари гасової та дизельних фракцій конденсуються у відповідних частинах колони і виводяться, мазут залишається рідким і відкачується з низу колони.

Вакуумна перегонка призначена для відбору від мазуту масляних дистилатів на НПЗ паливно-масляного профілю або широкої масляної фракції (вакуумного газойлю) на НПЗ паливного профілю. Залишком вакуумної перегонки є гудрон.

Необхідність відбору масляних фракцій під вакуумом обумовлена тим, що при температурі понад 380°C починається термічне розкладання вуглеводнів (крекінг), а кінець кипіння вакуумного газойлю - 520°C і більше. Тому перегонку ведуть при залишковому тиску 40-60 мм рт. ст., що дозволяє зменшити максимальну температуру в апараті до $360\text{-}380^{\circ}\text{C}$.

Розрядження в колоні створюється за допомогою відповідного обладнання, ключовими апаратами є парові або рідинні ежектори.

1.4 Вторинні процеси переробки нафти

Продукти первинної переробки нафти, зазвичай, є товарними нафтопродуктами. Наприклад, октанове число бензинової фракції становить близько 65 пунктів, вміст сірки в дизельній фракції може досягати 1,0% і більше, тоді як норматив становить залежно від марки від 0,005% до 0,2%. Крім того, темні нафтові фракції можуть бути піддані подальшій кваліфікованій переробці.

Оскільки при описі процесів вторинної переробки використовуються найменування груп вуглеводнів, що входять до складу нафти та нафтопродуктів, наведемо короткі описи цих груп та вплив вуглеводневого складу на показники якості нафтопродуктів.

Парафіни - насичені (що не мають подвійних зв'язків між атомами вуглецю) вуглеводні лінійної або розгалуженої будови. Поділяються на такі основні групи:

1. Нормальні парафіни, що мають молекули лінійної будови. Мають низьке октанове число і високу температуру застигання, тому багато вторинні процеси нафтопереробки передбачають їх перетворення на вуглеводні інших груп.

2. Ізопарафіни – з молекулами розгалуженої будови. Мають хороші антидетонаційні характеристики (наприклад, ізооктан - еталонна речовина з октановим числом 100) і зниженою, в порівнянні з нормальними парафінами, температурою застигання.

Нафтени (циклопарафіни) – насичені вуглеводневі сполуки циклічної будови. Частка нафтенів позитивно впливає якість дизельних палив (поряд із ізопарафінами) і мастил. Великий вміст нафтенів у важкій бензиновій фракції зумовлює високий вихід та октанове число продукту риформінгу.

Ароматичні вуглеводні - ненасичені вуглеводневі сполуки, молекули яких включають бензольні кільця, що складаються з 6 атомів вуглецю, кожен з яких пов'язаний з атомом водню або вуглеводневим радикалом. Надають негативний вплив на екологічні властивості моторного палива, проте мають високе октанове число. Тому процес, спрямований на підвищення октанового числа прямогонних фракцій – каталітичний риформінг, передбачає перетворення інших груп вуглеводнів на ароматичні. При цьому граничний вміст ароматичних вуглеводнів і насамперед бензолу в бензинах обмежується стандартами.

Олефіни - вуглеводні нормальної, розгалуженої, або циклічної будови, в яких зв'язки атомів вуглецю, молекули яких містять подвійні зв'язки між атомами вуглецю. У фракціях, одержуваних при первинній переробці нафти, практично відсутні, переважно містяться у продуктах каталітичного крекінгу та коксування. Зважаючи на підвищену хімічну активність, надають негативний вплив на якість моторного палива.

1.4.1. Каталітичний риформінг

Каталітичний риформінг призначений підвищення октанового числа прямогонних бензинових фракцій шляхом хімічного перетворення вуглеводнів, що входять до їх складу. Процес ведеться у присутності алюмоплатино-ренієвого каталізатора. Підвищення октанового числа відбувається рахунок збільшення частки ароматичних вуглеводнів.

Вихід високооктанового компонента становить 85-90% на вихідну сировину. Як побічний продукт утворюється водень, який використовується на інших установках НПЗ, які будуть описані нижче.

Потужність установок риформінгу становить від 300 до 1000 тис. тонн і більше на рік за сировиною.

Оптимальною сировиною є важка бензинова фракція з інтервалами 85-180°C кипіння. Сировина піддається попередньої гідроочищення - видалення сірчистих і азотистих сполук, навіть у незначних кількостях необоротно отруюють каталізатор риформінгу.

Установки риформінгу існують 2-х основних типів – з періодичною та безперервною регенерацією каталізатора – відновленням його первісної активності, яка знижується в процесі експлуатації. У Росії її підвищення октанового числа переважно застосовуються установки з періодичною регенерацією.[7]

Процес здійснюється при температурі 500-530°З тиску 18-35 атм (2-3 атм на установках з безперервною регенерацією). Основні реакції риформінгу поглинають істотні кількості тепла, тому процес ведеться послідовно в 3-4 окремих реакторах, об'ємом від 40 до 140 м³, перед кожним з яких продукти нагріваються в трубчастих печах. Виходить із останнього реактора суміш відокремлюється від водню, вуглеводневих газів і стабілізується.

При регенерації здійснюється випал утворюється в ході експлуатації каталізатора коксу з поверхні каталізатора з подальшим відновленням воднем

та інших технологічних операцій. На установках з безперервною регенерацією каталізатор рухається реакторами, розташованим один над одним, потім подається на блок регенерації, після чого повертається в процес.

Каталітичний риформінг на деяких НПЗ використовується також для виробництва ароматичних вуглеводнів - сировини для нафтохімічної промисловості. Продукти, отримані в результаті риформінгу вузьких бензинових фракцій, піддаються розгону з отриманням бензолу, толуолу та суміші ксилолів (сольвенту).

1.4.2. Каталітична ізомеризація

Ізомеризація також застосовується підвищення октанового числа легких бензинових фракцій. Сировиною ізомеризації є легкі бензинові фракції з кінцем кипіння 62°C або 85°C. Підвищення октанового числа досягається рахунок збільшення частки ізопарафінов. Процес здійснюється в одному реакторі при температурі, залежно від технології, що застосовується, від 160 до 380°C і тиску до 35 атм.[7]

На деяких заводах після введення нових установок риформінгу великої одиничної потужності старі установки потужністю 300-400 тис. тонн на рік перепрофілюють на ізомеризацію. Іноді риформінг та ізомеризація об'єднуються в єдиний комплекс із виробництва високооктанових бензинів.

1.4.3. Гідроочищення

Завдання процесу - очищення бензинових, газових та дизельних фракцій, а також вакуумного газойлю від сірчистих та азотовмісних сполук. На установки гідроочищення можуть подаватися дистиляти вторинного походження з установок крекінгу або коксування, у такому разі йде також гідрування олефінів. Потужність установок складає від 600 до 3000 тис. Тонн на рік. Водень, необхідний реакції гідроочищення, надходить з установок риформінга.[8]

Сировина змішується з водневмісним газом концентрацією 85-95% об., що надходять з циркуляційних компресорів, що підтримують тиск у системі. Отримана суміш нагрівається у печі до 280-340°C, залежно від сировини, потім надходить у реактор. Реакція йде на каталізаторах, що містять нікель, кобальт чи молібден під тиском до 50 атм. У таких умовах відбувається руйнування сірчистих і азотовмісних сполук з утворенням сірководню та аміаку, а також насичення олефінів. У процесі за рахунок термічного розкладання утворюється незначна (1,5-2%) кількість низькооктанового бензину, а при гідроочищенні вакуумного газойлю також утворюється 6-8% дизельної фракції. Продуктова суміш відводиться з реактора, що відокремлюється в сепараторі від надлишкового водневмісного, який повертається на циркуляційний компресор. Далі відокремлюються вуглеводневі гази, і продукт надходить у колону ректифікації, з низу якої відкачується гідрогенізат - очищена фракція. Вміст сірки, наприклад, очищеної дизельної фракції, може знизитися з 1,0% до 0,005-0,03%. Гази процесу піддаються очищенню з метою вилучення сірководню, який надходить на виробництво сірки або сірчаної кислоти.

1.4.4. Каталітичний крекінг

Каталітичний крекінг - найважливіший процес нафтопереробки, що істотно впливає на ефективність НПЗ загалом. Сутність процесу полягає в розкладанні вуглеводнів, що входять до складу сировини (вакуумного газойлю) під впливом температури в присутності алюмосилікатного каталізатора, що містить цеоліт. Цільовий продукт установки КК - високооктановий компонент бензину з октановим числом 90 пунктів і більше, його вихід становить від 50 до 65% залежно від використовуваної сировини, технології та режиму. Високе октанове число обумовлено тим, що при каткрекінгу відбувається також ізомеризація. У ході процесу утворюються гази, що містять пропілен і бутілени, що використовуються як сировина для нафтохімії та виробництва високооктанових компонентів бензину, легкий

газойль – компонент дизельних та пічних палив, та важкий газойль – сировина для виробництва сажі, або компонент мазутів.

Потужність сучасних установок у середньому - від 1,5 до 2,5 млн. тонн, проте на заводах провідних світових компаній існують установки потужністю і 4,0 млн. тонн.

Ключовою ділянкою установки є реакторно-регенераторний блок. До складу блоку входить піч нагріву сировини, реактор, в якому безпосередньо відбуваються реакції крекінгу, та регенератор каталізатора. Призначення регенератора - випалювання коксу, що утворюється в ході крекінгу і осаджується на поверхні каталізатора. Реактор, регенератор та вузол введення сировини пов'язані трубопроводами (лініями пневмотранспорту), якими циркулює каталізатор.

Потужностей каталітичного крекінгу на НПЗ нині явно недостатньо, і саме рахунок введення нових установок вирішується проблема з прогнозованим дефіцитом бензину. При реалізації декларованих нафтовими компаніями програм реконструкції НПЗ це питання повністю знімається.

Сировина з температурою 500-520 ° С в суміші з пилоподібним каталізатором рухається по ліфт-реактору вгору протягом 2-4 секунд і піддається крекінгу. Продукти крекінгу надходять у сепаратор, розташований зверху ліфт-реактора, де завершуються хімічні реакції і відбувається відділення каталізатора, який відводиться з нижньої частини сепаратора і самопливом надходить у регенератор, в якому при температурі 700 ° С здійснюється випалювання коксу. Після цього відновлений каталізатор повертається на вузол сировини. Тиск у реакторно-регенераторному блоці близький до атмосферного. Загальна висота реакторно-регенераторного блоку становить від 30 до 55 м, діаметри сепаратора та регенератора - 8 та 11 м відповідно для встановлення потужністю 2,0 млн тонн.[7]

Продукти крекінгу йдуть з верху сепаратора, охолоджуються та надходять на ректифікацію.

Каталітичний крекінг може входити до складу комбінованих установок, що включають попереднє гідроочищення або легкий гідрокрекінг сировини, очищення та фракціонування газів.

1.4.5. Гідрорекінг

Гідрорекінг - процес, спрямований на отримання високоякісних гасових та дизельних дистилатів, а також вакуумного газойлю шляхом крекінгу вуглеводнів вихідної сировини в присутності водню. Одночасно з крекінгом відбувається очищення продуктів від сірки, насичення олефінів та ароматичних сполук, що обумовлює високі експлуатаційні та екологічні характеристики палив. Наприклад, вміст сірки в дизельному дистилаті гідрокрекінгу становить мільйонні частки відсотка. Одержувана бензинова фракція має невисоке октанове число, її важка частина може бути сировиною риформінгу. Гідрорекінг також використовується в масляному виробництві для отримання високоякісних основ масел, близьких за експлуатаційними характеристиками до синтетичних.

Гама сировини гідрокрекінгу досить широка - прямогонний вакуумний газойль, газойлі каталітичного крекінгу та коксування, побічні продукти маслблоку, мазут, гудрон.

Установки гідрокрекінгу, як правило, будуються великою одиничною потужністю - 3-4 млн. тонн на рік за сировиною.

Зазвичай обсягів водню, одержуваних на установках риформінгу, недостатньо для забезпечення гідрокрекінгу, тому на НПЗ споруджуються окремі установки з виробництва водню шляхом парової конверсії вуглеводневих газів.[8]

Технологічні схеми схожі з установками гідроочищення - сировину, змішане з водневмісним газом (ВСГ), нагрівається в печі, надходить у реактор

з шаром каталізатора, продукти з реактора відокремлюються від газів і надходять на ректифікацію. Однак реакції гідрокрекінгу протікають з виділенням тепла, тому технологічною схемою передбачається введення в зону реакції холодного ВСТ, витратою якого регулюється температура. Гідрокрекінг - один із найнебезпечніших процесів нафтопереробки, при виході температурного режиму з-під контролю, відбувається різке зростання температури, що призводить до вибуху реакторного блоку.

Апаратне оформлення та технологічний режим установок гідрокрекінгу різняться залежно від завдань, обумовлених технологічною схемою конкретного НПЗ, та використовуваної сировини.

Наприклад, для отримання малосірчистого вакуумного газойлю і відносно невеликої кількості світлих (легкий гідрокрекінг) процес ведеться при тиску до 80 атм. одному реакторі при температурі близько 350°C.

Для максимального виходу світлих (до 90%, зокрема до 20% бензинової фракції на сировину) процес складає 2-х реакторах. При цьому, продукти після першого реактора надходять в колону ректифікації, де відганяються отримані в результаті хімічних реакцій світлі, а залишок надходить в другий реактор, де повторно піддається гідрокрекінгу. В даному випадку, при гідрокрекінгу вакуумного газойлю тиск становить близько 180 атм., а при гідрокрекінгу мазуту і гудрону - більше 300. Температура процесу, відповідно, варіюється від 380 до 450 ° С і вище.

Спільне будівництво установок гідрокрекінгу та каталітичного крекінгу в рамках комплексів глибокої переробки нафти є найбільш ефективним для виробництва високооктанових бензинів та високоякісних середніх дистилатів.

1.5. Коксування та товарне виробництво

1.5.1. Коксування

Призначення процесу - кваліфікована переробка важких нафтових залишків, як первинної, і вторинної переробки, з отриманням нафтового коксу, застосовуваного виробництва електродів, що у металургійної промисловості, і навіть додаткової кількості світлих нафтопродуктів.

На відміну від раніше описаних процесів, коксування є термічним процесом, що не використовує каталізатор.

Існують різні технологічні рішення для цього процесу. На вітчизняних НПЗ застосовуються установки уповільненого коксування.

Уповільнене коксування - напівбезперервний процес, який здійснюється при температурі близько 500°C і тиску, близькому до атмосферного. Сировина надходить у змішувачі технологічних печей, у яких йде процес термічного розкладання, після чого надходить у камери, в яких відбувається утворення коксу. На установках споруджується 4 коксові камери, що працюють поперемінно. Камера протягом доби працює в режимі реакції, заповнюючись коксом, після чого протягом доби здійснюються технологічні операції з вивантаження коксу та підготовки до наступного циклу.

Кокс із камери видаляється за допомогою гідрорізака, що представляє собою бур з розташованими на кінці соплами, через які під тиском 150 атм подається вода, яка роздробляє кокс.

Роздроблений кокс сортується на фракції залежно від розміру частинок.

Зверху коксових камер йдуть пари продуктів і надходять на ректифікацію. Світлі фракції, отримані при коксуванні, характеризуються низькою якістю через великий вміст олефінів і тому бажано їхнє подальше облагородження.

Вихід коксу становить близько 25% при коксуванні гудрону, вихід світлих фракцій – близько 35%.

1.5.2. Товарне виробництво

Раніше розглянуто основні технологічні процеси паливного виробництва, які застосовуються на НПЗ.

Однак, в ході зазначених процесів виробляються лише компоненти моторних, авіаційних та котельних палив із різними показниками якості. Наприклад, октанове число прямогонного бензину становить близько 65, риформату - 95-100, бензину коксування - 60. Інші показники якості (наприклад, фракційний склад, вміст сірки) компонентів також різняться. Для отримання товарних нафтопродуктів організується змішання отриманих компонентів у відповідних ємностях НПЗ у співвідношеннях, які забезпечують нормовані показники якості.

Розрахунок рецептури змішування (компаундування) компонентів здійснюється за допомогою відповідних модулів математичних моделей, що використовуються для планування виробництва з НПЗ загалом. Вихідними даними для моделювання є прогнози залишки сировини, компонентів та товарної продукції, план реалізації нафтопродуктів у розрізі асортименту, плановий обсяг постачання нафти. Таким чином, можливо розрахувати найбільш ефективні співвідношення між компонентами при змішуванні.

Найчастіше на заводах використовуються усталені рецептури змішування, котрі коригуються при зміні технологічної схеми.

Компоненти нафтопродуктів у заданому співвідношенні закачуються в ємність для змішування, куди можуть подаватися присадки. Отримані товарні нафтопродукти проходять контроль якості та відкачуються у відповідні ємності товарно-сировинної бази, звідки відвантажуються споживачеві.

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 1

Були розглянуті первинні та вторинні процеси переробки нафти. Заодно розглянули всі вуглеводневі сполуки, які можуть утворитися. Також були розглянуті процеси: каталітичного риформінгу та ізомеризації, коксування, гідроочищення та гідрокрекінг.

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН

2.1 Поверхнево-активні речовини

Поверхнево-активні речовини (ПАР) - хімічні сполуки, які, концентруючись на поверхні розділу фаз, викликають зниження поверхневого натягу.[2]

Властивості, які відрізняють поверхнево-активні речовини:

- знижується поверхневий натяг в розбавлених розчинах через адсорбцію на поверхні поділу фаз;
- утворення міцел через збільшення концентрації розчину ПАР внаслідок зниження вільної енергії системи.

Основною кількісною характеристикою ПАР є поверхнева активність - здатність речовини знижувати поверхнєве натяг на межі розділу фаз - це похідна поверхневого натягу по концентрації ПАР. Однак, ПАР має межу розчинності, з досягненням якої при додаванні ПАР до розчину концентрація на межі розділу фаз залишається постійною, але в той же час відбувається самоорганізація молекул ПАР в об'ємному розчині (міцелоутворення або агрегація). Внаслідок такої агрегації утворюються так звані міцели (рис. 2.1). Відмінною ознакою міцелоутворення є помутніння розчину ПАР. Водні розчини ПАР, при міцелоутворенні також набувають голубуватий відтінок за рахунок заломлення світла міцелами.

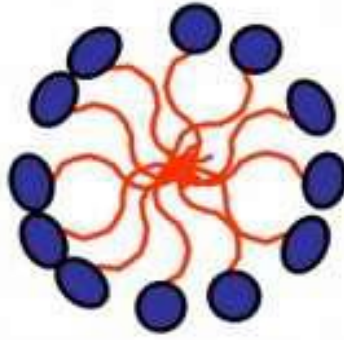


Рис. 2.1. Міцела

Типові ПАР — органічні сполуки дифільного будови, тобто які містять у молекулі атомні групи, що сильно розрізняються за інтенсивністю взаємодії з навколишнім середовищем (у найбільш практично важливому випадку — водою). Так, у молекулах ПАР є один або кілька вуглеводневих радикалів, що складають олеофільну або ліпофільну частину, і одна або кілька полярних груп гідрофільна частина. Слабо взаємодіючі з водою олеофільні (гідрофобні) групи визначають прагнення молекули до переходу з водного (полярного) середовища у вуглеводневе (неполярне). Гідрофільні групи, навпаки, утримують молекулу в полярному середовищі або, якщо молекула ПАР знаходиться у вуглеводневій рідині, визначають її прагнення переходу в полярне середовище. Тобто, поверхнева активність ПАР, розчинених у неполярних рідинах, обумовлена гідрофільними групами, а розчинених у воді — гідрофобними радикалами.

2.2. Типи поверхнево-активних речовин

В основному розділяють два основних класи ПАР — це іоногені та неіоногенні. Іоногені поділяються ще на три типи: аніонні, каталітичні та амфотерні ПАР.[11]

2.2.1. Аніонні ПАР

Аніонні речовини становлять більшу частину світового виробництва ПАР. Ця група ПАР є найбільш несумісною з брудом. Аніонні сполуки краще

за всіх інших груп ПАР видаляють бруд з контактних поверхонь. Тому без них не обходиться жоден дієвий засіб, що очищає.

Цю групу миючих субстанцій люди навчилися виробляти раніше за інших (згадаймо пасаж про попіл, яким посипали собі голову стародавні мудреці). У міру розвитку прогресу аніонні ПАР стали варити з білків і жирів, залужених (натрієва гідролізація) за допомогою золи (найпопулярніша лужна природна сировина - зола дерева *Salasola soda*) та інших лужних сполук. Як сировина для аніонних та криптоаніонних ПАР використовується кокосова, пальмова, рапсова, соєва олія, свинячий жир, спермацет, олія з коров'ячого та козячого молока.

Визначні очищувальні якості аніонних ПАР пояснюються будовою їх молекул, що складаються з двох частин — гідрофільної і, навпаки, гідрофобної.

Перші дозволяють їм розчинятися у воді (або полярних розчинниках) і повністю змиватися нею з поверхні шкіри, а другі контактувати з неполярними речовинами (вуглеводнями, смолами, жирами, маслами). Під час миття з шампунем або милом гідрофобні пов'язують захоплені частинки бруду, поміщаючи їх у центр міцели (порожньої кулі, утвореної поруч молекул, гідрофільні «хвости» яких спрямовані назовні, а всередину – гідрофобні «голови»).

Швидка, повноцінна, якісна евакуація бруду з поверхні шкіри та її придатків, піноутворення, бактерицидна (ліквідація грампозитивних мікроорганізмів) та бактеріостатична, ліполітична (розчинення окисленого жирового секрету сальних залоз та смолисто-мінеральних забруднень шкіри) дія.

Промислові ПАР цього типу можна поділити на наступні групи: карбонові кислоти та їх солі, алкілсульфати, алкілсульфонати.

У виробництві мил і багатьох іоно- та неіоногенних ПАР використовують карбонові кислоти, які можна одержати гідролізом з рослинних та тваринних жирів, та синтетичні жирні кислоти. Промислове значення мають також смоляні та жирні кислоти талової олії — побічного продукту целюлозного виробництва — смоляні кислоти каніфолі.

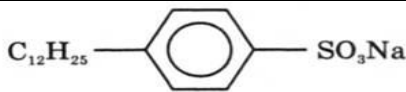
Найбільше значення як ПАР із солей монокарбонових кислот мають мила (натрієві, калієві та амонійні) жирних кислот RCOON , де R - насичений або ненасичений нормальний аліфатичний радикал з числом атомів вуглецю 12-18, та мила (натрієві, рідше калієві) смоляних кислот. Практичне значення мають також дикарбонові кислоти, які одержують в промисловості конденсацією ненасичених вуглеводнів з малеїновим ангідридом.

Алкілсульфати синтезують зазвичай сульфостерифікацією вищих жирних спиртів або олефінів з подальшою нейтралізацією відповідно первинних або вторинних алкілсірнистих кислот.

Алкілсульфонати зазвичай отримують з насичених вуглеводнів $\text{C}_{12}\text{-C}_{18}$ нормальної будови, які сульфохлорують або сульфоокислюють з подальшим омиленням або нейтралізацією продукту. Наведемо приклади аніонних ПАР.

Таблиця 2.1

Приклади аніонних ПАР

Тип	Назва	Формула
Поліводневокисневий спирт сульфоновий	Лаурилсульфат натрію	$\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{OSO}_3\text{Na}$
Сульфоновий малеїновий ефір	Лаурилсульфоновий бурштин	$\begin{array}{c} \text{ROOC}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{COOR} \\ \\ \text{SO}_3\text{Na} \end{array}$
Сульфонові ароматичні вуглеводні	Натрієвий алкілбензосульффон (АБС)	$\text{C}_{12}\text{H}_{25}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{SO}_3\text{Na}$ 

Соль насиченої жирної кислоти	Стеарат натрію	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COONa}$
Соль ненасиченої жирної кислоти	Олеїнат натрію	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COONa}$

2.2.2. Катіони ПАР

Катіонні ПАР – це сполуки, які дисоціюють у водному розчині з утворенням катіонів.

Четвертинні амонієві основи, є полісахариди, одержувані з молочних продуктів, ланоліну, картоплі, кукурудзи, цукрової тростини, буряків, соняшника.

В силу свого позитивного заряду катіонні ПАР притягуються до негативно зарядженого волосся і рогових лусок епідермісу, прискорюючи їх змочування, фіксують на їх поверхні цінні лікувальні компоненти, що містяться в косметичному препараті. Вони захоплюють та утримують негативно заряджені частинки.

Катіонні ПАР — цінні компоненти косметичних препаратів: вони активізують піноутворення, емульгують масляні та ароматичні субстанції у водному розчині, надають бактерицидну дію, усувають залишковий електричний заряд.

Їх можна поділити на наступні основні групи: аміни різного ступеня заміщення та четвертинні амонієві основи, інші азотовмісні основи четвертинні фосфонієві та третинні сульфонові основи.

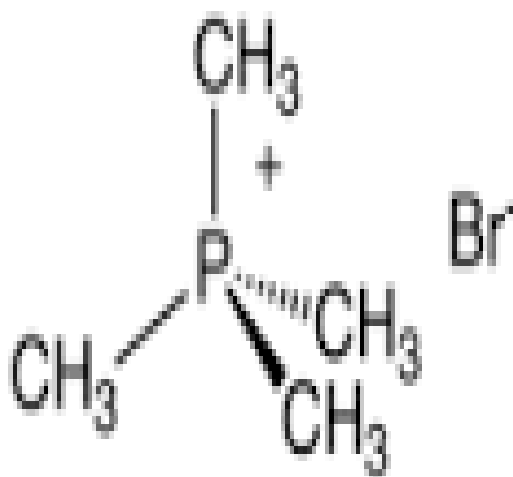


Рис. 2.2. Фосфонові сполуки

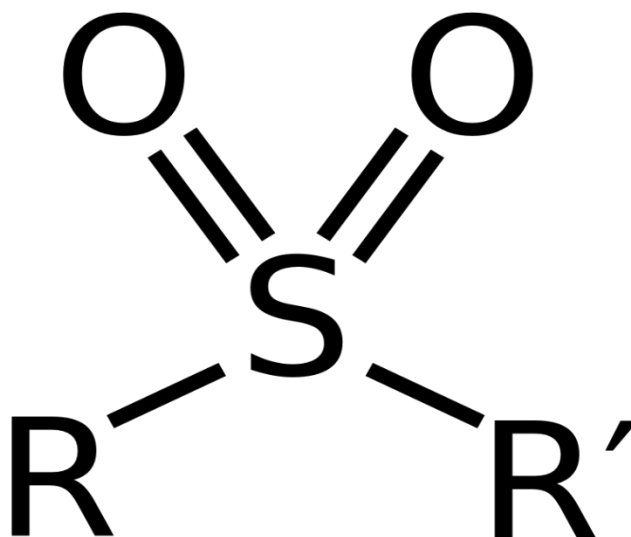


Рис. 2.3. Сульфові основи

Сировиною для катіонних ПАР, що мають господарське значення, служать аміни, одержувані з жирних кислот та спиртів, алканогалогенів, а також алкілфенолів. Четвертинні амонієві солі синтезують з відповідних довголанцюгових галоїдних алкілів реакцією з третинними амінами, з амінів хлоралкілюванням або іншими шляхами із синтетичних спиртів, фенолів та фенольних сумішей.

Більше значення як катіоноактивні ПАР і як вихідні продукти в синтезі неіоногенних ПАР мають не тільки моно- але і діаміни, поліаміни та їх похідні.

2.2.3. Амфотерні ПАР

Амфотерні та неіонні ПАР нейтралізують кислотну реакцію аніонів, сприяють їх швидкому розщепленню, при цьому збільшуючи щільність та зменшуючи «повітряність» пухирців піни.

Амфотерні ПАР є одним з найдорожчих інгредієнтів основи, що милиться. Їх отримують екстракцією, ректифікацією та окисненням природної сировини (як рослинної, так і тваринного спрямування). Найбільш відомі сировинні джерела амфотерних ПАР, а саме лактату, альфа-амінокислот, пектинів, восків.

Амфотерні ПАР ця проблема була вирішена- це поверхнево-активні речовини завдяки своїй здатності легко відають та приєднують електронну пару та проявляють себе, як кислотні, так і основні властивості залежно від реакції середовища, в якому вони знаходяться (так у лужному середовищі вони стають аніонами, а в кислотній - катіонами).

2.2.3.1. Властивості амфотерних ПАР

Отримані з аніоноактивним введенням у них аміногруп або з катіоноактивним введенням кислотних груп.

Такі сполуки, наприклад, $\text{RNHCH}_2\text{CH}_2\text{COONa}$ отримують взаємодією первинного аміну та метилакрилату з подальшим омиленням складноєфірної групи лугом.

В промисловості амфотерні ПАР випускаються у невеликій кількості, та його споживання розширюється повільно.

2.3. Неіоногенні ПАР

Сполуки, які розчиняються у воді без утворення іонів, називають неіонними. Їх групу представляють полігліколеві та полігліколенові ефіри жирних спиртів. Неіонні ПАР існують тільки в рідкій або пастоподібній формі, тому не можуть утримуватися у твердих миючих засобах.[11]

Водні розчини складних ефірів жирних кислот являють собою дисперсійний міцельний розчин, оскільки він емульгує бруд та жир, видаляючи їх з поверхні.

2.3.1. Властивості неіонних ПАР

Цей вид ПАР привносить мийному засобу м'якість, безпеку, екологічність (біорозкладність неіонних ПАР становить 100%). Вони стабілізують мильну піну.

Це найбільш перспективний клас ПАР, що швидко розвивається. Не менше 80-90% таких ПАР отримують приєднанням окису етилену до спиртів, алкілфенолів, карбонових кислот, амінів та інших сполук з реакційноздатними атомами водню. Поліоксіетиленові ефіри алкілфенолів - найчисленніша і поширена група неіоногенних ПАР, що включає більше сотні торгових назв найбільш відомі препарати ОП-4, ОП-7 та ОП-10. Типова сировина - октил-, іоніл- і додецилфеноли; крім того, використовують крезולי, β -нафтол та інші. Якщо в реакцію взято індивідуальний алкілфенол, готовий продукт являє собою суміш ПАР загальної формули $RC_6H_4O(CH_2O)_mH$.

Всі ПАР можна розділити на дві категорії за типом систем, що утворюються ними при взаємодії з розчинним середовищем. До однієї категорії відносяться міцелоутворюючі ПАР, до іншого - не утворюють міцел. У розчинах міцелоутворюючих ПАР становить вище критичної концентрації міцелоутворення (ККМ) виникають колоїдні частки (міцели), що складаються з десятків або сотень молекул (іонів). Міцели оборотно розпадаються на окремі молекули або іони при розведенні розчину (точніше колоїдної дисперсії) до концентрації нижче ККМ.

Таким чином, розчини міцелоутворюючих ПАР займають проміжне положення між істинними (молекулярними) та колоїдними розчинами, тому їх часто називають напівколоїдними системами. До міцелоутворювальних ПАР відносять усі миючі речовини, емульгатори, змочувачі, диспергатори та ін.

Поверхневу активність зручно оцінювати за найбільшим зниженням поверхневого натягу поділеного на відповідну концентрацію — ККМ у разі міцелоутворюючих ПАР. Поверхнева активність обернено пропорційна ККМ.

Утворення міцел відбувається у вузькому інтервалі концентрацій, який стає вже визначеним у міру подовження гідрофобних радикалів.

Найпростіші міцели типових напівколоїдних ПАР, наприклад солей жирних кислот, при концентраціях, що не надто перевищують ККМ, мають сфероїдальну форму.

Зі зростанням концентрації ПАР анізотричних міцел супроводжується різким зростанням структурної в'язкості, що призводить в деяких випадках до повної втрати текучості.

2.4. Дія детергентів

Мило відоме вже тисячі років, але тільки відносно недавно хіміки зрозуміли, чому воно має миючі властивості. Механізм видалення бруду по суті той самий для мила і синтетичних миючих засобів. Розглянемо його на прикладі кухонної солі, звичайного мила.

При розчиненні у воді кухонна сіль дисоціює на позитивно заряджені іони натрію та негативно заряджені хлорид-іони. Стеарат натрію (рис.), подібні з ним речовини, а також алкілбензолсульфонат натрію поведуться подібним чином: вони утворюють позитивно заряджені іони натрію, але їх негативні іони, на відміну від хлорид-іону, складаються приблизно з п'ятдесяти атомів.

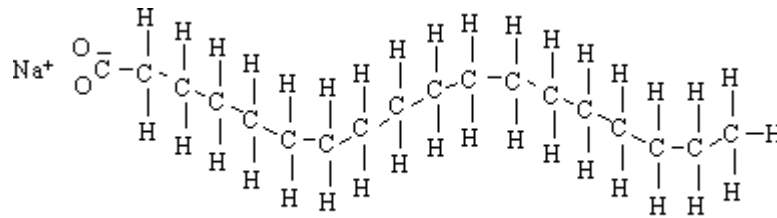


Рис. 2.4. Стеарат натрію

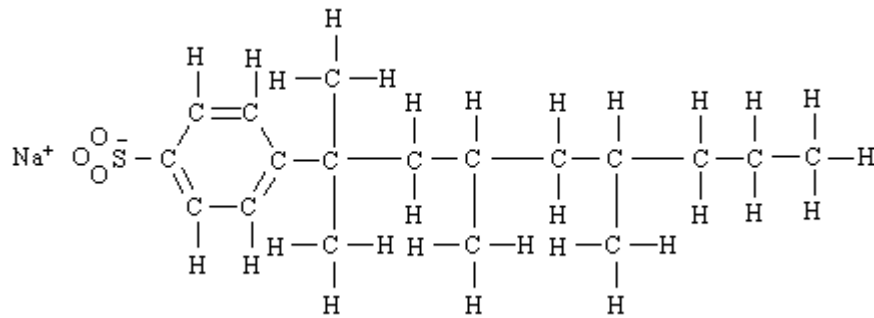


Рис. 2.5. Алкілбензолсульфонат натрію

Мило (рисинук 2.4) можна представити формулою Na^+ і $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO}^-$, де 17 атомів вуглецю з приєднаними до них атомами водню витягнуті в звивистий ланцюжок. Алкілбензолсульфонат натрію (рисинук 2.5) (Na^+ та $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3^-$) має приблизно стільки ж атомів вуглецю та водню. Однак розташовані вони не у вигляді звивистого ланцюжка, як у милі, а у вигляді розгалуженої структури. Значення цієї різниці стане ясно пізніше. Для миючої дії важливим є те, що вуглеводнева частина негативного іона нерозчинна у воді. Однак вона розчинна в жирах і оліях, адже саме завдяки жиру бруд прилипає до речей і якщо поверхня повністю очищена від жиру, бруд не затримується у ньому.

Негативні іони (аніони) мила та алкілбензолсульфонату схильні концентруватися на поверхні розділу води та жиру. Водорозчинний негативно заряджений кінець залишається у воді, тоді як вуглеводнева частина занурена у жир. Щоб поверхня розділу була найбільшою, жир повинен бути у вигляді

дрібних крапельок. В результаті утворюється емульсія - завись крапель жиру (олії) у воді.

Якщо на твердій поверхні є плівка жиру, то при контакті з водою, що містить детергент, жир залишає поверхню і переходить у воду у вигляді дрібних крапель. Аніони мила та алкілбензолсульфонату знаходяться одним кінцем у воді, а іншим – у жирі. Бруд, який утримується плівкою жиру, видаляється при полосканні. Так у спрощеному вигляді можна уявити дію миючих засобів.

Будь-яка речовина, схильна збиратися на поверхні розділу олія – вода, називають поверхнево-активною речовиною. Усі поверхнево-активні речовини є емульгаторами, оскільки сприяють утворенню емульсії олії у питній воді, тобто «змішенню» олії та води, всі вони мають миючі властивості і утворюють піну - адже піна, є, як би емульсією повітряних бульбашок у воді. Не всі ці властивості виражені однаково. Є поверхнево-активні речовини, які рясно утворюють піну, але є слабкими миючими засобами, є і такі, які майже не піняться, але є прекрасними миючими засобами. Синтетичні детергенти – це синтетичні поверхнево-активні речовини з особливо високою миючою здатністю. У промисловості термін «синтетичний миючий засіб» зазвичай означає композицію, що включає поверхнево-активний компонент, відбілювачі та інші добавки.

Мило, алкілбензолсульфонати та багато інших миючих засобів, де саме аніон розчиняється в жирах, називають аніоноактивними. Є також поверхнево-активні речовини, у яких жиророзчинним є катіон. Їх називають катіоноактивними. Типовий катіонний детергент, хлорид алкілдиметилбензиламонію є сіллю четвертинного амонію, що містить азот, пов'язаний із чотирма групами. Хлорид-аніон завжди залишається у воді, тому його називають гідрофільним. Вуглеводневі групи, пов'язані з позитивно зарядженим азотом, є ліпофільними. Одна з цих груп, $C_{14}H_{29}$, схожа на довгий

вуглеводневий ланцюжок у милі та алкілбензолсульфонаті, але вона приєднана до позитивного іону.

Ще один тип миючих засобів – неіонні детергенти. Жиророзчинна група в детергенті є чимось на прикладі жиророзчинних груп в алкілбензолсульфонатах та милах, а залишок – це довгий ланцюг, що містить безліч кисневих атомів та ОН-групу на кінці, які є гідрофільними. Зазвичай неіонні синтетичні миючі засоби виявляють високу миючу здатність, але слабо утворюють піну.

2.5. Синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАВ)

СПАВ (синтетичні поверхнево-активні речовини) є великою групою сполук, різних за структурою, які стосуються різних класів. Ці речовини здатні адсорбуватися на поверхні розділу фаз і знижувати внаслідок цього поверхневу енергію (поверхневий натяг). Залежно від властивостей, що виявляються СПАВ при розчиненні у воді, їх ділять на аніоноактивні речовини (активною частиною є аніон), катіоноактивні (активною частиною молекул є катіон), амфолітні та неіоногенні, які зовсім не іонізуються.[11]

Не секрет, що основні діючі компоненти пральних порошків – поверхнево-активні речовини (ПАР). Правду кажучи, ці активні хімічні сполуки, потрапляючи в організм, руйнують живі клітини шляхом порушення найважливіших біохімічних процесів.

Напевно, із продуктів побутової хімії нам відомі найбільше синтетичні миючі засоби. У 1970 році вперше у всьому світі синтетичних миючих засобів (СМС) було вироблено більше, ніж звичайного натурального мила. З кожним роком виробництво його знижується, тоді як випуск СМС безперервно зростає. Виявляється, має багато недоліків.

По-перше, мило, будучи сіллю слабкої органічної кислоти (точніше, сіллю, утвореною сумішшю трьох кислот - пальмітинової, маргаринової та стеаринової) і сильної основи - їдкого натру, у воді гідролізується на кислоту

і луг. Кислота вступає в реакцію з солями жорсткості і утворює нові, вже нерозчинні у воді солі, які випадають у вигляді клейкої білої маси на одяг.

Інший продукт гідролізу - луг - руйнує шкіру (знежирює її, призводить до сухості та утворення болючих тріщин) і знижує міцність волокон, з яких складаються різні тканини. Поліамідні ж волокна (капрон, нейлон, перлон) руйнуються милом особливо інтенсивно.

По-друге, мило — відносно дорогий продукт, тому що для його виробництва потрібна харчова сировина — рослинні або тваринні жири. Є й інші, менш значні недоліки цього донедавна абсолютно незамінного в побуті речовини. На відміну від натурального мила синтетичні миючі засоби мають безперечні переваги: більшу миючу здатність, гігієнічність і економічність.

На міжнародному ринку відомо зараз близько 500 найменувань синтетичних миючих засобів, що випускаються у вигляді порошків, гранул, лусочок, паст, рідин.

Виробництво СМС дає великий економічний ефект. Експерименти показали, що одна тонна синтетичних миючих засобів замінює 1,8 тонни 40 %-ного господарського мила, що виробляється із цінної харчової сировини. Підраховано, що одна тонна СМС заощаджує для харчової промисловості 750 кг рослинних жирів. Застосування СМС в домашньому господарстві дозволяє скоротити витрати праці при ручному та машинному пранні на 15-20%.

СМС призначені не тільки для прання білизни. Є спеціальні засоби для миття та чищення різних предметів домашнього побуту, туалетні синтетичні мила, засоби для миття волосся-шампуні, піномоючі добавки для ванн, в які вводяться біостимулятори, що надають тонізуючу дію на організм.

Головним компонентом всіх названих засобів є синтетична поверхнево-активна речовина (ПАР), роль якої та ж, що й органічної солі у звичайному милі.

Однак хімікам давно вже відомо, що індивідуальна речовина, хоч би якою універсальною вона не була, не може задовольняти всім вимогам, що висуваються до неї. Невеликі добавки інших, супутніх речовин допомагають виявити у цієї основної речовини дуже корисні якості. Ось чому всі сучасні СМС являють собою не індивідуальні ПАР, а композиції, які можуть входити відбілювачі, регулятори піни, біологічно активні речовини та інші компоненти.

Другим за значимістю компонентом сучасних синтетичних миючих засобів є конденсовані або полімерні фосфати (поліфосфати). Ці речовини мають ряд корисних властивостей: вони утворюють із наявними у воді іонами металів водорозчинні комплекси, чим попереджають можливість появи нерозчинних мінеральних солей, що виникають при пранні звичайним милом, збільшують миючу активність ПАР, запобігають зворотному осіданню зважених частинок, дешеві у виробництві.

Всі ці властивості поліфосфатів дозволяють знизити в СМС вміст дорожчого основного компонента ПАВ. Як правило, до будь-якого синтетичного миючого засобу входить віддушка — речовина з приємним запахом, що передається білизною при використанні СМС.

Майже в усі СМС вводиться речовина, яка називається натрієвою сіллю карбоксиметилцелюлози. Це високомолекулярний синтетичний продукт, розчинний у воді. Його основне призначення - бути, поряд з фосфатами, тобто запобігати осіданню бруду на вже відпрані волокна.

Більшість із них має ряд переваг перед милом, яке здавна застосовувалося для цієї мети. Так, наприклад, ПАР добре розчиняються і піняться навіть у жорсткій воді. Калієві і магнієві солі, що утворюються в жорсткій воді, не погіршують миючої дії ПАР і не утворюють на волоссі білого нальоту.

Основні діючі речовини всіх пральних порошків, так звані поверхнево-активні речовини, являють собою надзвичайно активні хімічні сполуки. Маючи деяку хімічну спорідненість з певними компонентами мембран клітин людини і тварин, ПАР, при попаданні в організм, накопичуються на клітинних мембранах, покриваючи їх поверхню тонким шаром і при певній концентрації здатні викликати порушення найважливіших біохімічних процесів, що протікають в них, порушити функцію і саму цілість клітини.

В експериментах на тваринах вчені встановили, що ПАР істотно змінюють інтенсивність окисно-відновних реакцій, впливають на активність низки найважливіших ферментів, порушують білковий, вуглеводний та жировий обмін. Особливо агресивні у своїх діях аніони ПАР. Вони здатні викликати грубі порушення імунітету, розвиток алергії, ураження мозку, печінки, нирок, легенів. Це одна з причин, через які в країнах Західної Європи накладено суворі обмеження на використання а-ПАВ (аніонних ПАР) у складах пральних порошків. У кращому разі їх вміст не повинен перевищувати 2-7%. На Заході вже понад 10 років тому відмовилися від застосування у побуті порошків, які містять фосфатні добавки. На ринках Німеччини, Італії, Австрії, Голландії та Норвегії продаються лише безфосфатні миючі засоби. У Німеччині застосування фосфатних порошків заборонено федеральним законом. В інших країнах, таких як Франція, Великобританія, Іспанія, відповідно до урядових рішень вміст фосфатів у СМС суворо регламентовано (не більше 12%).[11]

Наявність фосфатних добавок у порошках призводить до значного посилення токсичних властивостей а-ПАВ. З одного боку, ці добавки створюють умови для інтенсивнішого проникнення а-ПАВ через неушкоджену шкіру, сприяють посиленому знежиренню шкірних покривів, активнішому руйнуванню клітинних мембран, різко знижують бар'єрну функцію шкіри. ПАР проникають у мікросудини шкіри, всмоктуються в кров та поширюються по організму. Це призводить до зміни фізико-хімічних

властивостей самої крові та порушення імунітету. А-ПАР має здатність накопичуватися в органах. Наприклад, у мозку осідає 1,9 % загальної кількості а-ПАР, що потрапили на незахищену шкіру, у печінці – 0,6 % тощо. Вони діють подібно до отрут: у легенях викликають гіперемію, емфізему, у печінці пошкоджують функцію клітин, що призводить до збільшення холестерину та посилюють явища атеросклерозу в судинах серця та мозку, порушує передачу нервових імпульсів у центральній та периферичній нервовій системах.

Але цим не вичерпується шкідлива дія фосфатів - вони є великою загрозою для навколишнього середовища. Потрапляючи після прання разом із стічними водами у водоймища, фосфати приймаються діяти як добрива. «Урожай» водоростей у водоймах починає рости не щодня, а щогодини. Водорості, розкладаючись, виділяють у величезних кількостях метан, аміак, сірководень, які знищують живе у воді. Заростання водойм та засмічення повільно поточних вод призводить до грубих порушень екосистем водойм, погіршення кисневого обміну в гідросфері та створюють труднощі у забезпеченні населення питною водою. Ще й через це у багатьох країнах законодавчо заборонили застосування фосфатних СМС.

Традиційним недоліком ПАР є жорсткість, що виражається у подразненні на шкірі, появі сухості та стану дискомфорту після використання шампуню або гелю для душу.

Шкірні покриви рук, стикаючись з активними хімічними розчинами пральних порошків, стають основним провідником проникнення небезпечних хімічних агентів у людини. А-ПАВ активно проникають навіть через неушкоджену шкіру рук і за сприяння фосфатів, ензимів та хлору інтенсивно її знезаражують. Відновлення нормальної жирності та вологості шкіри відбувається не раніше, ніж через 3-4 години, а при багаторазовому застосуванні у зв'язку з накопиченням шкідливого ефекту нестача жирового покриття шкіри відчувається протягом двох діб. Бар'єрні функції шкірних покривів знижуються, і створюються умови для інтенсивного проникнення в

організм не тільки а-ПАВ, а й будь-яких токсичних сполук - бактеріологічних токсинів, важких металів та ін. Після кількох прань фосфатними порошками найчастіше розвиваються запалення шкіри - дерматити. Запускається конвеєр патологічних імунних реакцій.

2.6. Класифікація властивостей речовин

Властивості органічних сполук можна поділити на фізичні та хімічні вони залежать від маси молекул, розташування атомів, взаємодія молекул одна з одною та атомів в молекулі. В основному розрізняють три види властивостей:

1) Колігативні – залежать тільки від загального числа молекул (тиск ідеальних газів, об'єм моля газу, підвищення температури кипіння та зниження температури затвердіння.

2) Адитивні – величина виражається, як сума величин властивостей окремих атомів або груп, які входять до молекул.

3) Конститутивні – обумовлені наявністю певних атомів або груп атомів та розташування їх в просторі.

Сучасні теорії виявляють три найбільші імовірні причини, що надають міжмолекулярну взаємодію неіоногенних сполук, так звані сили Ван дер Вальса – взаємодію простих диполів (орієнтаційні сили), взаємодія наведених диполів (індукційні сили), взаємодія миттєвих диполів (дисперсійні сили Лондона).

Зазвичай орієнтаційні та індукційні сили не поділяють та називають полярними силами. Дисперсійними силами ми називаємо універсальні сили, які обумовлені флуктуацією електронної густини та в основному вони проявляються у неполярних молекулах. Полярними силами ми називаємо сили, які обумовлені наявністю дипольного моменту у молекул.

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 2

В розділі було розглянуто загальну характеристику поверхнево-активних речовин, наведено деякі приклади ПАР. Описані властивості неіоногенних та амфотерних ПАР.

РОЗДІЛ 3. ТИСК НАСИЧЕНОЇ ПАРИ ТА ВПЛИВ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН

3.1. Тиск насиченої пари в різних системах

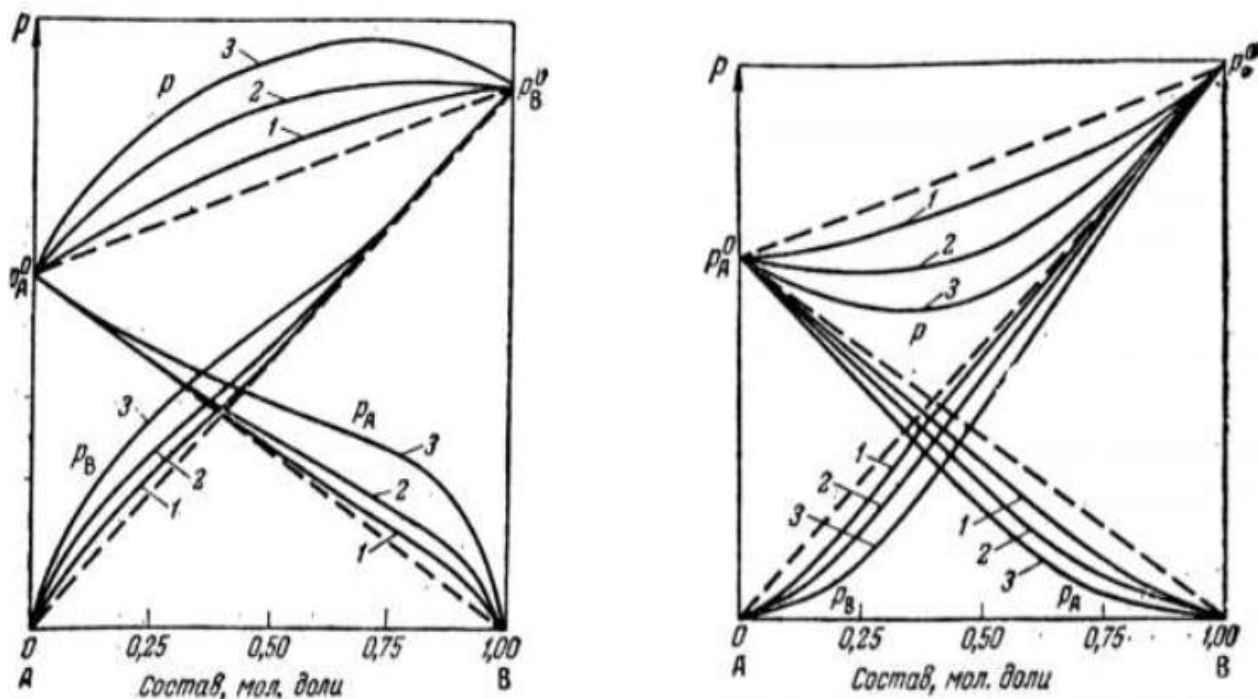


Рисунок 3.1. Залежність загального і парціального тисків пари від складу в системах позитивним та негативним відхиленням

З чистих компонентів при поглинанні тепла утворюються суміші з позитивним відхиленням пари. Ці властивості, показують, як поглинається тепла при утворенні суміші призводить до зменшення теплоти, яка необхідна для перетворення рідини в пар, та при рівних умовах полегшує процес випаровування.[1]

Суміші з позитивним відхиленням тиску пари утворюються із чистих компонентів більшою частиною з поглинанням теплоти. Ці дві властивості, звісно, пов'язані між собою, так як поглинання теплоти при утворенні суміші призводить до зменшення кількості теплоти, необхідної для перетворення рідини в пар, що при інших рівних умовах полегшує процес випаровування. Тому, тиск пари кожного даного компоненту над розчином стає більшим, ніж у випадку простішої системи. В таких системах утворення розчину

здебільшого також супроводжується деяким збільшенням об'єму, однак нерідко зустрічаються і зворотні випадки.

Суміші з негативним відхиленням тиску пари утворюються з чистих компонентів зазвичай з виділенням теплоти. Внаслідок чого, теплота випаровування компонентів з розчину виявляється більшою, ніж чистого компоненту. Тому тут тиск насиченої пари виявляється меншим, ніж відповідних найпростіших розчинів. Утворення розчину з компонентів супроводжується в даному випадку здебільшого (але також не завжди) зменшенням об'єму.

Найбільш важливими факторами у відношенні причин таких відхилень є зазвичай процеси, пов'язані зі зміною середньої величини частинок рідини. Сюди відносяться як зменшення величини частинок внаслідок часткової або повної дисоціації тих асоційованих комплексів, які могли бути в одному із компонентів в чистому вигляді, так і збільшення частинок внаслідок утворенню з'єднань між молекулами компонентів. Зменшення асоціації викликає поглинання теплоти при утворенні розчину, полегшує випаровування молекул та призводить до позитивних відхилень тиску пари. Утворення сполучень викликає протилежний ефект.

Прикладом систем, в яких відбувається розпад асоційованих комплексів одного компоненту, можуть служити системи із спиртів з вуглеводнями, особливо найпростіших спиртів з вуглеводнями граничного ряду. Комплекси із молекул спирту, попадаючи в середовище неполярного розчинника, зазнають розпад, причому в дуже розбавлених розчинах цей процес доходить до розпаду на окремі молекули. Тому утворення розчину супроводжується значним поглинанням теплоти (що витрачається на розпад комплексів, наприклад, асоційованих молекул спирту при розчиненні його у вуглеводні граничного ряду) і розчин, що утворився володіє значним позитивним відхиленням тиску пари від лінійної залежності (пов'язаним з тим, що для

виділення із рідини одиночних молекул необхідно менше енергії, ніж для виділення молекул, утворених в комплекси).

В якості прикладу систем, в яких утворюються з'єднання між молекулами компонентів (і не протікають в помітній ступені інші процеси), можна назвати систему ефір-хлороформ. В подібних системах утворення розчину супроводжується значним виділенням теплоти і спостерігаються негативні відхилення кривих тиск пари-склад від лінійної залежності.

Третім фактором, що викликає відхилення властивостей розчинів від властивостей найпростіших систем, є тяжіння між молекулами компонентів. В системах із компонентів, схожих між собою, сили тяжіння між молекулами різних компонентів слабо відрізняються від сил тяжіння однакових молекул, тому при утворенні розчину умови існування молекул даного компоненту сильно не змінюються і розчини ведуть себе як найпростіші. Якщо ж розчин утворюється із несхожих компонентів, то сили тяжіння між молекулами різних компонентів будуть відрізнятися від сил тяжіння однорідних молекул та умови існування молекул даного компонента в розчині будуть відрізнятися від умов існування їх в чистому компоненті. Третій фактор ніколи не викликає таких сильних відхилень, які можуть викликати перші два (зміна ступеню асоціації та утворення з'єднань), але він діє в більшості систем і при відсутності впливу перших двох факторів. Вплив третього фактору може бути різним як по величині, так і по знаку.

3.2. Дослідження впливу поверхнево-активних речовин на тиск насиченої пари вуглеводнів

Первинні процеси переробки не забезпечують глибокого виділення паливних фракцій та не використовують потенціал сирої нафти, та понижують технічно-економічні показники виробництва.

Ми можемо підвищити вихід світлих нафтопродуктів за допомогою вакуумних технологій перегонки, а також вторинні процеси, що дають

додатково отримати 30-35% паливних фракцій. Проте вони потребують значних затрат та дорогого обладнання.

Модифікація нафтових систем добавками ПАР, а також вплив на них фізичних факторів, так як електромагнітні та інші поля можуть істотно впливати на їхні фізико-хімічні властивості та фазові переходи.

Так, спостерігається екстремальний характер залежності діелектричної проникності та електропровідності мазутів від вмісту в них модифікованих ПАР. Подібний вплив активуючі добавки дають на структурну та динамічну в'язкість вуглеводних середовищ. Утворення колоїдних дисперсії міцелярної будови у вуглеводних розчинах ПАР досліджено рентгенівським та методом світлорозсіювання.

Щоб визначити вплив добавки на $P_{\text{нас}}$ вуглеводного середовища, було створено установку, яка наведена на рис. 3.1. Комірки з чистим вуглеводнем та з добавками ПАР, тримають у повітряному термостаті до стійкого значення стовпців води у дифманометрі, що дає нам знати про досягнення рівноваги між вуглеводнем та насиченим паром. Вплив досліджуваної добавки ми виявляємо різницею висот стовпців робочої рідини, що дає нам відмінність між тиском насиченої пари вуглеводню з деяким вмістом ПАР та чистим розчином в рівномірних стаканах обох систем при однакових умовах:

$$\Delta P = P_2 - P_1,$$

де P_2 і P_1 – відповідно тиск насиченої пари вуглеводню з добавкою та без неї в мм водяного стовпа (отримані результати ΔP перераховували в Паскалі).[3]

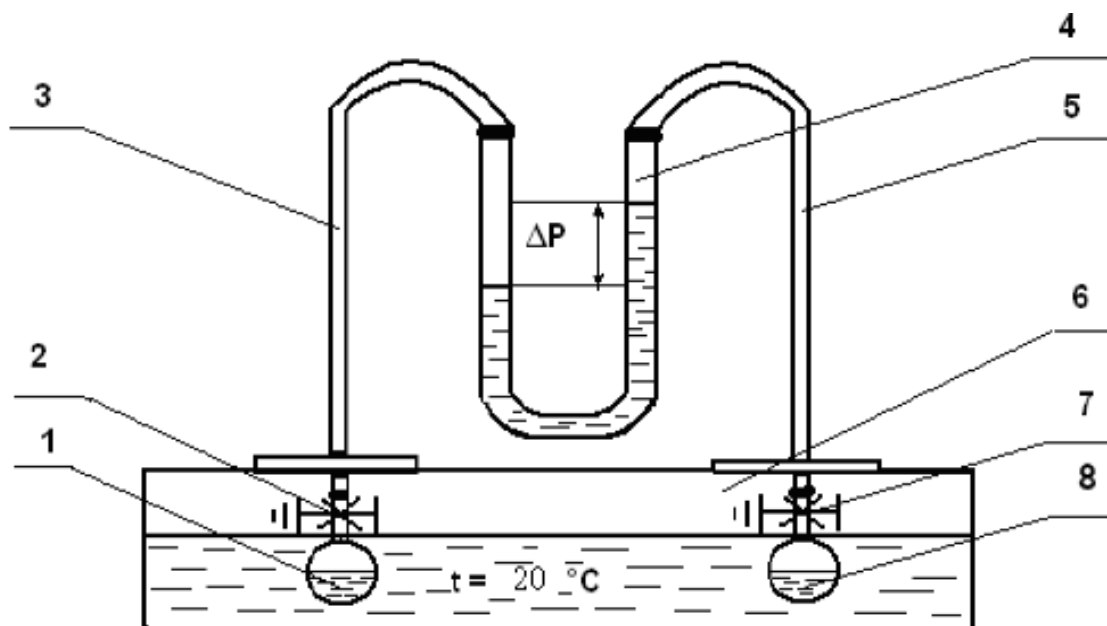


Рис. 3.2. Схема установки для вимірювання різниці між тиском насиченої пари чистого вуглеводню та вуглеводню з нелеткою домішкою: 1- комірка з вуглеводнем та з ПАР; 8 – відповідно комірки з чистим вуглеводнем та вуглеводнем з нелеткою домішкою; 2, 7 – скляні крани; 4 – дифманометр; 3, 5 – трубки з товстостінної вакуумної гуми; 6 – термостат.

Для визначення дії добавки на поверхневий натяг вуглеводня застосовували сталагмометричний метод. при калібруванні сталагмометричного методу використовували рідину з відомою величиною поверхневого натягу. Вимірювання повторюють декілька раз та усереднюють результати.

3.3. Експериментальні розрахунки

В нашій дипломній роботі ми використовували три різних алкани: пентан(C_5H_{12}), гексан(C_6H_{14}) та гептан(C_7H_{16}), додаючи такі поверхнево-активні речовини, як неонол 6-9 та 9-10, фіндет. Неонол має таку формулу $\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{O}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_n$.

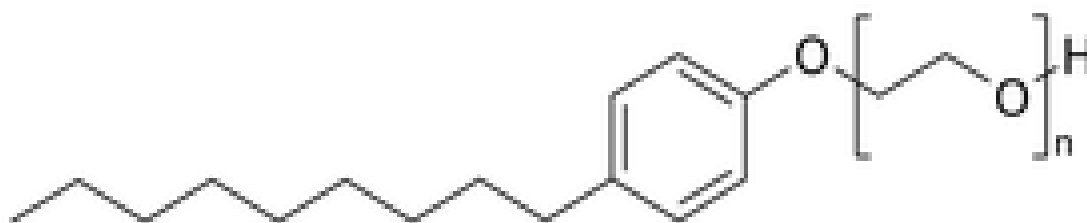


Рисунок 6. Структурна формула неонолу

Першою речовиною ми використовували пентан (C_5H_{12}) та неонол 6-9, які дають нам дані наведені в таблиці 3.1, початковий тиск даного експерименту має 300 мм. вод. ст.

Таблиця 3.1

Вплив ПАР (неонол 6-9) на тиск насиченої пари

Кількість капель	Тиск (P)		ΔP	Маса 10 капель, г	Об'єм пентану, мл
	На стороні чистого алкану, мм. вод. ст.	На стороні алкану та ПАР, мм. вод. ст.			
1	210	380	170	0,277	10
2	130	410	280		
3	200	400	200		
4	290	390	100		
5	310	290	-20		
6	310	290	-20		
7	330	270	-40		
8	310	290	-20		
9	270	330	60		
10	300	300	0		

З даної таблиці ми створимо графік

Таблиця 3.2

Вплив ПАР (неонол 9-10) на тиск насиченої пари

Кількість капель	Тиск (P)		ΔP	Маса 10 капель ПАР, г	Об'єм пентану, мл
	На стороні чистого алкану, мм. вод. ст.	На стороні алкану та ПАР, мм. вод. ст.			
1	230	370	140	0,2566	10
2	310	290	-20		
3	300	300	0		
4	300	300	0		
5	300	300	0		
6	300	300	0		
7	270	330	60		
8	230	370	140		
9	270	330	60		
10	290	310	20		

Середній тиск насиченої пари ми отримали з формули $\Delta P = P_2 - P_1$.

На графіку 3.3 та 3.4 наведено вплив концентрації ПАР на тиск насиченого пару.

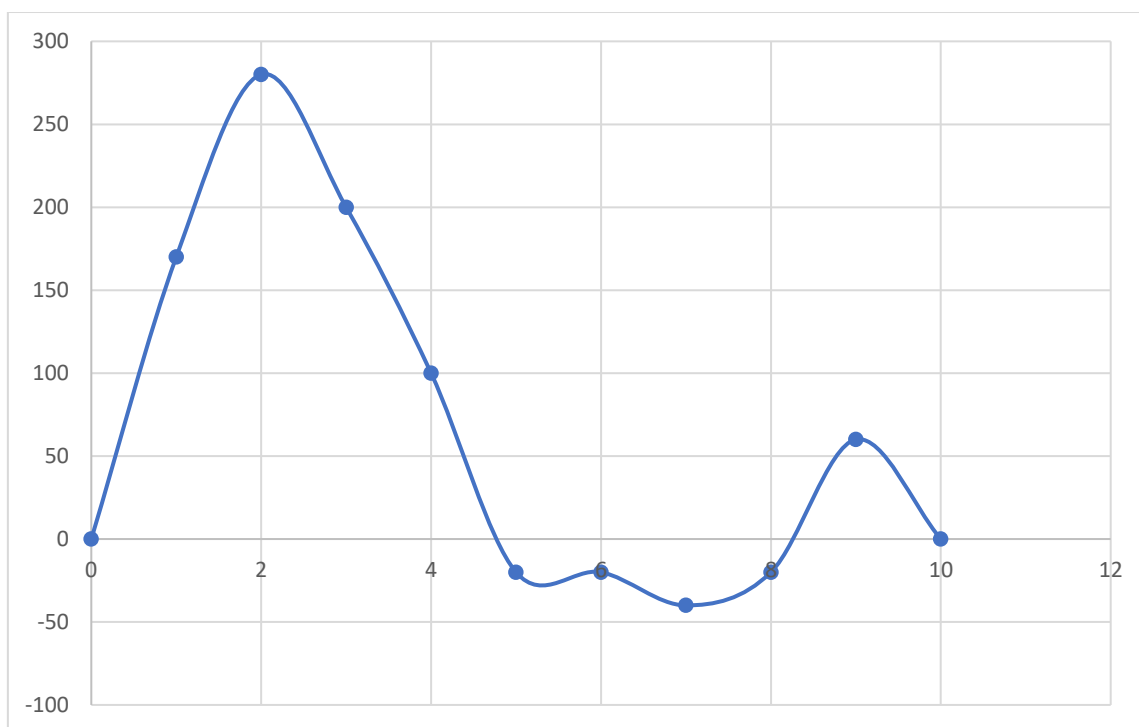


Рис. 3.3 Графік залежності тиску насиченого пару пентану від концентрації неону 6-9 за таблицею 3.1.

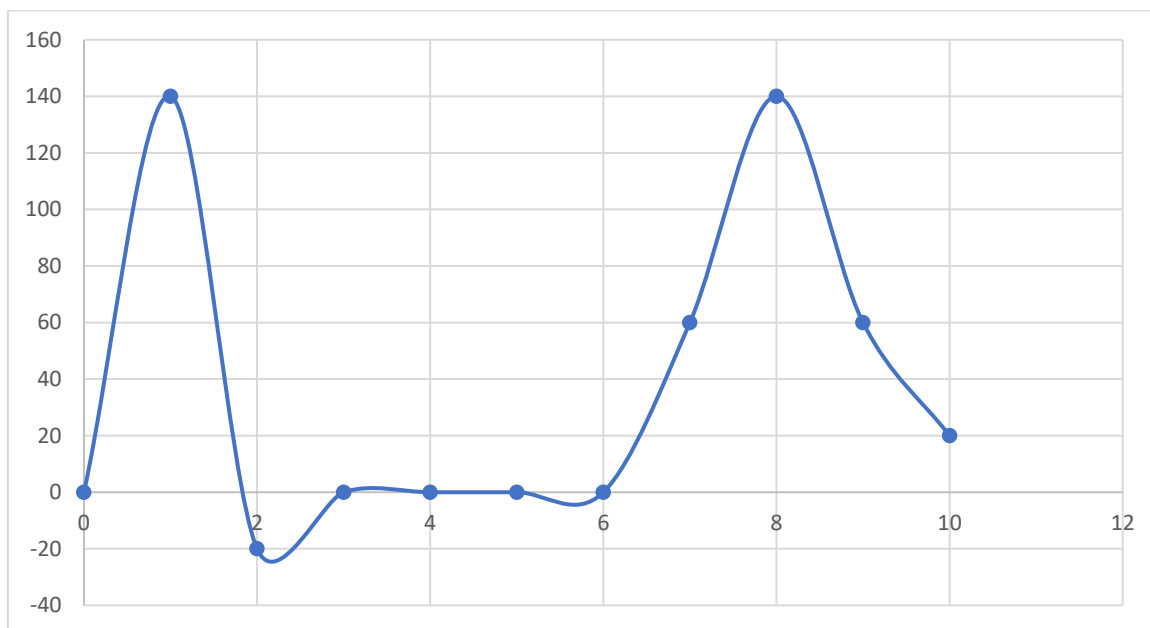


Рис. 3.4 Графік залежності тиску насиченого пару пентану від концентрації неону 9-10 за таблицею 3.2.

При проведенні експерименту пентану та фіндету, результати були стабільними та не могли ні падати ні підніматися. Тому не можливо побудувати графік залежності.

Коли проводили експерименти з використанням гексану та неону 6-9 або 9-10, ми повторювали їх по пару раз і дані були рівномірними та стабільними та показує, що при збільшенні структури вуглецевого матеріалу зменшується вихід цієї речовини. Також це впливає на гептан.

Тому, якщо використовувати саме такі поверхнево-активні речовини, як неон 6-9 або 9-10 ми можемо видобувати алкани які починаються від метану та продовжуючи пентаном.

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 3

В первинних процесах переробки великі кількості світлих нафтопродуктів залишаються в мазутах. Підвищення виходу світлих нафтопродуктів підвищується за допомогою процесів гідрокрекінгу. В

останній час показано, що використання поверхнево-активних речовин дозволяє додатково виділити з мазуту 5-7% світлих нафтопродуктів за рахунок підвищення тиску їх насиченого пару при використанні ПАР. В даній роботі показано, що тиск насиченого пару вуглеводню залежить від молекулярної маси поверхнево-активних речовин та молекулярної маси вуглеводню. Показано, що тиск насиченої пари більше в випадку зменшення молекулярної маси ПАР і зниження молекулярної маси вуглеводню.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

При розвитку промислових технологій, збільшення ступеня урбанізації збільшується і кількість господарсько-побутових стоків, що причиняє великі навантаження на міські каналізаційні очисні споруди та на гідросферу. В основному розрізняють такі забруднюючі речовини, як азот(азот амоній, нітрити та нітрати), фосфати та поверхнево-активні речовини (ПАР). Більшості каналізаційним очисним спорудам притаманні деякі недоліки, через використання застарілих технологій та обладнань.

4.1. Характеристика ПАР

На теперішній час класифікують ПАР, які були засновані на хімічній будові сполук, що були прийняті на III Міжнародному конгресі ПАР і рекомендовані Міжнародною організацією стандартизації (ISO) ще в 1960 році. В основному розрізняють чотири класи поверхнево-активних речовин, які розрізняють за допомогою гідрофільної структури та здатності до дисоціації у воді: аніонні, катіонні, неіоногенні та амфотерні (амфолітні). Аніонні, неіоногенні та амфотерні широко використовуються у мийних засобах. Також амфотерні групи ПАР використовують, як косметичні компоненти, побутові та індустріальні очищувачі, та мають високу піноутворюючу здатність.

Аніонні поверхнево-активні речовини використовують, як змочувачі, піноутворювачі та детергенти, а також вони є головними міцеллоутворювачами ПАР з найбільшим об'ємом виробництва. Найкраще вони проявляють себе в лужному середовищі, хоча також можуть використовуватися в кислому середовищі.

Катіонні поверхнево-активні речовини використовується, як інгібітор корозії, флотореагент, а також як бактерицидний, дезинфікуючий та фунгіцидний засіб. Катіонні ПАР можна використовувати будь-яких поверхнях через їх адсорбцію.

Амфотерні ПАР містять в собі, як кислотну так і основну групу молекул. Можуть проявляти властивості аніонних, катіонних та неіоногенних ПАР в залежності від кількості рН. Таке поєднання всіх різновидів ПАР дозволяє підвищити ефективну дію миючих засобів.

Неіоногенні поверхнево-активних речовин розчинні як в кислому так і в лужному середовищі, але не дисоціюються у воді.

4.1.1. Забруднення водних об'єктів поверхнево-активними речовинами ПАР

На даний момент у світі викидається понад 100000 т поверхнево-активних речовин у водний простір. Проте ГДК аніонних ПАР у воді повинно становити 0,5 мг/ дм³ згідно ДСТУ 7525:2014, але з «Правилами прийому стічних вод абонентів у систему каналізації міста Києва» від 17.10.2011 року, концентрацією неіонних та аніонних ПАР повинно бути до 20 мг/ дм³, а наявність катіонних ПАР взагалі повинна бути відсутня. Така концентрація ПАР у такому діапазоні обумовлена ускладненням очищення стічних вод зі стійким піноутворенням у часі. При застосування класичного очищення стічних вод, можуть виникнути складнощі у вилученні шламу коагуляційного та флокуляційного залишку. Негативний вплив на організм людини та на водне середовище мають більшість ПАР, які надають воді стійкий запах та присмаки, які зумовлені іншими сполуками.[14]

Поверхнево-активні речовини мають стійке біологічне розчинення, що є причиною накопичення їх у водному середовищі, в основному на дні, що є небезпечним для водойм та русла річок. Які посилюють вплив забруднюючих речовин. Сильні канцерогенні ПАР та їх продукти розпаду є токсичними і здатні накопичуватися в організмі, що може привести до незворотніх патологічних змін. Також ПАР уповільнюють розпад канцерогенних речовин та пригнічують біохімічне споживання кисню, амоніфікації та нітрифікації. Через це вилучення поверхнево-активних речовин є першочерговою необхідністю.

4.1.2. Вплив ПАР на організм та екосистему

Високе піноутворення – є негативним фактором впливу, а також присутність ПАР в природних водоймах погіршує кисневий режим та органолептичні властивості, а також через повільні процеси окиснення шкідливо впливає на екосистему. Та вже при підвищені концентрації ПАР (5-15 мг/дм³) в риб руйнується слизовий покрив, а ще при більших концентраціях починається кровотеча зябер.

Для різних поверхнево-активних речовин концентрація БПК повинна становити від 0 до 1,6 мг/дм³. При процесі біохімічного окиснення речовини можуть розпастися на вторинні продукти – спирти, альдегіди, органічні кислоти, та коли розпадаються ПАР з бензольним кільцем утворюється – фенол.

Тому, синтетичні ПАР є сильними забруднювачами водних середовищ та дають негативний вплив на організми, що населяють їх.

4.1.3. Знешкодження ПАР у стічних водах

Стічні води можна очистити від поверхнево-активних речовин за допомогою методів фізико-хімічного очищення: флотація, коагуляція та флокуляція, адсорбції на активованому вугіллі, іонного обміну та біологічного очищення.

Флотаційний метод зазвичай використовують при виробництві миючих засобів, де за головну мету ставлять накопичення ПАР для подальшого фракціонування та відновлення до жирних кислот.[14]

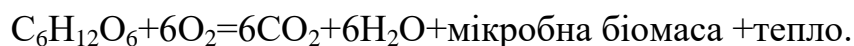
Очищення стічних вод при коагуляції та флокуляції ускладнюється через стабілізуючу дію ПАР. Для дестабілізації водоочисні суспензії застосовують полімерні ферумвмісні коагулянти та хлорид кальцію в надлишковій концентрації. Через використання потужних виробничих площ, велику тривалість процесу очищення та необхідність введення реагентного господарства ставить під сумнів використання даної технології. Та через

відсутність утилізації шламу коагуляції створює ризик утворення вторинного забруднення.

Адсорбцією на порошкоподібному активованому вугіллі можна очистити стічні води, забруднені поверхнево-активними речовинами різної природи, ефективність може становити не менше 95%. Саме легше можна видалити жорсткі ПАВ, які не будуть піддаватися біологічному розкладанню. Недоліком такого очищення є велика вартість сорбенту, та економічне навантаження надає складність фільтрації та регенерації високодисперсного відпрацьованого активованого вугілля. Також стадія регенерації є важко адаптованими для підприємств середнього та малого масштабу, оскільки потребує спеціальне апаратурне забезпечення. Тому, адсорбційне очищення стічних вод активованим вугіллям включають в технологію, як процес доочищення.

4.1.4. Біологічне очищення виробничих стічних вод

Біологічне очищення найбільше очищає стічні води від органічних речовин в рідкому стані. Проте процеси такі самі, як і при очищенні побутових вод: аеробний та анаеробний. Аеробний представляє собою використання аеробних мікроорганізмів, для життєдіяльності яких потрібно мати постійний приплив кисню та температури (20-40 °C). При цьому процесі мікроорганізми культивуються в активний мул або тонкі біоплівки. Активний мул представляє собою живі організми з твердим субстратом, живими організмами розуміють бактерії, найпростіші хробаки та водорості. Біоплівка складається з дріжджів, бактерій та найпростіших грибів. Вона представляє собою слизову обрастань товщиною 1-3 мм. Таке очищення можна проводити, як в природних умовах, так і в штучних спорудах. В біологічному очищенні аеробний процес можна показати формулою:



Цей процес описує окислення органічних речовин у стічних водах та утворенні нової біомаси. Та при цьому в очищених водах залишається біологічно неокислені речовини і розчиненому стані. Тому, що нерозчинені та колоїдні речовини забираються методом сорбції.[29]

Та біологічне очищення відбувається на полях зрошення, біологічних ставках та полях фільтрації. Біологічні ставки представляють собою каскад ставків, які складаються з 3-5 ступенів, через які протікає освітлена або біологічно очищена вода, при невеликій швидкості. Полями зрошення називають спеціально підготовлені площі для очищення стічних вод. На таких полях очищення відбувається за допомогою ґрунтової мікрофлори, повітря, сонця та під дією рослин.

Анаеробний процес очищення протікає без доступу повітря. Такий процес застосовують для очищення дуже концентрованих стічних вод, які викидаються через промислові підприємства (малярні, лакувальні, машинобудівні). Цей процес в основному використовують для знешкодження твердих осадків, які утворюються через механічні, фізико-хімічні та біологічні очищення стічних вод. Тверді осадки зброджуються за допомогою анаеробних бактерій. Таке очищення проводиться в спеціальних герметичних резервуарах, які називаються метантенки. В процесі анаеробного очищення використовують метанове бродіння:



Біохімічний процес очищення має свої переваги та недоліки. Перевагами аеробного процесу є:

- 1) Висока швидкість очищення та очищення речовин в низьких концентраціях;
- 2) Дозволяє установити конструкцію на невеликих ділянках, тому що вона компактна;

3) Не потрібно нагрівати конструкція зимою, через те що виділяється велика кількість енергії при переробці органічних відходів.

Недоліками аеробних процесів є:

- 1) Висока ціна на заводські вироби;
- 2) Потрібно постійно слідкувати за якістю живильного середовища бактерій;
- 3) Обладнання потребує постійного контролю;
- 4) Без електроенергії обладнання не працює.

Для повного бродіння концентрованих стічних вод застосовують аеробно-анаеробний процес, який проводять на біореакторах з іммобілізованою мікрофлорою та вільноплаваючими мікроорганізмами. Такі біореактори можуть встановлювати на станціях біологічного очищення з продуктивністю від 120 м³/добу до 55000 м³/добу. Така технологія забезпечує 99% очищення стічних вод від мулу та стоку. Поєднання аеробних та анаеробних процесів надає нам ефективну технологію ,яка використовує активний мул, що дозволяє забезпечити стабільну кількість очищеної води. Ефективність використання біореактору наведено в таблиці 4.1:

Таблиця 4.1

Ефективність очищення стічних вод біореактором

Найменування речовин у стічних водах	Продуктивність, м ³ /добу	
	1600	55000
Зважені речовини, мг/л	3	5-7
БПК, мг/л	3	3-6
Нітрати, мг/л	0,4	2-4
Фосфати, мг/л	1-2	4-6
Жири, мг/л	≤0,2	12

Гексаметилендіамін, мг/л	≤ 1	≤ 5
ХПК, мг/л	≤ 100	≤ 1000

Перевагами використання біореактору для очищення стічних вод можна вказати:

- 1) Високий ступінь СВ;
- 2) Простота та надійність в експлуатації;
- 3) Компактність;
- 4) Можливість до розширення;
- 5) Чистий біологічний процес;
- 6) Відсутність запаху;
- 7) Висока стійкість до коливань завантаження;
- 8) Мінімальна кількість надлишкового активного мулу;
- 9) Низький рівень споживання енергії.

4.1.5. Очищення виробничих стічних вод від ПАР

Щоб якісно очистити виробничі стічні води складного складу, потрібно застосовувати найкращі існуючі технології. Наприклад, обробка поверхні металу та нанесення гальванічних покриттів використовують у багатьох галузях промисловості. Основними забрудненнями виробничих стічних вод є важкі метали, поверхнево-активні речовини та нафтопродукти. Якщо мати недостатній ступінь очищення води відбудеться забруднення водних об'єктів.[29]

На сьогоднішній день більшість запропонованих методів очищення води, таких як гальванокоагуляція, електрокоагуляція, відстоювання та іоний обмін не тільки жорстко очищає стічну воду, але і є громіздкими та ресурсомісткими. Через це основним завданням будівельників та

проектувальників є забезпеченням високої якості очищення виробничих стічних вод при зниженні витрат на будівництво та експлуатацію.

Щоб забезпечити очищення стічних вод від ПАР, важких металів та нафтопродуктів технопарк імені Менделєєва запропонував очищення на основі комбінування процесів флоатації з нерозчинними електродами та ультрафільтрацію на поволоконних мембранах. Таке комбінування дозволило сконструювати компактне обладнання, яке забезпечує низькі витрати на електроенергію, змінні мембранні елементи та підвищення продуктивності очисних споруд за рахунок модульності.

Технологічні та економічні очисні споруди побудовані за такою технологією:

- Відсутність витрат на зміни сталевих електродів;
- Відсутність витрат на регенерацію іонообмінних смол та їх періодичну заміну;
- Тривалий термін експлуатації нерозчинних електродів-електрофлотатора до 10 років та поволоконних мембран до 3 років;
- Очищення стічних вод від комплексу забруднень до необхідних показників та перспективи організації водообороту на виробничому підприємстві при доукомплектації очисних споруд зворотньоосмотичною системою.[29]

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 4

Велика кількість поверхнево-активних речовин використовується для побутових потреб, що є основним джерелом забруднення водних об'єктів. Для людини та теплокровних тварин токсичність ПАР невелика, проте вища для нижчих тварин та рослин. При концентрації 0,5-0,25 мг/л відбувається загибель ракоподібних та риб. При нижчій концентрації затримується ріст та розвиток гідробіонтів, погіршується засвоєння їжі та пригнічуються функції

хеморецепторів. Основний вплив ПАР надають на місце існування гідробіонтів. Надає невелике значення на запах та присмак води. Також є важливою здатністю ПАР до піноутворення. Тому, що піна перешкоджає аерації водойм, погіршуючи процеси самоочищення, та концентрація органічних забруднень та мікрофлори.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

При роботі експериментальної частини використовували речовини, які є джерелами шкідливих та небезпечних факторів, що можуть визвати подразнення, є вибухонебезпечними та шкідливими речовинами та матеріалами. Також використовувались механічні та скляні обладнання.

5.1. Визначення небезпечних та шкідливих речовин в лабораторії

5.1.1. Повітря у робочій зоні

При роботі в хімічній лабораторії ми повинні дотримуватися норм ДСН 3.3.6.042-99, що належить до роботи легкої важкості Іб. Параметри мікроклімату для лабораторій наведені у таблиці 5.1, які надають норми метеорологічних та санітарних норм.

В лабораторії температура внутрішніх поверхонь робочої зони не повинна перевищувати ($t_{\text{опт}}$) °С, тобто не повинно перевищувати 26 °С.

Мікроклімат в лабораторії відповідає нормам ДСН 3.3.6.042-99 тільки у теплий період року, через що можна пояснити економію коштів для опалення у холодний період року. Щоб підтримувати оптимальну температуру в холодний період потрібно використовувати утеплення вікон.

Таблиця 5.1

Параметри мікроклімату

Період року	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху	
	Оптимальна	Фактична	Оптимальна	Фактична	Оптимальна	Фактична
Холодний	21-23	21	40-60	50	0,2	0,2
Теплий	22-24	18	40-60	50	0,2	0,2

При проведенні експерименту перевіряли такі параметри мікроклімату, як температуру за допомогою спиртового термометра. Температура в лабораторії складала 21 °С. Така температура є оптимальною та допустимою для роботи в лабораторії.

Відносна вологість перевірялась за допомогою гігрометра та показала допустимий процент вологості повітря для роботи в лабораторії, який дорівнює 45 %.

В лабораторіях використовують змішану систему вентиляції, щоб забезпечити нормативних метеорологічних умов та чистоти повітря. Є природна вентиляція, яка є загальнообміною і здійснюється через вікна та двері. Для відведення шкідливих газоподібних речовин використовують штучні шафи. В лабораторії встановлені три витяжки, також вологість повітря становить 60%.

5.1.1.1. Вентиляція

Вентиляція – це повітрообмін, який допомагає очистити повітря від забруднення та подає свіже повітря без забруднень. Основна задача вентиляційної системи – це очищення повітря в приміщенні від забруднення, вологого або нагрітого повітря та подає на їхнє місце чисте повітря, яке повинно відповідати санітарно-гігієнічним нормам.[32]

Також система вентиляції повинна бути пожежо- та вибухобезпечними, не повинні також створювати надмірного шуму, не повинна також переохолоджувати приміщення та повинні бути надійними в експлуатації.

Вимогами до вентиляції та кондиціонування повітря зазначенні «Санітарними нормами проектування промислових підприємств». Та при виборі місця розташування вентиляції потрібно враховувати характер виділення шкідливих викидів.

При виконанні експерименту в лабораторії потрібно враховувати шкідливість речовин, тому лабораторія повинна бути оснащена вентиляцією загальною та місцевою.

В лабораторії є 3 витяжні шафи, та притяжні вентиляції (система П1), а також є можливість використання природної вентиляції.

5.1.2. Освітлення в лабораторії

За нормами ДБН В.2.5-28:2018 роботи, які виконуються в даній лабораторії розрізняють три основних освітлення: природне, суміщене та штучне. Природне освітлення в лабораторії це бокове освітлення. Штучне освітлення в лабораторії є лампи, які знаходяться в витяжних шафах та лампи, що освітлюють всю лабораторію. В лабораторіях не потрібно використовувати лампи індекс кольору яких менший за 80, щоб не утворювати різко виражені тіні на робочому місці.

Стіни та стелі в приміщенні та лабораторії повинні бути пофарбовані у світлі тони та мати високу відбиваючу здатність, згідно нормам СН 181-70. Для того щоб освітлення в лабораторії було нормальним, потрібно 2 рази на рік чистити від пилу та бруду вікно та проводити заміну відпрацьованих ламп.

5.1.3. Шум у лабораторії

Шум в лабораторії може бути від витяжних шаф, магнітних мішалок та дистилляторів, допустимі рівні шуму наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Гранично допустимі рівні шуму в лабораторії

Тривалість впливу, год	8	4	2	1	0,5	0,25	0,12	0,03	0,01
Гранично допустимі дози, дБА	90	93	96	99	102	105	108	114	120

Згідно з ДСН 3.3.6.037-99 в лабораторіях рівень шуму не повинен перевищувати 60 дБА при 8-годинній праці.

5.1.4. Електробезпека

Для роботи в лабораторії підлога струменопровідна, приміщення сухе, вологість повітря не перевищує 60%. Такі критерії відносять до класу без підвищеної небезпеки ураження людей електричним струмом.

Електричні прилади живляться від мережі змінного струму з напругою 220 В та частотою 50 Гц. Всі струмопровідні частини захищені від безпосереднього контакту людини. Використовують такі електричні прилади: електроплитки, сушильна шафа, дистильатор.

Людина може отримати травмонебезпечні ураження через: дотик до відкритих струмопровідних елементів обладнання, які знаходяться під напругою у результаті порушення ізоляції, щоб захиститись від таких уражень використовується керамічна плитка.

5.1.5. Інфрачервоне випромінювання

Інфрачервоним випромінюванням називають електромагнітні випромінювання, які знаходяться в спектрі довжини хвилі 0,78-1000 мкм. Джерелом такого випромінювання може бути будь-яке тіло температура, якого перевищує температуру абсолютного нуля. Інфрачервоне випромінювання залежить від температури поверхні тіла. Тому можна вважати, що чим більша температура тіла, тим менший буде довжина випромінювання електромагнітної хвилі. Через довжину хвилі інфрачервоне випромінювання ділиться на три ділянки: А, В, С.

А- ближня (короткохвильова)- має високу проникність крізь шкіру.

В- середня (середньохвильова)- поглинається підшкірною жировою тканиною.

С- далека (довгохвильова)- поглинається епідермісом.

Коли інфрачервоне випромінювання потрапляє на тіло людини, перш за все воно впливає на незахищені ділянки тіла. Основним проявом є тепло, яке

потрапляє на деяку глибину тканини. Людське тіло витримує певне інфрачервоне випромінювання певної густини потоку енергії. При довгому знаходженні біля інфрачервоного випромінювання тіло людини пошкоджує нервову систему та серцево-судинну систему, порушує тепловий баланс в організмі.

5.2. Пожежна безпека

Через небезпеку пожежі та вибуху лабораторії відносять до категорії "Г", а за ступенем вогнестійкості відносять до 2 класу.

Пожежа може відбутися через різні фактори, але головні в приміщенні лабораторії є такими: коротке замикання в мережі електричного струму та електрообладнання, невиконання правил пожежної безпеки, механічні пошкодження електромережі, прилади для нагрівання (електричні плитки) або прямі удари блискавки в приміщення. У лабораторії до основних пожежонебезпечних місць відносять сушильна шафа або лабораторні столи.[33]

Щоб не відбувалося займання ретельно проводять ізоляцію електропроводки та частин обладнання, які проводять струм, а також проводять термоізоляцію нагрівальних приладів та заземлення обладнання. У випадку загорання передбачене аварійне виключення установок та обладнання.

Та навіть, якщо проводити ізоляцію електричних приладів пожежа все одно може відбутися, через те що в нашому експерименті ми використовували пентан та гексан, які є легкозаймистими речовинами. Також окрім легкого займання пари пентану також впливають погано на здоров'я людини.

Для того, щоб не відбулося займання та зменшити вплив на здоров'я, потрібно працювати з включеною вентиляцією. Тримати речовину подальше від предметів нагрівання.

Якщо почалось загорання є такі засоби гасіння пожежі: відро з піском, ковдра з негорючого полотна та вогнегасники ОУ-1 та ОУ-2. Вогнегасник ОУ-1 має вагу 1 кілограм без врахування ваги самого вогнегасника та об'єм 1,34 л. ОУ-2 об'єм даного вогнегасника 2,68 л. Обидва вогнегасника можуть тушити горючі гази, але різної теплової характеристики. Також в приміщенні є пожежна сигналізація та план евакуації. Також при виникненні пожежі евакуація працівників відбувається через центральний та запасний вихід на вулицю.

5.3. Розрахункова частина

5.3.1. Розрахунок необхідного повітрообміну в приміщенні через виділення шкідливих речовин

Такий повітрообмін потрібно розраховувати за такими показниками:

- Через кількість людей в приміщенні;
- Через виділення шкідливих речовин;
- Через надлишкову теплоту.

Необхідний повітрообмін через виділення шкідливих речовин L , м³/год визначається за формулою:

$$L = \frac{G}{q_v - q_{пр}} \quad (5.1)$$

де G – кількість шкідливих речовин, що виділились в приміщенні, мг/год;

q_v та $q_{пр}$ – концентрації шкідливих речовин у витяжному та припливному повітрі, мг/м³.

Концентрації шкідливих речовин у повітрі по ГДК не повинні перевищувати 30 % в повітрі робочої зони.

Через викиди шкідливих речовин в атмосферу повітря, потрібно передбачати так, щоб ГДК не перевищувало допустимі норми концентрації,

які вказані в міжнародному стандарті ГОСТ 12.1.005-88 ССБП. «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони».

Величину G можна визначити за формулою:

$$G = \mu * V * C \quad (5.2)$$

де μ - коефіцієнт повітрообміну в приміщенні, який зазвичай приймають рівним 2;

V – об'єм виробничого приміщення;

C – середня концентрація шкідливої речовини в повітрі, $\text{мг}/\text{м}^3$.

5.3.2. Розрахунок кратності повітрообміну виробничого приміщення

Кондиціонування повітря надає метеорологічні умови у виробничих приміщеннях. Також передбачається очищення, охолодження, виділення запахів, озонування повітря. Кратність повітря протягом години визначається за допомогою формули 5.1:

$$n = \frac{C_{\text{ш.р.}}}{C_{\text{ГДК}}} \quad (5.3)$$

Де $C_{\text{ш.р.}}$ – значення концентрації речовини в повітрі, яке визначається за допомогою приладів, $\text{мг}/\text{м}^3$;

$C_{\text{ГДК}}$ – ГДК у повітрі шкідливої речовини, $\text{мг}/\text{м}^3$.

В лабораторії при проведенні експерименту ми використовували вуглеводні пентан та гексан, які мають рівну ГДК та дорівнює $300 \text{ мг}/\text{м}^3$ та клас небезпеки IV.

$$C_{\text{ГДК}} = 300 \text{ мг}/\text{м}^3; C_{\text{ш.р.}} = 19,46 \text{ мг}/\text{м}^3.$$

$$n = \frac{19,46}{300} = 0,06 \text{ раз/год}$$

Відповідь: Кратність повітрообміну при вентиляції дорівнює 0,06 раз/год, тобто кожних 3,6 хвилини.

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 5

Розглянувши цей розділ можна зробити висновок, що в лабораторії потрібно дотримуватись багатьох правил безпеки. Розглянуті також правила дотримання пожежної безпеки, розраховані кратність повітрообміну повітря та викиди шкідливих речовин.

ВИСНОВОК

В первинних процесах переробки великі кількості світлих нафтопродуктів залишаються в мазутах. Підвищення виходу світлих нафтопродуктів підвищується за допомогою процесів гідрокрекінгу. В останній час показано, що використання поверхнево-активних речовин дозволяє додатково виділити з мазуту 5-7% світлих нафтопродуктів за рахунок підвищення тиску їх насиченого пару при використанні ПАР. В даній роботі показано, що тиск насиченого пару вуглеводню залежить від молекулярної маси поверхнево-активних речовин та молекулярної маси вуглеводню. Показано, що тиск насиченої пари більше в випадку зменшення молекулярної маси ПАР і зниження молекулярної маси вуглеводню.

Завдяки цьому методу можна збільшити кількість виходу та додаткові відсотки 5-7% світлих нафтопродуктів з мазуту.

ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА

1. Харченко В.П., Бойченко С.В., Запорожець О.І. та ін. – Матеріали II Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми хімотології». 2-6 червня 2008р.
2. Степанов М. Б., Ледовских В. М. - Матеріали III Міжнародної наук.-техн. Конференції «Проблеми хімотології». К., 2010.
3. Ледовських В.М., Степанов М.Б., Фрейманталє Е.Г., НАУ, «Влияние ПАВ на поверхностное натяжение и давление насыщенного пара углеводородов».
4. Сюняев з. И., Фрязионов В. В., Тимофеев А. А. и др. – Химия и технология топлив и масел, 1968 № 10.
5. Степаненко О. М., Рейтел Л. Г., Ледовских В. М., Иванов С. В. – Загальна та неорганічна хімія. Київ «Педагогічна преса». – 2002.
6. Смидович Е.В. Технология переработки нефти и газа. Часть вторая. М., «Химия»
7. Суханов В.П. Каталитические процессы в нефтепереработке. М., «Химия».
8. Орочко Д.И., Сулимов А.Д., Осипов Л.Н. Гидрогенизационные процессы в нефтепереработке. М., «Химия».
9. Мановян А.К. Технология переработки природных энергоносителей. – М.: Химия, КолосС, 2004.
10. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. [Чинний від 2014-10-23]. Вид. офіц. Київ: Мінекономрозвитку України, 2014.
11. Саввин С. Б. Поверхностно-активные вещества / С. Б. Саввин, Р. К. Чернова, С. Н. Штыков. – М. : Наука, 1991.
12. . Волкова Г.А., Сторожук Н.Ю. Методы очистки сточных вод, содержащие синтетические поверхностно-активные вещества./ Вестник Брестского государственного технического университета. 2012. №2.

13. . ДСТУ ISO 6060:2003 Якість води. Визначання хімічної потреби в кисні (ISO 6060:1989, IDT) К. : Вид-во Держспоживстандарт України, 2004.
14. Болдін А.А. Хімічне забруднення природних вод / А.А. Болдін // Світ хімії : зб. наук. праць. – 2004.
15. Хюккель В. Теоретические основы органической химии. Т.2. Пер с нем./Под ред. О. А. Рсутова. М., ИЛ, 1958.
16. Эрих В.Н., Рудин М.Г. Химия и технология нефти и газа. – Л.: Химия, 1985.
17. Й.Опейда, О.Швайка. Інститут фізико-органічної хімії та вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України, Донецький національний університет — Донецьк: «Вебер», 2008.
18. Калечиц И. В. Химия гидрогенизационных процессов в переработке топлив / Калечиц И. ; М. : Изд-во «Химия». – 1973.
19. Бородачева А. В., Левинбук М. И. Тенденции развития нефтеперерабатывающей промышленности и экономические особенности нефтепереработки в России // Российский химический журнал. – 2008.
20. Башкирцева Н. Ю., Нефтеперерабатывающий комплекс мира // Вестник технологического университета. – 2015.
21. . Schipper P. H., Sapre A. V., Le Q. N. Chemical Aspects of Clean Fuels Production // Chemical Reactor Technology for Environmentally Safe Reactors and Products / Schipper P. H.; Ed. by H. I. Lasa, G. Dogu, A. Ravella. Dordrecht: Springer Netherlands, – 1992.
22. Орочко Д.И., Сулимов А.Д., Осипов Л.Н. Гидрогенизационные процессы в нефтепереработке / Орочко Д.И.; – М. : Изд-во «Химия», – 1971.
23. Метод. вказівки до викон. розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» в дипломних проектах і роботах для магістрів хімікотехнологічного факультету / Уклад.: Н. А. Праховнік, Ю.О. Полукаров, О. В. Землянська – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017.

24. Кириллов Н.Г. Альтернативные моторные топлива XXI века // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо. - 2003.
25. Киреев В.А. – Краткий курс физической химии, 5-е изд., стереотип. — М.: Химия, 1978.
26. . Гуреев А. А., Жоров Ю. М., Смидович Е. В. Производство высокооктановых бензинов / Гуреев А. А.; – М. : Изд-во «Химия», – 1981.
27. Kryvulya S., Matkivskyi S., Kondrat O., Bikman Y. Approval of the technology of carbon dioxide injection into the V-16 water driven reservoir of the Hadiach field (Ukraine) under the conditions of the water pressure mode. Technology and system of power supply. 2020.
28. Allen F. H. The Cambridge Structural Database: a quarter of a million crystal structures and rising // Acta Crystallographica. Section B. – 2002.
29. Клименко Н. А. Физико - химические методы очистки сточных вод от поверхностно - активных веществ / Клименко Н. А., Тимошенко М.Н. // Химия и технология воды. – 1993.
30. Звонов В.А. Оценка традиционных и альтернативных топлив по 95 полному жизненному циклу./ Козлов А.В., Теренченко А.С. // Автостроение за рубежом. – 2001.
31. Ермаков С.М. Математическая теория оптимального эксперимента / С.М. Ермаков, А.А. Жиглявский. – М.: Наука, 1987.
32. Желібо Є.П, Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності. – К., 2002.
33. Бедрій Я. І., Геврик Є. О., Кіт І. Я., Мурін О. С., Єнкало В. М. Охорона праці. — Л., 2000.