

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

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ А.Д. Кустовська
« ____ » _____ 2022р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР
за спеціальністю: 161 «Хімічні технології та інженерія»
освітньо-професійної програми «Хімічні технології палива та вуглецевих
матеріалів»

**Тема: «Очищення стічних вод підприємств нафтопереробної
промисловості»**

Виконавець: _____ Поліщук Юлія Петрівна, ХП-202М
Керівник: _____ доцент, к.х.н., Максимюк Марія Романівна
Консультант розділу «Охорона навколишнього
середовища»: _____ доцент, к.б.н. Падун А. О.
Консультант розділу
«Охорона праці»: _____ зав.кафедри, к.м.н. Халмурадов Б.Д.
Нормоконтролер: _____ доцент, к.х.н., Максимюк М.Р.

КИЇВ 2022

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

«_____» _____ 2022р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Поліщук Юлії Петрівни

1. Тема роботи: «Очищення стічних вод підприємств нафтопереробної промисловості».

затверджена наказом ректора від 22 серпня 2022 р. № 1103/ст

2. Термін виконання роботи: з 26 вересня 2022 р. по 30 листопада 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: підібрати, на основі експериментальних лабораторних досліджень об'єкти й методи досліджень та розробити технологічні схеми очищення стічних вод підприємств нафтопереробної промисловості

4. Зміст пояснювальної записки: Вступ. Розділ 1. Стічні води підприємств нафтопереробної промисловості. Розділ 2. Об'єкти та методи дослідження. Розділ 3. Розробка ефективних технологічних схем очисних споруд нафтопереробної промисловості. 4. Охорона навколишнього середовища. 5.

Охорона праці. Висновки. Список бібліографічних посилань використаних джерел.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстраційного) матеріалу:

– таблиці з експериментальними даними, графічні залежності та принципальні й технологічні схеми очищення емульгованих стічних вод шляхом відстоювання, флотації та адсорбції.

6. Календарний план-графік

№ п/п	Назва роботи	Дата виконання	Відмітка про виконання
1.	Видача теми кваліфікаційної роботи та завдань для її реалізації.	26.09.2022	
2.	Проведення пошуку та аналізу наукової літератури за темою кваліфікаційної роботи.	26.09 – 27.09.2022	
3.	Написання розділу 1 кваліфікаційної роботи за матеріалами літературного огляду з даної теми	27.09. – 03.10.2022	
4.	Підбір об'єктів дослідження та детальний аналіз методів відстоювання, флотації й адсорбції, що використовуються в очищенні стічних вод нафтопереробної промисловості.	03.10. – 04.10.2022	
5.	Написання розділу 2 кваліфікаційної роботи	05.10. – 11.10.2022	
6.	Проведення лабораторних експериментальних досліджень з очищення стічних вод, що містять нафтопродукти, шляхом відстоювання та флотації.	12.10. – 14.10.2022	
7.	Створення технологічних схем очищення стічних вод нафтопереробної промисловості	15.10.- 16.10.2022	
8.	Написання розділу 3 кваліфікаційної роботи	15.10. – 20.10.2022	
9.	Проведення аналізу охорони навколишнього середовища та охорони праці в межах теми даної роботи.	21.10. – 07.11.2022	
10.	Узагальнення матеріалу, оформлення кваліфікаційної роботи, підготовка доповіді та презентації	08.11. – 10.11.2022	
11.	Захист кваліфікаційної роботи роботи	24.11.2022	

7. Консультанти з окремих розділів.

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона навколишнього середовища	Доцент Падун А.О.		
Охорона праці	Зав.кафедри Халмурадов Б.Д.		

Дата видачі завдання: 26 вересня 2022 р.

Керівник кваліфікаційної

роботи _____ доц., к.х.н. Максимюк М. Р.

Завдання прийняла до виконання _____ Поліщук Ю. П.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до роботи: «Очищення стічних вод підприємств нафтопереробної промисловості» містить 109 с., 16 рис., 6 табл., 104 літературні джерела.

Мета: розробка технологічних схем очищення стічних вод нафтопереробної промисловості

Об'єкт дослідження – процес очищення стічних вод нафтопереробної промисловості

Предмет дослідження – технологічні схеми очищення стічних вод для очисних споруд нафтопереробної промисловості

Методи дослідження:

1. Відстоювання стічної води в часі
2. Метод реагентної та безреагентної флотації з використанням установки пневматичного типу.
3. Адсорбційний метод очищення стічних вод з використанням вугільних сорбентів.
4. Метод аналізу очищеної води з використанням приладу фотоелектроколориметра марки КФК-2.

В роботі розглянуті питання очищення стічних вод підприємств нафтопереробної промисловості методами відстоювання у часі, безреагентної та реагентної флотації. Встановлено, що флотація є одним із найважливіших методів очищення емульгованих стічних вод, забруднених нафтопродуктами. На основі експериментальних даних розроблено дві принципові схеми очищення емульгованих стічних вод та підібрано технологічне обладнання, що й можна рекомендувати підприємствам нафтопереробної промисловості.

СТІЧНА ВОДА, ПАЛИВНІ ЗАБРУДЕННЯ, ВІДСТОЮВАННЯ, ФЛОТАЦІЯ, АДСОРБЦІЯ, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ОЧИСНІ СПОРУДИ, СТУПІНЬ ОЧИЩЕННЯ

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. СТИЧНІ ВОДИ ПІДПРИЄМСТВ НАФТОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	12
1.1. Основні джерела забруднення стічних вод	12
1.2. Характеристика стічних вод підприємств нафтопереробної промисловості.....	14
1.3. Умови скидання нафтовмісних стічних вод у водовідвідну мережу ...	16
1.4. Основні підходи та прилади для очищення стічних вод від колоїдних частинок	17
1.5. Відстоювання. Типи відстійних споруд, їх конструктивні особливості	19
1.6. Очищення стічних вод методом флотації. Обладнання процесу.....	27
1.7. Сучасні методи очищення стічних вод.....	30
1.8. Проблема очищення стічних вод в Україні.....	32
1.9. Висновки до розділу	34
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	36
2.1. Об'єкти дослідження	36
2.2. Методи дослідження.....	41
2.2.1. Відстоювання.....	41
2.2.2. Флотація	43
2.2.3. Адсорбція	47
2.2.4. Визначення ступеня очищення модельної стічної води за допомогою фотоелектроколориметра марки КФК-2	51
2.3. Висновки до розділу	52
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ОЧИСНИХ СПОРУД НАФТОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	53
3.1. Відстоювання та флотація як методи очищення стійких стічних вод..	53
3.2. Принципові схеми очищення стійких стічних вод підприємств нафтопереробної промисловості	59
3.3. Рекомендації щодо обладнання, яке доцільно використовувати очисних спорудах підприємств нафтопереробної промисловості.....	62

3.4. Узагальнення результатів та рекомендацій щодо їх використання.....	65
3.5. Висновки до розділу	66
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	67
4.1. Екологічний вплив забруднених стічних вод нафтопереробних підприємств на довкілля.....	67
4.2. Методи боротьби зі стійкими стічними водами	73
4.3. Висновки до розділу	77
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	79
5.1. Аналіз умов праці.....	79
5.1.1. Організація робочого місця.....	79
5.2. Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників.....	80
5.2.1. Мікrokлімат виробничих приміщень.....	81
5.2.2. Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони	83
5.2.3. Освітлення приміщення.....	86
5.2.4. Експлуатація систем, що працюють під тиском	88
5.2.5. Ураження електричним струмом.....	89
5.3. Заходи з безпеки праці.....	91
5.4. Пожежна безпека.....	94
5.5. Розрахунок штучного освітлення виробничого приміщення.....	95
5.6. Висновки до розділу	98
ВИСНОВКИ.....	99
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	100

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

НПЗ - нафтопереробний завод

БСК - біохімічне споживання кисню

ХСК -хімічне споживання кисню

ПАР – поверхнево-активні речовини

ОСВ - осади стічних вод

ДП – дизельне паливо

ЦЧ – цетанове число

ПУЕ – правила улаштування електроустановок

ВСТУП

Актуальність теми. Забруднення продуктами переробки нафти навколишнього середовища є досить актуальною і гострою проблемою для людства. Основними джерелами паливних забруднень можуть слугувати нафтопереробні підприємства, нафтобази та сховища нафтопродуктів, промивка обладнання та резервуарів, автоцистерни для транспортування нафтопродуктів, залізничний транспорт, а також автозаправні станції (АЗС). Об'єми відходів стічних вод, що містять нафтопродукти – від десятків до сотень тисяч кубометрів

Стічні води підприємств нафтопереробної промисловості – це багатокомпонентні системи, які, крім нафтопродуктів, можуть містити забруднення різної природи та знаходитись у різних фазах системи. Можуть бути як в розчинному так і в дисперсному стані. До них можна віднести: в розчинному стані – феноли, спирти, поверхнево-активні речовини (ПАР) сірко-, хлоро- й азотовмісні сполуки, а також частинки неорганічних речовин чи краплі органічних речовин у дисперсному стані. Такий набір забруднень створює часто стійкі емульговані стічні води, які важко піддаються очищенню. Якраз такого типу стічні води формуються на нафтопереробних підприємствах і потребують наукового підходу для створення технологічних схем процесу їх очищення з використанням ефективних сучасних методів. Велике значення має й послідовність розміщення в технологічній схемі методів очищення стічних вод, забруднених нафтопродуктами. Такі технологічні схеми використовуються на очисних спорудах малих і великих підприємств нафтопереробної промисловості.

Якраз питання розробки технологічних схем очищення стічних вод підприємств нафтопереробної промисловості є центральних в даній роботі.

Мета кваліфікаційної роботи: розробка технологічних схем очищення стічних вод нафтопереробної промисловості.

Об’єкт дослідження – процес очищення стічних вод нафтопереробної промисловості.

Предмет дослідження – технологічні схеми очищення стічних вод для очисних споруд нафтопереробної промисловості.

Методи дослідження:

- відстоювання стічної води, що містить нафтопродукти, в часі;
- метод реагентної та безреагентної флотації з використанням установки пневматичного типу;
- адсорбційний метод очищення стічних вод з використанням вугільних сорбентів;
- метод аналізу очищеної води з використанням приладу фотоелектроколориметра марки КФК-2.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі експериментальних лабораторних досліджень було встановлено, що для очищення емульгованих стічних вод особливо важливим методом є флотація, за допомогою якого можна ефективно (близько 80-90%) видаляти паливні забруднення. Використовуючи метод відстоювання, для видалення дисперсних, а адсорбцію – для розчинних забруднень, були розроблені дві принципові схеми очищення емульгованих стічних вод, що можуть бути використаними на очисних спорудах підприємств нафтопереробної промисловості та підібрано для них технологічне обладнання. Порядок розміщення методів очищення в принциповій схемі має велике значення.

Практичне значення одержаних результатів. Одержані результати показали, що для стічних вод, що містять нафтопродукти, залежно від подальшого використання доцільно застосовувати коротку або довгу технологічну схему. І такі схеми можна рекомендувати для використання на очисних спорудах як великих (НПЗ) так і малих (АЗС, мийки) підприємствах нафтопереробної промисловості з метою одержання технічної води або повного очищення з подальшим скиданням очищеної води в природну водойму.

Особистий внесок студента у роботу. Студентка самостійно підбрала та проаналізувала наукову літературу з даної теми. Спільно з керівником роботи опрацювала методи дослідження і самостійно провела лабораторні експерименти з очищення стічних вод, забруднених нафтопродуктами, методами відстоювання та флотації, самостійно побудувала графічні залежності, принципіві схеми й оформила кваліфікаційну роботу.

Обговорення та інтерпретація одержаних результатів проводилася студенткою спільно з науковим керівником.

Апробація отриманих результатів. Результати, отримані в даній кваліфікаційній роботі, були апробовані у вигляді наукової доповіді на XXI Міжнародній науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Політ-2022. Сучасні проблеми науки», яка відбулася в Києві в квітні 2022 року.

Публікації. Результати досліджень кваліфікаційної роботи, у вигляді наукових тез, опубліковані в матеріалах XXI Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Політ-2022. Сучасні проблеми науки», яка відбулася в Києві в квітні 2022 року.

РОЗДІЛ 1. СТІЧНІ ВОДИ ПІДПРИЄМСТВ НАФТОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

1.1. Основні джерела забруднення стічних вод

Існує ряд різних причин забруднення стічних вод, серед яких аварійний витік нафти, кислотні дощі, відходи атомних і теплових електростанцій, з твердих і побутових відходів та інші [1].

Розглянемо три основні види стічних вод підприємств:

1. Виробничі.
2. Господарсько-побутові.
3. Атмосферні.

Джерелом утворення *виробничих стічних вод* є будь-який технологічний процес виробництва з подальшою переробкою сировини у необхідну продукцію. Також стічні води характеризуються утворенням в результаті експлуатації різного виду обладнання, механізмів, транспортних засобів та їх обслуговування (наприклад, миття резервуарів) [2].

Склад, кількість, концентрація забруднених речовин, тип виробництва, характер, режим технологічного процесу, до якого відносяться склад сировини та продукції, склад вихідної води – важливі характеристики виробничих стічних вод. Процес надходження стічних вод на підприємстві регулюється рівномірністю подачі на очисні споруди, порушення якої призводить до погіршення експлуатації очисних.

Залежно від ступеня забруднення виробничі стічні води поділяються на такі категорії [3]:

1) умовно-чисті – ті води, які не змінюють фізико-хімічний склад води природного родовища. Очищення такий тип стічних вод не потребує. Одержують умовно-чисті стічні води на виході теплообмінних апаратів, під час охолодження необхідного устаткування та продуктів виробництва;

2) нормативно-очищені. Це ті стічні води, які вже очистили від забруднювачів відповідно до встановлених вимог скидання у водні басейни. Скидання очищеної води у природне водоймище не викликає зміни її складу та якості;

3) забруднені. При скиданні їх у природну водойму без використання очисних споруд або за відсутності процесу доочищення утворюється загроза екології навколишнього середовища.

Забруднені стічні води, які містять різного роду домішки, можна поділити на три групи:

- 1) ті, що забруднені здебільшого мінеральними домішками;
- 2) ті, що забруднені здебільшого органічними домішками;
- 3) ті, що забруднені і мінеральними, і органічними домішками

За ступенем агресивності виробничі стічні води поділяються на :

- 1) слабо агресивні, які можуть бути слабо кислі ($pH=6$) або слабо лужні ($pH=8$);
- 2) сильно агресивні, які можуть бути сильно кислі ($pH<6$) або слабо лужні ($pH>9$);
- 3) зовсім неагресивні ($pH=6,5$).

Забруднені виробничі стічні води можна класифікувати і за складом речовин і домішок, які небезпечні і токсичні в епідеміологічному відношенні. Крім того, стічні води класифікують за наявністю концентрованих відходів виробництва, тобто, це ті стічні води, які неможливо скидати у міську каналізаційну мережу [2].

Побутовими стічними водами називаються води, джерелом забруднення яких є фізіологічні секрети людства, використання миючих засобів. В основному, ці води не мають токсичного впливу на навколишнє середовище. Проте у побутових стічних водах можуть бути присутні різного типу мікроорганізми, деякі з них, наприклад, епідеміологічні, є особливо небезпечні [1].

Характерні ознаки природної води - відносна стабільність свого складу, високий ступінь забруднення, який залежить від вмісту забруднень рослинного чи тваринного походження.

Останній тип стічних вод – *атмосферні*, формуються на основі атмосферних опадів, наприклад, дощ, сніг, град [2].

1.2. Характеристика стічних вод підприємств нафтопереробної промисловості

Галузь нафтопереробної промисловості розвивається дуже стрімко, що суттєво сприяє економічному зростанню багатьох країн.

Підприємства нафтопереробної промисловості скидають у великих об'ємах стічні води, які містять велике різноманіття забруднюючих речовин. Поширеними забруднювачами на таких підприємствах є нафтові вуглеводні, меркаптани, олії, жири, феноли та інші сполуки [4].

Стічні води НПЗ – це специфічні відходи процесу переробки сирової нафти на різний тип продукції, який може слугувати як сировина для інших виробництв [5].

На сучасних НПЗ проводяться певні технологічні процеси, наприклад, перегонки, охолодження, гідроочищення, рафінування та інші, які потребують використання відповідних об'ємів води. Також значна частина води використовується для проведення технічних робіт – планові промивання обладнання, резервуарів, де зберігаються сировина, продукти, баків, транспорту, бочок автоцистерн та залізничного транспорту, тощо. У результаті такого використання води і утворюються стійкі стічні води. Скидання стічних вод на нафтопереробних підприємствах відбувається у каналізаційні системи для подальшого їх очищення [6].

Будь-яке підприємство нафтопереробної промисловості має дві системи каналізації (виробничої), кожне з яких має певний характер забруднень. В основному, на виробництвах однією системою каналізації відводяться

нейтральні виробничі стічні води, а другою – води, до складу яких входять продукти переробки нафти [7]. Наявність кількості забруднень у виробничих стічних водах регламентується нормативними документами (табл. 1.1) [8].

Таблиця 1.1

Показник	Величина в стічних водах	
	I система	II система
Завислі речовини, мг/дм ³	200-350	600-800
Нафтопродукти, мг/дм ³	1000-2500	3000-5000
Сухий залишок, мг/дм ³	1000-1500	5000-6000
ПАР, мг/дм ³	5-20	80-100
Феноли, мг/дм ³	3-15	2-4
Амонійний азот, мг/дм ³	25-30	20-30
ХСК, мг/дм ³	400-850	600-800
БСК, мг/дм ³	250-550	300-500
РН	7,8-8,6	7,5-7,8

Вміст нафти і нафтопродуктів у виробничих стічних водах коливається в межах 0,15-15 г/дм³, завислих забруднень – до 0,3 г/дм³, солей – 0,003 - 0,015 г/дм³, тощо. Показник біохімічного споживання кисню (БСК) для стічних вод нафтопереробної промисловості досягає 0,15-7 г/дм³ [2].

Кожне НПЗ має такі три основних джерела забруднень стічної води [9]:

1. Поширеними джерелами забруднень є переробка сірчаної нафти, обробка нафтопродуктів лугами. Результатом таких технологічних процесів є утворення висококонцентрованих стічних вод.

2. Сукупність методів переробки нафти і газу з метою одержання синтетичних продуктів. Стічні води, у такому випадку, містять органічні речовини (кислоти, спирти, феноли, тощо).

3. Опріснення, зневоднення нафти, після яких у виробничих стічних водах присутні деемульгатори.

Вирішенням проблеми шкідливого впливу продуктів процесу переробки нафти є застосування очисних споруд. Адже вони підвищують ефективність очищення стічної води задля її повторного використання у технологічних процесах або скидання у природну водойму. Стічні води окремого нафтохімічного підприємства займають певні об'єми й відповідають тим чи іншим характеристикам стічних вод.

До складу стічних вод НПЗ входять тверді відходи, переважна більшість небезпечні через свою токсичність. Здебільшого небезпечними речовинами є органічні продукти виробництва, а також важкі метали. Задля вирішення питання очищення забруднених стічних вод слід використовувати поєднання методів очищення, які допоможуть збалансувати склад води для скидання її в каналізаційну систему.

Для вилучення похідних нафти зі виробничої стічної води, необхідно використовувати сучасні ефективні методи їх очищення [6].

1.3. Умови скидання нафтовмісних стічних вод у водовідвідну мережу

Одним з найнебезпечніших видів забруднень водойм є забруднення нафтопродуктами, оскільки продукти нафтового походження можуть поширюватися на доволі великі відстані, а також є стійкими забруднювачами, особливо, коли знаходяться у високодисперсному стані. Такі наслідки виникають через те, що нафтові продукти на поверхні води утворюють стійку плівку, а також вони можуть бути в розчиненому чи емульгованому стані в товщі води [10].

Стічні води підприємства нафтопереробної промисловості, які скидаються в водовідвідну мережу, не повинні [11]:

— перевищувати допустимий рівень вмісту спливаючих, а також завислих речовин. Встановлюється він певною нормою для конкретного нафтопереробного підприємства;

- негативно впливати на стан водовідвідної мережі, ускладнюючи чи порушуючи її роботу;
- складатися з речовин, забруднюючих та/або засмічуючих стінки труб водовідвідних мереж шляхом відкладання на них глини, піску, вапна, гіпсу, металевих стружок тощо;
- складатися з розчинених газів, горючих домішок, що несуть загрозу вибуху суміші всередині водовідвідних труб;
- складатися з шкідливих речовин великої концентрації, які заважають біологічному очищенню стічних вод;
- змінювати діапазон рН. Встановлена норма рН 6,5-9;
- перевищувати температуру об'єму стічної води (не вище 40 °С);
- мати у складі бактеріальні забруднення, які шкідливо впливають на навколишнє середовище, а особливо на природні водойми;
- у 1,5 рази і більше ХСК перевищувати БПК.

У разі виникнення будь-якого з порушень, що були вказані вище в умовах скидання стічних вод, необхідно попередньо очистити стічні води на локальних очисних спорудах, в місцях де утворюються ці стічні води. Склад, ступінь очищення та якість стічних вод залежить від встановлених органами місцевої влади вимог, внесених у нормативні документи [2].

1.4. Основні підходи та прилади для очищення стічних вод від колоїдних частинок

Вибір технології очищення стічних вод підприємств нафтопереробної промисловості залежить від такого критерію як склад стічної води, особливо природи забруднювачів. НПЗ залежно від об'єму та складу стічних вод, а також економічних витрат на створення очисних споруд загального та/або локального типу, самостійно приймає рішення щодо їх встановлення.

Легкі, важкі нерозчинні мінеральні та органічні домішки є найпоширенішими видами забруднень стічних вод нафтопереробної промисловості. Концентрація таких забруднень знаходиться у великому діапазоні значень.

Механічне очищення як метод очищення стічних вод, при якому використовують очисні споруди, дає змогу усереднити концентрацію, виділити нерозчинні домішки, врегулювати витрати виробничих стічних вод. Особливістю механічного очищення є видалення нерозчинних речовин певного розміру (від 10^{-4} см), яке забезпечується внаслідок таких процесів [12]:

- проціджування на ґратах, ситах, грохотах;
- відцентроване або гравітаційне відстоювання;
- фільтрування за допомогою спеціальних сіток, піщано-гравійних фільтрів. Останній дає можливість відділити дрібні частинки, що перебувають у воді в зваженому стані, тобто суспензії;
- центрифугування.

Як правило, очищення виробничих стічних вод включає в себе декілька стадій, кожна з яких використовує різні методи очищення і спеціального технологічного устаткування.

До методів очищення промислових стічних вод відносяться механічні (реагентне та безреагентне відстоювання залежно від складу стічних вод, проціджування, фільтрування), хімічні (нейтралізація, флокуляція, коагуляція), фізико-хімічні (флотація, сорбція, екстракція), електрохімічні методи (електрокоагуляція, електрофлотація), комбіновані методи.

Для того, щоб обрати раціональну схему очищення стічних вод нафтопереробної промисловості, слід звернути увагу на різний ступінь дисперсності частинок, агрегатний стан, який, в основному, визначається температурою, склад компонентів, рН розчину і таке інше. Тому зазначимо, що під час підбору методів очищення води треба орієнтуватися на фазовий

стан забруднень. Ця характеристика дає змогу рекомендувати для певного типу забруднень конкретну характерну методику обробки стічної води.

Очисні споруди виробничих підприємств залежно від вимог відносно якості очищеної води бувають [13]:

- грати, сітки. Призначення - затримка крупних домішок;
- пісковловлювачі, які необхідні для видалення тяжких мінеральних домішок, наприклад, піску;
- відстійники, фільтри, завдання яких - затримка більш дрібних домішок у воді;
- гідроциклони, центрифуги.

1.5. Відстоювання. Типи відстійних споруд, їх конструктивні особливості

Використання методу відстоювання для очищення стічних вод дає можливість видаляти нерозчинені речовини шляхом осідання частинок або спливання у спокійній воді. Час очищення виробничої стічної води залежить від швидкості осідання або спливання нерозчинених домішок у воді, яка знаходиться у стані спокою. Основна величина, яка описує швидкість видалення частинок, а також є вихідною характеристикою для розрахунків очисних споруд (відстійників) – це гідравлічна крупність частинок.

Стічні води нафтопереробної промисловості містять у своєму складі зважені частинки, які відрізняються формою та розміром. Такі забруднені стічні води показують, що це полідисперсні гетерогенні системи, які є агрегативно-нестійкими. Під час видалення дисперсних частинок, їх розмір, форма, густина, фізичні властивості змінюються. Швидкість осідання дисперсних частинок (крупність гідравлічна) – це основний параметр розрахунку відстійників. Залежно від розміру, форми, густини, концентрації зважених частинок, а також співвідношення їх діаметру до в'язкості середовища, спострігається здатність до агломерації. Тобто, утворюються

певні агрегати, які призводять до поділу фаз безпосередньо шляхом осідання зважених частинок.

Очисні споруди у вигляді відстійників, що використовуються для очищення стічних вод, можуть бути як самостійні споруди, на яких процес очищення завершується, так і споруди, призначенням яких є лише попереднє очищення.

Вибір типу та конструкцій відстійників для підприємств нафтопереробної промисловості залежить від хімічних і фізичних властивостей стічних вод, технологічних умов виробництва та інших факторів. Основними показниками вибору відстійника є температура виробничих стічних вод, концентрація та фізичні властивості зважених речовин, крупність, густина, ступінь агломерації зважених частинок, швидкість осідання або спливання, вологість осаду після його випадання, кінетика процесу ущільнення осаду, а також густина сухого залишку.

Ступінь очищення стічної води, забрудненої нафтопродуктами, за використання відстійників сягає від 40 до 60 % протягом 1-1,5 год. відстоювання. Ефективними кроками підвищення ступеня очищення є введення в процес відстоювання неорганічного коагулянту або активного мулу.

Залежно від об'ємів, подачі та складу стічної води можна застосовувати горизонтальні, вертикальні, радіальні (різних конструкцій) відстійники.

Результати відстоювання залежать від: рівномірності розподілу й збору води у відстійних спорудах, різкої зміни температури стічної води, звуження перетину відстійників осадом, що накопичився, наявності вирів біля окремих частин споруди [13].

На рис. 1.1 зображені принципові схеми відстійників, які відрізняються типами конструкцій.

Горизонтальні відстійники – це проточні ємності прямокутної форми, осадження зважених частинок в яких відбувається під дією сили тяжіння. Напрямок руху води здійснюється вздовж довгої сторони від однієї стінки до

іншої, при цьому швидкість руху води не перевищує 0,01 м/с. Підводиться та відводиться стічна вода лотками.

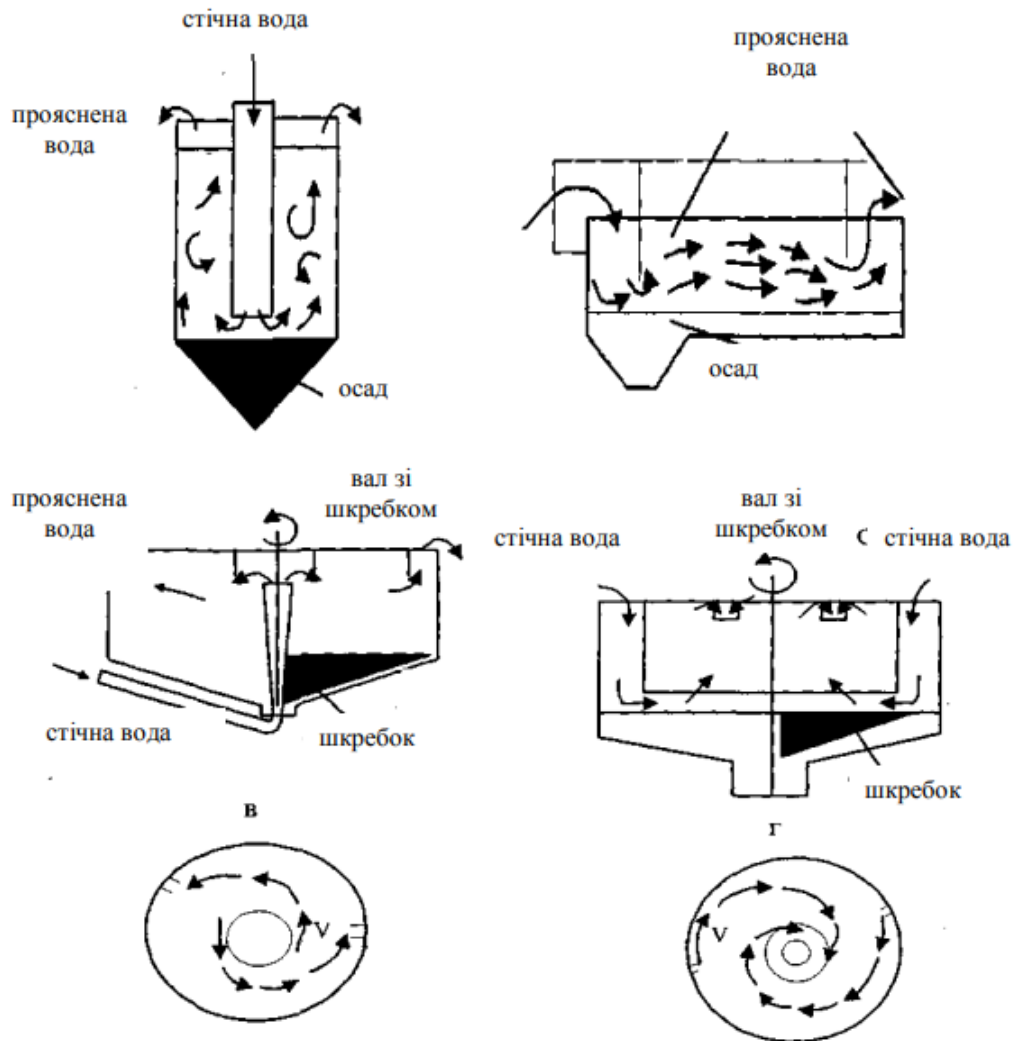


Рис. 1.1. Різновиди конструкцій відстійників за принципом їх роботи: а - відстоювання у вертикальних відстійниках з висхідним потоком води; б - відстоювання в горизонтальних відстійниках з горизонтальним рухом потоку води; в - радіальний відстійник із центральним уведенням води; г - радіальний відстійник з периферійним уведенням води.

Горизонтальні відстійники допомагають видаляти найбільш крупні частинки, які випадають в бункер для осаду, проте дрібніші частинки випадають далі за напрямком руху води (по довжині відстійника). Частина проточна має глибину від 1,5 до 4,0 м за ширини 6–9 м, а довжина складає 8–12 м.

Для очищення природних та стічних вод горизонтальні відстійники є найпоширенішими спорудами, не дивлячися на присутність суттєвих

недоліків. Станції очищення, які мають пропускну здатність більше 15 тис. м³/добу, часто використовують саме горизонтальні відстійники.

Горизонтальні відстійники обладнуються скребковими механізмами візкового чи стрічкового типу. Це допомагає зрушити осад, що випав, і видалити його насосами, гідроелеваторами, тощо.

Сферою застосування традиційної конструкції горизонтальних відстійників є очищення стічних вод від механічних домішок, проте і недоліки цих споруд: низька продуктивність, непристосованість до роботи з коагуляцією та/або флокуляцією, недосконалість, труднощі з видаленням осаду з плоского дна, незадовільна робота механізмів. Організація безперервного видалення осаду, який випадає, неможливо. Як результат можемо отримати порушення роботи, труднощі під час подальшого збезводнення, утилізації чи зберіганні осадів. Ще однією проблемою горизонтальних відстійників є недосконалість пристроїв впуску, розподілу, збирання води. Якщо розглядати варіант удосконалення конструкції відстійників, то це призведе до покращення гідравлічних режимів роботи під час використання розосередженого збору очищеної води, а також слід влаштувати флокуляційні камери, які за сприятливих умов допоможуть укрупнити частинки механічних домішок.

Вертикальні відстійники – це круглі резервуари, що мають діаметр від 4 до 9 м, дно в них має вигляд конуса. Зазвичай їх використовують на станціях продуктивністю до 20 тис. м³/добу. Потік води у вертикальних відстійниках рухається у вертикальному напрямку.

До найбільш поширеного типу відстійника належить – відстійник, у якому впускання стічної води відбувається через центральну трубу, при цьому маючи розтруб біля нижньої частини та відбивний щит. Під час спуску стічної води вниз центральною розтрубною трубою відбувається її відбиття від відбивного щита у формі конуса, після чого вода потрапляє в зону прояснення (очищення). Потрапивши в цю зону відбувається флокуляція частинок стічних вод, внаслідок чого, частинки, крупність яких набагато більша за швидкість,

що має висхідний вертикальний потік, випадає в осад. Після цього за допомогою периферійного збірної лотка збирається вся прояснена (очищена) вода.

Швидкість, яку має висхідний потік, в межах від 0,5 до 0,6 мм/с. При цьому кожна частинка, що рухається разом з водою вгору, має свою швидкість V , а рухаючись вниз, внаслідок дії сили ваги, має швидкість V_{oc} .

Саме тому при проходженні цих частинок, вони будуть займати різне положення відносно відстійника. Якщо $V_{oc} > V$, тоді буде швидше відбуватися осідання, а якщо ж $V_{oc} < V$ – частинки швидше почнуть підніматися вгору. Якщо порівнювати ефективність осадження вертикальних та горизонтальних відстійників, то у горизонтальних вона буде на 10-20% більша за вертикальні.

До недоліків вертикальних відстійників належать :

- 1) чутливість до коливань, ефективність очищення при цьому залежить від рівномірної подачі очищеної води;
- 2) об'єм проточної частини має дуже низький коефіцієнт використання, $\alpha \leq 0,5$.

Радіальні відстійники. Радіальні відстійники мають круглу форму резервуарів, внаслідок чого стічна вода, що потрапляє в центр відстійника, буде рухатися радіально від центру і до периферії.

Зазвичай такий вид відстійників використовують, якщо витрати стічних вод становлять 20 тис. м³/добу і більше. При цьому глибина проточної частини відстійника буде складати 1,5-5 м. Радіальні відстійники встановлюють також з випуском води знизу або зверху, проте у будь-якому випадку вода буде надходити у відстійник через центральну трубу, а прояснена (очищена) вода буде потрапляти в круговий жолоб, звідки потім буде відводитися трубами або за допомогою лотків. На відміну від інших відстійників швидкість води, у радіальних відстійниках, не повинна бути неперервною, вона може змінюватися від мінімального значення на периферії відстійника, до максимального значення в центрі. За допомогою шламових насосів, осад

відсмоктується з напрямку, куди він згрібається з центру за допомогою скребка, що розміщуються на рухомій фермі.

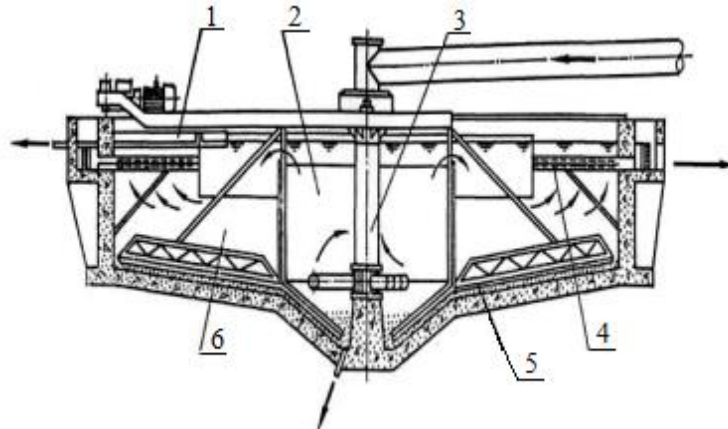


Рис. 1.2. Радіальний відстійник із вбудованою камерою флокуляції: 1 – маслозбірний пристрій; 2 – камера пластівцеутворення; 3 – розподільчий пристрій; 4 – водозбірна система; 5 – скребкова ферма; 6 – зона осадження

До недоліків цієї конструкції можна віднести те, що конструкція розподільних пристроїв цих відстійників є недосконалою, внаслідок чого можуть виникати застійні зони. Проте цей недолік був усунутий у радіальних відстійниках, що містять обертовий збірно-розподільний пристрій, також відвод проясненої (очищеної) води в таких відстійниках знаходиться в центрі, а подача води відбувається через периферійний лоток. Внаслідок цього зменшується час, коли стічні води перебувають у відстійнику, а ефективність затримки завислих речовин залишається тією ж самою.

За потрапляння стічної води у водорозподільний жолоб, який знаходиться на периферії відстійника, вода починає рухатися до центральної зони, після чого вона потрапляє до кільцевого жолоба. При цьому, випавший у відстійнику, осад за допомогою скребкового механізму згрібається до напрямку, потім через мулову трубу відправляється на подальшу обробку.

Тонкошарові відстійники – найперспективніший напрямок методів удосконалення для горизонтальних відстійників. Головний принцип цього методу – відстоювання в тонкому шарі за обмеженої площі, адже дозволяє зменшити об'єм очисної споруди та підвищує ефективність роботи відстійників. В одному випадку відстійник може використовуватися як

самостійна споруда в іншому – існуючі відстійники доукомплектовують тонкошаровими модулями, розміщуючи їх у пристрої перед апаратом скидання води.

Для тонкошарових відстійників важливою є висота відстоювання, адже за зменшення висоти в пристрої буде зменшуватися час відстоювання. Відстійна зона в тонкошарових відстійниках складається з декількох ярусів, що мають невелику глибину. Шлях руху частинок набагато менший (у десятки разів) за звичайні відстійники, саме тому процес відстоювання для тонкошарових відстійників буде відбуватися дуже швидко. Принцип роботи цих відстійників полягає у використанні пакету похилих пластин, між якими створюється певна система тонкошарових каналів для проходження потоку води. Завдяки дуже малим відстаням між пластинами у цих каналах, дуже скорочується час спливання або осідання механічних частинок. Нахил пластин відносно горизонтальної площини має становити кут 60° . При цьому пластини можуть приймати як плоску, так і хвилясту форму, а інколи використовують і трубчасті елементи.

До переваг тонкошарових відстійників можна віднести їх компактність, а також високий ступінь очищення, що становить близько 70–80 %.

Трубчасті відстійники складаються з трубок, що мають діаметр 25-30 мм, а також довжину 0,6–1 м. Кут встановлення трубок може бути малим (до 5°) та крутонахиленим (45 – 60°) (див. рис. 1.3).

Трубчастий відстійник, що має невеликий кут нахилу працює періодично. Спочатку проводять процес відстоювання, а вже потім відбувається промивка трубок від осаду. Для того, щоб процес був успішним необхідно, щоб вода рівномірно розподілялась по трубках, а також застосування ламінарного режиму руху рідини. Цей тип відстійників використовується в основному для прояснення (очищення) стічних вод, що мають маленький вміст завислих речовин, при цьому об'єми стічної води мають становити до 10 тис. м³/добу. Гідравлічне навантаження трубчастих

відстійників становить 6-10 м³/год. на 1 м² вхідного перерізу трубок. Ефективність очищення при цьому становить 80-83 %.

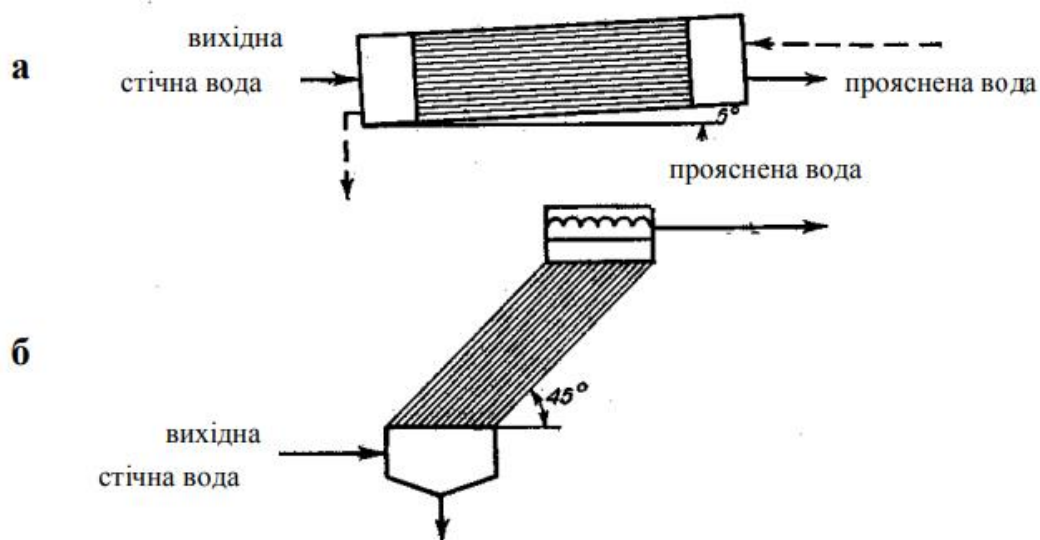


Рис. 1.3. Схема трубчастого відстійника:
а – з малим нахилом труб; б – крутонахилений

За використання трубчатистих відстійників, що мають великий кут нахилу, осад сповзає дном безперервно, адже вода рухається згори вниз у шламований простір, що усуває необхідність промивати трубки. Трубчасті відстійники можуть виготовлятися з пластмасових блоків, що встановлюються у звичайних відстійниках.

Пластинчаті відстійники складаються з ряду паралельно встановлених між собою похилих пластин. Під час використання цієї конструкції, вода здійснює рух між пластинами, а осад збирається внизу у шламоприймачу (рис. 1.4).

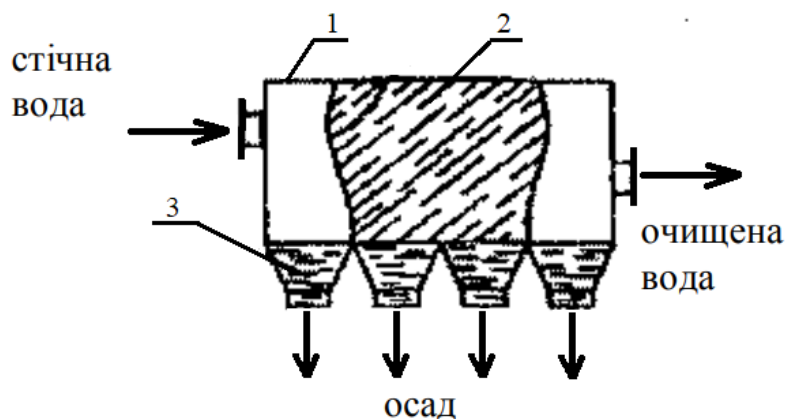


Рис. 1.4. Тонкошаровий відстійник з похилими пластинами: 1 – корпус, 2 – пластини, 3 – шламприймач

Взаємний рух осаду, що виділяється, та очищеної води може відбуватися за протиточною, перехресною або прямоочною схемами. За прямо- або протиточною схемою виділений осад рухається в напрямку руху стічних вод або проти нього, відповідно, а за перехресної схеми – перпендикулярно стічним водам [14].

1.6. Очищення стічних вод методом флотації. Обладнання процесу

Флотація – це один із фізико-хімічних методів очищення стічних вод, який застосовується в багатьох типах виробництв: нафтопереробному, металургійному, гірничо-видобувному, хімічному, харчовому та інші.

Поділ дрібних твердих частинок, в основі якого лежить різниця у їх змочуваності порівняно з водою, називають *флотацією*. Суть процесу пов'язана з похідним від слова «flotter» - плавання.

Область застосування флотаційних установок - видалення зважених дисперсних частинок, високомолекулярних речовин, в тому числі й ПАР, нафтопродуктів, смол, жирів, олій, частинок фарби, волокон та інших речовин, осадження яких малоефективне, з води [14].

Переваги методу флотації:

- високий ступінь очищення, який досягає значень 95-98 %;
- безперервність процесу;
- застосування у будь-якій сфері;
- економічність;
- простота апаратури;
- селективність виділення забруднюючих речовин/домішок
- швидкість процесу, порівнюючи з відстоюванням;
- можливість одержання шламу (пінного продукту).

Переважною областю застосування флотації є очищення стічних вод, що містять нерозчинні (гідрофобні) забруднення.

Присутність у воді частинок з гідрофобними властивостями дає можливість обрати флотаційну установку залежно від способу аерації. Частинки, які погано змочуються водою, частково орієнтуються на границі поділу фаз, при цьому відокремлюються від тих, які добре змочуються водою. Наприклад, під час флотування відбувається прилипання до бульбашок газу крапель нафтопродукту або погано змочуваних частинок, в результаті чого весь цей конгломерат піднімається їх на поверхню рідини [15].

Використання реагентів впливає на змочування частинок, що флотуються, в результаті чого утворюються гідратні шари, що змінюють стійкість системи. Тому обов'язковою умовою для підготовки мінеральної поверхні до флотування є використання спеціальних речовин (інертного газу та флотореагентів – за необхідності) і тільки після цього варто проводити сам процес флотації. Флотореагенти завжди підбираються заздалегідь, що дає змогу сильно збільшити гідрофільність нефлотованих і гідрофобність флотованих частинок [16].

Залежно від типу границі поділу фаз флотацію можна поділити на чотири групи:

1. Олійна – «вода – олія». Процес відбувається шляхом виштовхування на поверхню флотоустановок забруднення, змочені олією.

2. Плівкова – «вода – тверде тіло». Відбувається насипання тонким шаром на поверхню рідини частинок. Такий процес називається тонкоподрібненим сухим способом. Гідрофобні забруднюючі частинки завдяки силі поверхневого натягу утримуються на поверхні води, утворюючи крихку плівку, а гідрофільні - тонуть і опускаються на дно установки.

3. Пінна – «газ – вода – тверде тіло – реагенти». У флотаційних спорудах створюється енергійне перемішування стічної води з бульбашками повітря, при цьому спостерігається перехід погано змочуваних частинок у пінний продукт завдяки додаванню різних спеціальних реагентів.

4. Іонна – «газ – рідина». Спостерігається витягуванням забруднень із стічних вод у пінну масу у вигляді іонів металів. Процес відбувається при пропусканні дрібних бульбашок повітря через дисперсну систему, а також використовують своєрідний збирач - ПАР. Речовина-збирач у стічній воді стимулює утворення іонів, заряд яких протилежний заряду вилученого іона. Процес флотації за низьких концентрацій іону, що буде ефективно вилучатися [17].

Процес пропускання бульбашок повітря суцільним потоком, використовуючи, наприклад, відцентровий насос, називається *механічною флотацією*.

Пневматичною флотацією називається процес подрібнення бульбашок газу (наприклад, повітря, азоту, вуглекислого газу чи інших інертних газів) механічними подрібнюючими елементами, до яких відносяться різноманітні решітки, керамічні ковпачки, фільтри (скляні, керамічні).

Напірна флотація – це ефективний метод очищення стічних вод, за якого процес подрібнення газу відбувається шляхом аерації. Ступінь очищення виробничих стічних вод може сягати 95-98 % [10].

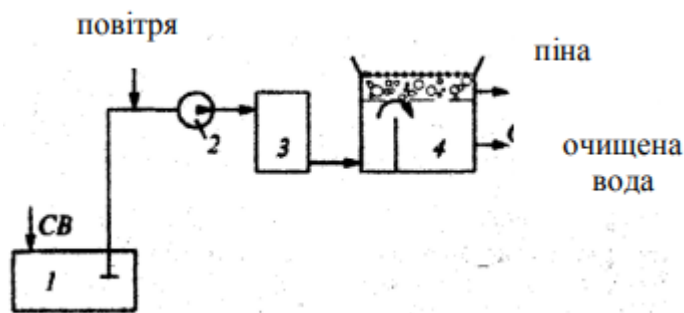


Рис. 1.5. Принципова схема напірної флотації. 1 - ємкість; 2 - насос; 3 — напірний бак (сатуратор); 4 - флотатор.

Процес напірної флотації, зображений на рис. 1.5, здійснюється у дві стадії:

- 1) під тиском відбувається насичення води газом;
- 2) видалення газу з насиченої води за атмосферного тиску.

Спорудами, що складаються з радіального відстійника з вбудованою флоотокамерою, у якій під атмосферним тиском відбувається видалення розчиненого газу, називаються *флотатори-відстійники*, конструкція яких зображена на рис. 1.6 [17].

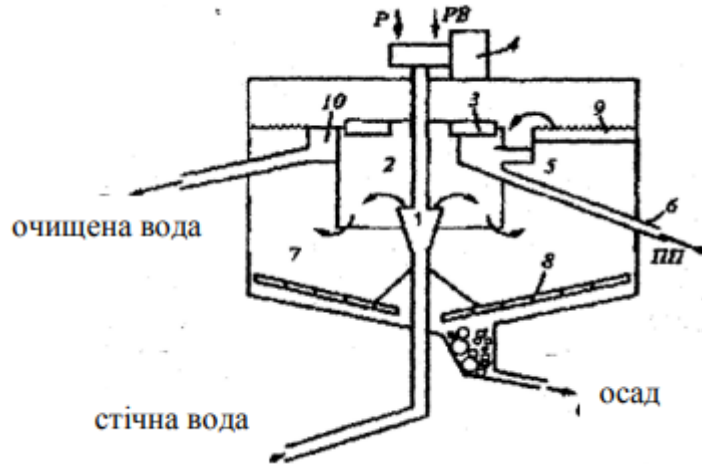


Рис. 1.6. Схема флотатора-відстійника: 1 – водорозподільник; 2 – підвісна флоотокамера; 3 – верхні шкребки; 4 – електропривід; 5 – збірник піни; 6 – вихід пінного продукту; 7 – відстійна камера; 8 – донні шкребки; 9 – зубчастий водозлив; 10 – кільцевий лоток очищеної води; Р – подача реагентів; РВ – рециркулююча вода; ПП – пінний продукт

1.7. Сучасні методи очищення стічних вод

Існує велика кількість методів, що використовуються для очищення виробничих і побутових стічних вод, при цьому сам метод очищення і складові очисних споруд залежить від:

- складу забруднення;
- пропускної здатності очисної станції;
- необхідного ступеня очищення;
- потужності водного об'єкту, що об'єднується певними техніко-економічними поясненнями;

Метод механічного очищення стічних вод нафтопереробної промисловості проводиться за допомогою проціджування, центрифугування, фільтрування та відстоювання [16].

Біогенні речовини, що надходять до водойм разом із стічними водами, можуть викликати порушення рівноваги в навколишньому середовищі, зокрема, евтрофікація.

Евтрофікацією або заболочуванням називають процеси збагачення поживними речовинами водні басейни (річки, озера і т.д.) за підвищеної продуктивності рослин. Евтрофікація виникає внаслідок як антропогенних впливів, так і від природнього старіння водойм. Азот і фосфор відносяться до основних хімічних елементів, що здатні викликати евтрофікацію. Евтрофікація, яка викликається штучно і є незбалансованою, може викликати неконтрольований ріст водоростей, загибелі риб і нестачі кисню у водоймах – це пояснюється тим, що за рахунок розповсюдження фітопланктону на поверхні водойми, відбувається зменшення проникності сонячних променів в глибину водойми[18].

Находячи до очисних споруд, стічна рідина може містити як нерозчинні, так і розчинні речовини мінерального і органічного походження.

Стічні нерозчинні забруднення мінерального і органічного походження можуть затриматися в первинних відстійниках, які називаються пісковловлювачами [19].

Розглянемо очисні споруди гальванічних виробництв:

1. В залежності від гідравлічних умов роботи: непроточні, проточні, комбіновані;
2. За режимом роботи: безперервної та періодичної дії;
3. Залежно від ступеню поділу категорії забруднених стічних вод: повний та частковий поділ потоків, без поділу.

Велика кількість маси опадів може виникати під час очищення стічних вод, тому вони піддаються знезараженню, зневодненню, знешкодженню та підготовки для наступного їх використання.

Для дезінфекції, видалення різних компонентів, знебарвлення використовують один з методів для глибокого очищення - хімічне очищення стічних вод. Її застосовують тоді, коли знешкодження речовин, що

забруднюють стічні води, може виникати лише внаслідок хімічної реакції між реагентом і забрудненою рідиною.

До основних методів хімічної обробки належать: реагентні методи видалення розчинних та нерозчинних сполук, окислення, відновлення і нейтралізації [20].

До методів окислення відносять і електрохімічну обробку. Нейтралізація використовується тільки тоді, коли стічні води, що підлягають очищенню, містять луги й кислоти. У великій кількості стічних вод, що виникають в результаті окислення, містяться солі важких металів, які треба виділяти з цих вод.

Присутність у більшості кислих стічних водах солей важких металів потребують їх видалення. Тоді проводять нейтралізацію цих стічних вод для таких цілей [21]:

- для уникнення процесу корозії матеріалів очисних споруд і каналізаційних мереж;
- для уникнення порушень, які можуть виникати в біохімічних процесах у водоймах і в біологічних окислювачах;
- для утворення осаду солей тяжких металів у стічних водах.

Кислі стічні води становлять значно більшу небезпеку, ніж лужні, адже виробничі стічні води скидаються у природні водойми або в міську каналізацію. Найбільш часто стічні води забруднюються азотною, сірчаною, соляною мінеральними кислотами та їх сумішами. Концентрація вмісту цих кислот не перевищує 3%, проте в стічних водах можуть бути більш концентровані суміші [22].

1.8. Проблема очищення стічних вод в Україні

За 2016 рік в Україні скинуто у природну водойми близько $7,7 \cdot 10^9$ м³ стічних вод, 21 % від об'єму забруднені зваженими частинками – $1,6 \cdot 10^9$ м³, а

підприємствами хімічної промисловості – $4,5 \cdot 10^9$ м³. Об'єми забруднень стічних вод біологічного та бактеріологічного характеру складають $45 \cdot 10^6$ м³, які потім очищаються тільки на комунальних каналізаційних очисних спорудах. Бактеріологічні та біологічні забруднення в більшості випадків – це утворення патогенних мікроорганізмів (наприклад, яйця гельмінтів, аскарид і т.д.), утилізація таких стічних вод обов'язкова.

Установлено, що в Україні для очищення стічних вод часто застосовують технології біологічного очищення, які не забезпечують належного видалення біогенних мікроорганізмів. Щорічно до складу стічних вод утворюються такі об'єкти: завислі речовини ($45 \cdot 10^6$ кг), нафтопродукти ($400 \cdot 10^6$ кг), хлориди ($670 \cdot 10^6$ кг), сульфати ($800 \cdot 10^6$ кг), азоту ($10 \cdot 10^6$ кг), фосфати ($7 \cdot 10^6$ кг), нітрати ($60 \cdot 10^6$ кг), нітрити ($2 \cdot 10^6$ кг), ПАР ($0,25 \cdot 10^6$ кг), залізо ($0,770 \cdot 10^6$ кг) [23].

На очисних станціях очищення спостерігається утворення як очищеної води, так і осадів стічних вод (ОСВ). Очищення великих об'ємів виробничих стічних вод характеризується використанням системи очищення, яка базується на утворенні активного мулу або мулового осаду. Залишки очисних систем роками розкладаються на звалищах, тому існує потреба у їх переробці або утилізації [24, 25].

Проведення досліджень у галузі застосування очисних систем пов'язано з тим, що [26]:

- спостерігається збільшення числа джерел утворення мулових відкладень, які відбуваються через розширення географії розповсюдження. Кожного року об'єми утворення мулових осадів збільшуються;
- змінюється склад мулового осаду, який з часом тільки ускладнюється через більшу кількість шкідливих компонентів для навколишнього середовища;
- використовуються «традиційні» способи утилізації відходів (вивезення на звалища), які спричиняють негативне відношення;

- створюються жорсткі вимоги щодо збереження відходів;
- застосовуються старі технології із утилізації відходів, які не проводять належного очищення;
- збільшуються ціни за утилізацію відходів і допуску до систем переробки відходів, які розміщуються у приватних виробництвах.

Наведені вище фактори стимулюють розробки окремої переробки мулових відкладень. Для утворення комплексу методів слід звернути увагу на соціальні, економічні, технологічні та інженерні аспекти, які дають можливість забезпечити екологічну безпеку на основі вже відомих світових технологій [27].

1.9. Висновки до розділу

На основі аналізу наукової літератури описано основні підходи, методи та обладнання для очищення стічних вод. В даний час вимоги до ступеня очищення стічних вод зростають.

Охарактеризовано особливості стадій механічного, хімічного, фізико-хімічного та біологічного очищення стічних вод.

Слід зауважити, що фізико-хімічне очищення стічних вод включає безліч методів, які можна застосовувати як окремо, так і в поєднанні з механічними, біологічними та хімічними методами. Для емульгованих стічних вод, що містять нафтопродукти особливо важливим методом є флотація – процес молекулярного прилипання дисперсних забруднень до бульбашки інертного газу (повітря) з метою винесення їх у поверхневий шар. Щодо відстоювання, то це один із найпоширеніших способів розділення неоднорідних систем, який практично використовується у всіх технологічних схемах.

Опираючись на вітчизняні та зарубіжні наукові дослідження, в даній роботі будуть використані ефективні сучасні методи очищення стічних вод

нафтопереробної промисловості для створення технологічних схем для очисних споруд таких підприємств.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Об'єкти дослідження

Споживачами природної води є підприємства нафтохімічної та нафтопереробної промисловості, на яких технологічні операції не обходяться без підводу води. До таких процесів можна віднести приготування розчинів, необхідних для виробництва продукції, нагрівання та охолодження, мийка технологічного устаткування та інші. Підприємства нафтопереробної промисловості мають стічні води з широким діапазоном вмісту органічних речовин, серед яких є нафтопродукти і феноли. Коли на підприємстві відсутні очисні споруди, то спостерігається підвищення антропогенного тиску на довкілля, який повністю залежить від напрямку промислової діяльності [28-30].

Традиційні технологічні схеми очищення стічних вод застарілі, не відповідають вимогам відносно якості води. Тому є необхідність у вдосконаленні технологій очищення стічних вод, забруднених нафтопродуктами, а також у прийнятті ефективних комплексних рішень щодо підвищення ступеня очищення води [31].

Відповідно до класифікації Кульського Л.А. [32], фазово-дисперсний стан забруднень виробничих стічних вод підприємств нафтопереробної промисловості є складною гетерогенною системою. Полідисперсний стан у вигляді грубодисперсних речовин (волокно, частинки продукції і т.д.), тонких суспензій (барвники дисперсні), стійких емульсій (жир, олії, нафтопродукти), колоїдів (білки, рослинні дубителі) характерний для твердої фази [32].

Агрегатний стан забруднюючих речовин стічних вод залежно від складу і співвідношення присутніх домішок, рН і ступеня розбавлення помітно змінюється. Адже за зміни цих показників можливі процеси само- та гетерокоагуляції, часткового випадання певних речовин в осад або їх

розчинення [33]. Склад, кількість, концентрація, температура процесу, перемішування розчинних речовин у стічній воді прямо пропорційно впливає на ефективність процесів [34-37].

Якщо у стічній воді присутні висококонцентровані забруднюючі речовини різної фізико-хімічної природи, дисперсності та агрегатного стану, то існує необхідність глибокого очищення стічної води методами попереднього механічного, фізико-хімічного очищення, усереднення забруднюючих речовин за витратою і концентрацією, біологічного очищення задля виконання вимог щодо скидання очищеної води в природну водойму [38].

Нафта та її похідні як забруднюючі речовини стічної води завдають максимально негативної шкоди на навколишнє середовище. На поверхні водойми, як було вказано раніше, нафта та нафтопродукти утворюють суцільну плівку, при цьому спричиняючи зменшення процесу випаровування води (приблизно на 60%). Тоді спостерігається зміни запаху, смаку, в'язкості води, а також зменшується насичення водойми киснем. В результаті таких біологічних показників утворюються органічні речовини, які мають шкідливі та токсичні властивості. На жаль, результатом потрапляння у водне середовище нафти та нафтопродуктів у водоймах призводить до отруєння водних організмів з подальшою зміною фізіологічної їх активності та навіть смерті [39].

Наявність великих об'ємів нафтопродуктів і механічних забруднюючих речовин у стічній воді потребує очищення у три етапи. Перший базується на механічному очищенні стічних вод, забруднених нафтопродуктами, яке допомагає видаляти вільні краплини нафтопродуктів і завислі домішки. На початку процесу очищення стійких стічних вод слід застосовувати флотаційне очищення, яке повинно проводитися перед біологічним. До ряду переваг біологічного методу очищення стійких, в першу чергу, належить екологічність, тому що відсутня можливість утворення «чужих» сполук у доквіллі, що дає змогу

проведенню деструкції органічних забруднень.

НПЗ, що мають неефективну систему очищення стічних вод або застарілу технологію, необхідно забезпечувати інноваційними технологіями, щоб досягти високої якості очищення стічних вод [40].

Потрапляння нафти у стічні води, особливо, в процесі її видобування, а також нафтопродуктів – палива, олії і т.д., які часто застосовуються у господарській діяльності, у промислові та господарські стічні води, що надходять у природні водойми, ґрунт, підземні води. Тим самим нафтопродукти порушують перебіг природних біохімічних процесів, викликаючи загибель флори та фауни водних басейнів (озера, річки, моря) і знижують родючість ґрунту. Таким чином, стічні води, забруднені нафтою та її продуктами, стали одним із глобальних забруднювачів навколишнього середовища [41].

Залежно від галузі промисловості та виробничих технологій змінюється якісний та кількісний склад стійких стічних вод. Існує три основні класи заруднюючих речовин, які відрізняються за складом стічної води:

- 1) неорганічні забруднення, серед яких можуть бути й токсичні;
- 2) органічні;
- 3) неорганічні разом з органічними.

Перші забруднювачі – неорганічні утворюються на содових, сульфатних, азотних підприємствах, заводах з переробки марганцевих, свинцевих, нікелевих, цинкових, руд, які містять луги, кислоти, катіони тяжких металів, тощо. Стічні води таких підприємств змінюють, як правило, свої фізичні властивості.

Стічні води, що містять *органічні забруднення*, отримують на виході НПЗ, нафтохімічних підприємств, підприємств органічного синтезу, тощо. Стічні води таких підприємств містять у собі різні домішки, наприклад, нафтопродукти, альдегіди, смоли, феноли, аміак, тощо.

Зазвичай вплив токсичних забруднювачів на стічні води

характеризується утворенням під час процесу окислення, тобто відбувається зниження вмісту кисню у воді, зростання БСК та ХПК, погіршення властивостей (зокрема, органолептичних) води.

Поєднання *органічних та неорганічних забруднювачів*, які можуть знаходитися у стічній воді, спостерігається в процесах гальванічної обробки поверхонь, виробництві друкованих плат промисловості приладобудівництва та радіоелектроніки, тощо. До складу неорганічних забруднень належать кислоти, луги, катіони важких і кольорових металів, а до органічних - нафтопродукти, ПАР, барвники і т.д. [42].

Особливістю стійких стічних вод, що містять нафтопродукти, є їх менша густина порівняно з густиною води та низька розчинність забруднень у воді. Густина води дорівнює густині стійкої стічної води тоді, коли вміст в ній бензину $0,7 - 0,76 \text{ г/см}^3$, дизельного палива від $0,8$ до $0,9$, реактивного палива - $0,8 - 0,85$, мазуту - $0,94 - 1 \text{ г/см}^3$. Дрібні фракції переробки нафти дорівнюють близько нулю.

Підприємства нафтопереробної промисловості утворюють стічні води, які відрізняються дисперсним складом, де нафтопродукти можуть перебувати у вільному, емульгованому та розчиненому стані.

Ретельне гігієнічне токсикологічне дослідження є основним процесом перевірки очищеної води для подальшого скидання у каналізаційні системи. Її непридатність для скидання можлива вже за концентрації нафтопродуктів $0,01 \text{ г/л}$ у водних басейнах. Наявність нафтопродуктів провокує зміну смаку, запаху, кольору, поверхневого натягу, в'язкості води, а також зниження кількості кисню, в результаті чого утворюються шкідливі органічні речовини. Як зазначалося раніше, недоочищена стічна вода набуває токсичних властивостей, створюючи загрозу для тварин та людей [43].

Стічні води нафтопереробної промисловості мають різний склад, проте за основними показниками значно не відрізняються. В процесі видобування нафти утворюються й зворотні води, кількість яких на 1 т нафти досягає

позначки 30-40 м³. 90-95 % об'єму очищених вод застосовується в оборотних процесах як технічна вода. Залежно від типу підприємства об'єми стічних вод можуть мати як незначні так і достатньо великі об'єми, наприклад, від 1 до 2 м³ на 1 т нафти.

НПЗ скидають стічні води у дві системи каналізації, перша з яких містить мало мінералізовані стічні та дощові води, а друга – мінералізовані, токсичні речовини, вода такого складу не використовується повторно підприємством. Стічні води НПЗ відводять двома системами каналізації. Очищення першої системи дозволяє повертати води в оборот у технологічних процесах виробництва. За великої кількості атмосферних опадів створюється надлишок стічних вод, який направляють в аварійні накопичувачі, звідки стічні води потрапляють на очисні споруди і, як наслідок, скидаються у природну водойму. До другої каналізаційної системи входять 5-7 мереж, які дають змогу транспортувати стічну воду до окремих цехів та обладнань. Для такого типу каналізаційної системи можуть використовувати локальне очищення стічних вод від специфічних забруднювачів [44].

Для підприємств легкої, нафтової, металургійної та інших поширеними є висококонцентровані грубодисперсні частинки, наприклад, земля, пісок, жири, частинки сировини (волокна, шерсть і т.д.), частинки продукції (масла, сиру і т.ін.). Вони перешкоджають стабільній роботі каналізаційних мереж, насосних станцій і очисних споруд, тому що відкладаються на поверхнях труб і технологічного обладнання, забивають прорізи решіток, налипають на певних частинах насосів, загнивають, утворюючи при цьому газу, а також спостерігаються корозійні явища, тощо. Для труб і очисних споруд, якими рухаються грубодисперсні домішки, проблемою є нерівномірність режимів водовідведення, як наслідок – різка зміна pH , температури, концентрацій токсичних органічних речовин у водному середовищі, які виникають через аварійне скидання технологічних розчинів [38].

2.2. Методи дослідження

Для дослідження процесу очищення стійких стічних вод нафтопереробних підприємств було підбрано ряд методів та їх комбінацій для подальшого скидання води у природну водойму або повторного її використання на підприємствах. Для очищення таких стічних вод залежно від її подальшого призначення доцільно використовувати такі методи: відстоювання, флотацію, адсорбцію.

2.2.1. Відстоювання

Одним із найпростіших та економічно вигідних механічних методів очищення стічної води від дисперсних домішок є відстоювання. Принцип роботи відстоювання – це розділення води та дисперсних домішок у полі гравітаційних сил за умови стану спокою або повільного руху потоку рідини. Зважені частинки з більшою густиною порівняно з водою, осаджуються, а з меншою – спливають [45].

Очищення стічних вод, що містять нафтопродукти, у часі досягається за допомогою експлуатації відстійників різного типу, кожен з яких складається з ємності, в якій подача емульгованої стічної води відбувається через штуцери та виводяться розподілені дисперсні фази. Стійкі стічні води, що містять нафту, розподіляють дисперсну фази за допомогою нафтовловлювачів різної форми. Нафтові вловлювачі бувають горизонтальними, вертикальними, радіальними, швидкість руху потоку води у якому відбувається в межах від 0,004 до 0,006 м/с [10].

Застосовуються нафтовловлювачі, коли вміст нафтопродуктів у стічній воді не перевищує 1000 мг/л. Ефективність використання нафтових вловлювачів для видалення основної маси нафтопродуктів зі стічної води сягає 90-95 %. На нафтобазах частіше встановлюють горизонтальні нафтовловлювачі (див. рис. 2.1).

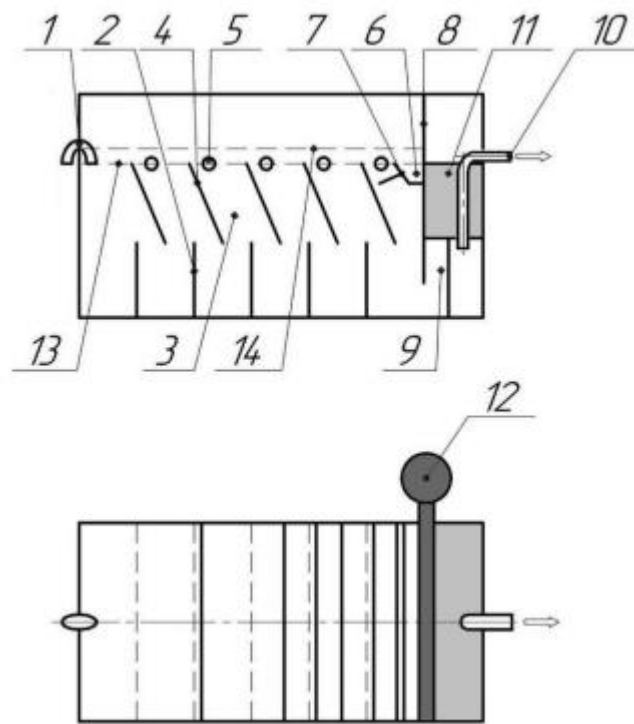


Рис. 2.1. Схема конструкції нафтовловлювача [46]: 1 – перетічна труба, 2 – вертикальні занурені мембрани, 3 – відстійник, 4 – похилі занурені мембрани, 5 – застійна зона, 6 – жолоб, 7 – тавроподібна стінка, 8 – верхня напівзанурена мембрана, 9 – вторинний відстійник, 10 – сифонний витік, 11 – плаваюче завантаження, 12 – нафтонакопичувач, 13 – найнижчий рівень, що подається на очищення, 14 – найвищий рівень води, що подається на очищення

Щоб створити належні умови праці нафтових вловлювачів доречно спочатку видалити важкі мінеральні речовини, які знижують рух осаду, на скребкові механізми навпаки збільшується навантаження, відкладаються в частинах трубопроводів та інших елементах технологічного обладнання, а також викликають зношування деталей устаткування [45].

Відстійники від нафтовловлювачів відрізняються конструкцією, а саме присутністю частини, де збирається мул. Великі обсяги мулу у відстійниках, порівнюючи з нафтовими вловлювачами, накопичується завдяки коагуляції, яка підвищує вологість.

Ще одним поширеним апаратом для очищення стічних вод методом відстоювання є пісковловлювачі, які використовуються за умови наявності дисперсних домішок у емульгованій стічній воді, які з'являються на будь-якому етапі видобування чи переробки нафти. Ці забруднюючі речовини (глини, пісок, солі і т.д.) складають не більше 0,15 % від об'єму стічної води.

Домішки зменшують рухливість будь-якої емульгованої стічної води, наприклад, у трубопроводах, лотках та різних пристроях, стимулюючи швидке зношування деталей устаткування. В апаратах відбувається осадження домішок, а отримані відходи у вигляді піску постачають на будівельні майданчики, де їх у подальшому використовують для будівництва [47].

У споруді пісковловлювача затримуються домішки розміром частинок від 200 мкм. Якщо за технологією очищення стічних вод не передбачено використовувати пісковловлювач, то на різних етапах очищення пісок ускладнює роботу очисних споруд. Вловлювачі піску бувають горизонтальними або вертикальними, круговими, прямолінійними, з поступально–обертальним рухом та працюють за принципом різниці рухів тяжких забруднюючих частинок у рідині [48].

2.2.2. Флотація

Видалення твердих дисперсних частинок методом флотації відбувається шляхом виштовхування їх бульбашками інертного газу на поверхню рідини. Флотація вже більше ста років користується попитом завдяки ефективності не тільки очищення стічних вод, а, наприклад, для розділення нафтових або паливних емульсій [47].

Залежно від типу флоторегенту флотація поділяється на пінну, плівкову, олійну, іонну. Флотореагентами у такому випадку виступають плівко-, піноутворювачі, олії та інші.

Залежно від типу флотаційної установки розрізняють механічну, пневматичну та напірну флотацію [46].

Флотацією називають процес прилипання забруднюючих частинок до поверхні розділу двох фаз, найчастіше це газ і вода. Процес молекулярного прилипання зумовлений появою надлишку вільної енергії приграничних шарів, які розташовуються на поверхні рідини, а також описується явищами змочування.

Результатом очищення стічної води, яка може містити ПАР, нафту, нафтопродукти, олії, волокнисті матеріали, методом флотації є утворення комплексів «частинка - бульбашка» та їх спливання і видалення з пінним шаром з поверхні води, яку очищають. Прилипання забруднюючих частинок до бульбашок газу відбувається краще, коли вони гідрофобні або частинки погано змочуються даною рідиною.

Утворюються аерофлокули за допомогою додавання у дисперсну систему певних реагентів-збирачів, піноутворювачів, регуляторів. Кожен окремий реагент сприяє гідрофобізації поверхні частинок, тим самим підвищуючи дисперсність, стійкість бульбашок газу, а також активує процес флотації. Під час очищення стійких стічних вод на флотаційних установках використовують солі алюмінію, заліза, різні марки флокулянтів, наприклад, ВПК-101, ППС, ПАА. Для коригування рН процесу флотації також застосовують їдкий натр, вапно, кислоти.

За умови порівняно однаково підібраного розміру бульбашок повітря та забруднюючих частинок у всьому об'ємі рідини, можна підтвердити факт, що флотація є найбільш ефективним методом очищення стічних вод. Залежно від технологічної схеми флотації витрата газу та розмір бульбашок залежать від технології очищення стічної води методом флотації, а також від способів насичення стічної води бульбашками інертного газу.

Існує декілька способів диспергування газу у рідині (стічна вода) методом флотації[49]:

а) компресійний. Насичення бульбашками газу у воді відбувається за попереднього розчинення під тиском, такий тип флотації називається *напірною флотацією*;

б) вакуумний, за якого відбувається виділення дрібнодисперсних бульбашок газу з об'єму води внаслідок зниження тиску. Такий процес називається *вакуумною флотацією*;

в) механічний. Характерний потік бульбашок газу підсмоктується шляхом інтенсивного перемішування об'єму рідини, після чого відбувається диспергування лопастями мішалки. Це *імпелерна флотація*;

г) подача бульбашок газу через пористі матеріали;

д) електричний. Вода насичується бульбашками газу, одержаними електролізом води – це *електрофлотація*;

е) хімічний. Для цього способу характерні бульбашки газу, що утворилися у результаті хімічних реакцій зі спеціальними реагентами - *хімічна флотація*.

Розглянемо два основні типи флотації, перша з яких безреагентна – та, що флотується за відсутності додаткових спеціальних речовин, а друга – реагентна, за якої процес флотації відбувається за участі спеціальних речовин – флотореагентів. Реагенти покращують процес очищення стічної води. Найпоширенішими флотореагентами, які ретельно підбираються під окрему технологію очищення стічної води, є коагулянти, ПАР, флокулянти [50].

Газоподібна фаза флотації займає дуже важливу роль процесу - подача бульбашок газу задля виділення твердих частинок на поверхні рідини. Флотореагентом може використовуватися і сам інертний газ, наприклад, подача повітря, азоту, вуглекислого газу [51].

У даній роботі для очищення стійких стічних вод методом реагентної та безреагентної флотації використовувалася установка пневматичного типу, в якій подрібнення інертного газу – повітря здійснювали через фільтр Шотта. Як інертний газ використовували повітря, до складу якого входить природна суміш газів, в якій кисню приблизно 35 % і, відповідно, азоту - 65 %.

Розчинність повітря у воді залежить від температури та тиску процесу флотування, адже дана суміш природних газів має малу розчинність її компонентів, які не вступили в хімічну реакцію. Окремі компоненти повітря активно взаємодіють з об'ємом рідини, розчиняючись у великих кількостях. У процесі виштовхування забруднюючих частинок на поверхню рідини починається прилипання до бульбашок повітря [51].

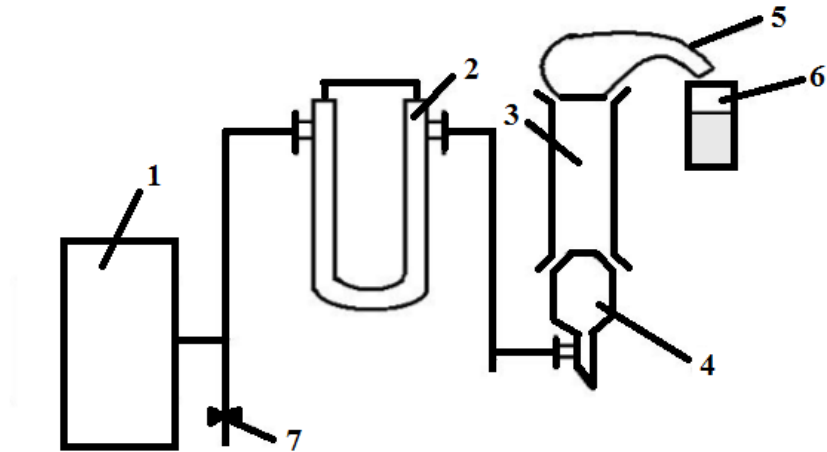


Рис. 2.2. Експериментальна флотаційна установка пневматичного типу: 1 – джерело стисненого газу (балон), 2 – ротаметр, 3 – флотаційна колона, 4 – пористі перегородки, 5 – піноприймач, 6 - склянка для збору піни, 7 – затискач.

Очищення стічних вод методом флотації характеризується застосуванням апаратів, аерація рідини в яких здійснюється бульбашками газів за зниженого тиску. Бувають вакуумні й компресорні (напірні) флотаційні машини. Електрофлотаційні машини впроваджуються останнім часом у галузях різної промисловості, аерація рідини здійснюється під час електролізу води.

Метод флотації широко поширений у сфері очищення нафтовмісних стічних вод, в яких дисперсним середовищем є вода, а дисперсною фазою – нафта, нафтопродукти, зважені речовини. Характерними ознаками нафтовмісної системи є наявність великої поверхні поділу фаз, а також високої стійкості стічної води. Дисперговані глобули нафти в воді спливають на поверхню під дією сили виштовхування. Проте видаляти стійкі похідні нафти відстоюванням повністю неможливо [52].

2.2.3. Адсорбція

Адсорбція – це збільшення на поверхні розподілу фаз концентрації речовини, порівняно з її кількістю в об'ємі. Різниця між цими концентраціями особливо помітна, коли в системі, що досліджується, газ або пара є тверде тіло. Адсорбовані молекули знаходяться в рази ближче одна до одної порівняно з молекулами в пароподібній або в газовій фазі, де вони рухаються хаотично, маючи велику відстань між собою. Концентрація адсорбованих молекул на поверхні залежить від тиску газу і температури твердого тіла. Якщо великий шар покритий цими молекулами, то його стан буде близький до рідкого.

Адсорбцію часто використовують в промисловості як для процесів очищення сировини чи матеріалу, так і для аналітичних цілей, використовуючи для цього різні хімічні речовини, процеси адсорбції яких відбуваються різними шляхами. Молекули газу за кімнатної температури практично не адсорбуються, тому осушування їх здійснюється шляхом адсорбції води з потоку газу. Для таких методів використовують цеоліти, силікагель, оксид алюмінію, тощо. Компоненти сумішей газу з паром або рідин залишаються на адсорбенті в адсорбційній колоні [53].

Для глибинного очищення також широко використовують адсорбційні методи очищення стічних вод, які допомагають позбутися органічних речовин в розчиненому стані, особливо після біохімічного очищення. Також адсорбцію використовують в локальних установках за умови якщо концентрація розчинених органічних речовин у воді мала або забруднення не характеризуються значною токсичністю й не розкладаються.

Для очищення та знешкодження стічних вод від гербіцидів, фенолів, ПАВ, барвників, пестицидів та ароматичних нітросполук використовують метод адсорбції. Перевагою використання адсорбції є можливість рекуперації речовин, що містяться в забруднених стічних водах, висока ефективність використання цього методу та можливість очищення стічних вод, якщо вони мають декілька речовин.

Адсорбційне очищення буває двох типів: регенеративне, за якого забруднюючі речовини витягують з адсорбенту та проводять утилізацію; деструктивне - відбувається видалення забруднюючих речовин разом з адсорбентом.

Ступінь адсорбційного очищення дорівнює 80-95 %, при цьому процес адсорбції повністю залежить від хімічної будови та природи сорбенту, величини адсорбційної поверхні, доступності, стану у рідкій фазі.

Перехід молекул речовин, які є розчинними, на тверду поверхню адсорбенту з розчину описує процес адсорбції розчинених речовин. Міжмолекулярна взаємодія молекул розчиненої речовини з молекулами адсорбенту відбувається на поверхні..

За природою сорбенти можуть бути: штучні або природні пористі матеріали (наприклад, активоване вугілля різних марок, силікагелі, шлак, зола, тощо. Найбільш універсальними сорбентами є активне вугілля, яке часто використовується й для очищення стічних вод, забруднених нафтопродуктами.

Сорбенти, що використовуються для адсорбції забруднень з стічних вод повинні:

- мати відносно крупні пори задля можливості вловлювати великі частинки органічних сполук;
- мати здатність до регенерації;
- не піддаватися стиранню;
- не бути каталізаторами у хімічних реакціях;
- бути легкозмочуваними водою;
- бути економічно вигідними.

Для адсорбції в рідких середовищах використовують гранульовані та порошкоподібні сорбенти такі як КАД-мелений, активоване вугілля марки БАУ, КАД-йодатний АГ-2 АР-3, СКТ та ін. Швидкість перебігу процесу адсорбції залежить від структури розчинених речовин, температури, концентрацій, властивостей і видів адсорбенту [54].

Застосування адсорбційного методу має наступні переваги:

- 1) низька собівартість будівництва очисних споруд;
- 2) висока ступінь очищення від забруднюючих речовин, які слабо концентровані;
- 3) адсорбційна установка займає невелику площу;
- 4) присутня утилізація та регенерація активованого вугілля;
- 5) видалення запаху та знебарвлення води;
- 6) здатність до адсорбування компонентів сумішей.

До властивостей активованого вугілля належить термічна й хімічна стійкість, пориста структура (становить 60-65%), механічна міцність. Питома поверхня активованого вугілля становить 400-900 м²/л.

Використання активованого вугілля для адсорбційного очищення стічних вод, що містять нафтопродукти, бензоли, феноли, нітробензоли, органічні кислоти, розчинні органічні барвники та ін.

Якщо стічні води містять нижчі одноатомні спирти або неорганічні сполуки, то такі води не підлягають адсорбційному очищенню[55].

Адсорбційні методи в основному використовують для доочищення стічних вод після біохімічного очищення або для глибокого очищення, а також в місцевих установках, за умови якщо речовини токсичні або їх концентрація невелика. Верхня та нижні межі для застосування сорбційних методів становлять 1000 та 5 мг/л відповідно.

Використання місцевих установок можливе тільки тоді, коли речовина, маючи невелику питому втрату адсорбенту, буде добре адсорбуватися, при чому концентрація речовини буде близькою до верхньої межі. Системи асорбційного доочищення стічної води не повинні перевищувати концентрацію забруднюючої речовини (не більше 100 мг/л), допустиму лінійну швидкість та мати зависокі значення коефіцієнту розподілу сорбату в сорбенті та розчині [56].

Адсорбційне очищення стічних вод, забруднених нафтопродуктами, відбувається за інтенсивного перемішування сорбенту з водою на установках періодичної або безперервної дії.

Адсорбційне очищення стічних вод складається з трьох основних стадій: подача стічної води до поверхні адсорбенту, власне адсорбція, перенесення забруднюючих речовин всередину адсорбенту [57].

Підприємства, які базуються на нанесенні гальванічного покриття, використовують адсорбційні методи очищення стічних вод через присутність у них нафтопродуктів і гідроксидів металів d-підрівня.

Для очищення стічних вод методом адсорбції користуються різними технологічними установками, в яких використовують сорбенти різних структур. Наприклад, підприємства залізничного транспорту використовують як сорбент бентоніт для очищення стічних вод підприємств транспортної галузі, адже цей сорбент має високу сорбційну здатність відносно нафтопродуктів та синтетичних ПАР. Бентонітова глина дає змогу адсорбувати компоненти багатоконпонентних сумішей, при цьому здійснює очищення стічних вод відповідно до встановленої ГДК, що дозволяє знову використовувати воду у технічних циклах виробництва.

Сьогодні існує необхідність пошуку нових адсорбентів, які мають бути ефективними, дешевими, через посилення вимог щодо очищення стічних вод підприємств нафтопереробної промисловості, адже більша частина об'єму стічних вод скидається у природні водойми [58].

Можна зробити висновок, що адсорбція серед інших існуючих технологій є простим, економічно вигідним й екологічно чистим методом очищення стічних вод, забруднених нафтопродуктами [59].

2.2.4. Визначення ступеня очищення стічної води за допомогою фотоелектроколориметра марки КФК-2

Фотоелектроколориметр марки КФК-2 – оптичний прилад, що призначений для вимірювання концентрації речовин у розчинах. Принцип дії фотоелектроколориметра полягає у можливості фарбованих розчинів поглинати світло, чим більше світла буде поглинатися, тим більшою буде концентрація речовини, що забарвлює розчин. Вимірювання буде проводитися за допомогою поліхроматичного вузько спектрального світла, на відміну від спектрофотометра, де використовуються монохроматичні промені.

Визначення різних концентрації компонентів одного і того ж розчину досягається шляхом використання різноманітних світлофільтрів, які мають спектральні широкі діапазони. Перевагами фотоелектроколориметрів над спектрофотометрами є простота, дешевизна, точність [60].

У даній роботі використовували прилад фотоелектроколориметр марки КФК-2 (рис. 2.3).

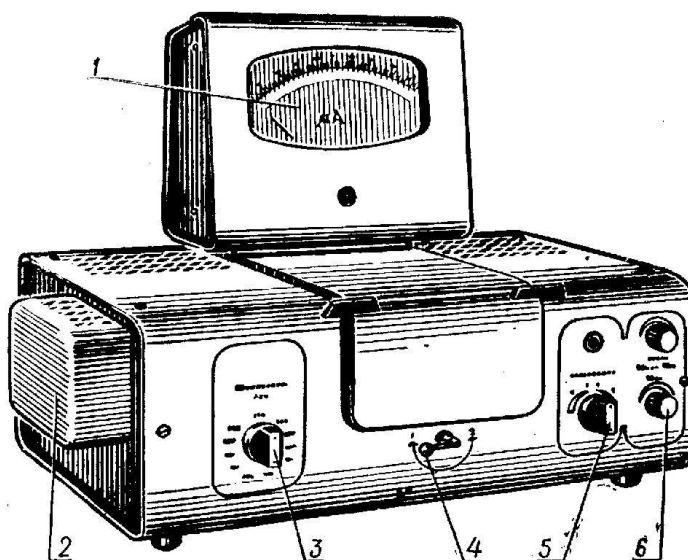


Рис. 2.3. Загальний вигляд і принципова схема фотоелектроколориметра КФК-2:
1- мікроамперметр; 2 – джерело світла; 3 – ручка для підбору світлофільтру; 4 – ручка для перемикання кювет у світловому промені; 5 – ручка для регулювання чутливості
6 – ручка для регулювання точності («грубо» і «точно»).

Цей прилад дає змогу вимірювати оптичну густину D як стічної так і очищеної води. Вимірювання величини D відбувається в діапазоні хвиль 315-980 нм, підбирається світлофільтр, через який проходить світло з певною довжиною хвилі. Виміряні значення D за допомогою приладу КФК-2, дозволяють розрахувати ступінь очищення стічної води, забрудненої нафтопродуктами за формулою:

$$\alpha = \frac{D_{\text{вих.}} - D}{D_{\text{вих.}}}$$

де $D_{\text{вих.}}$ – оптична густина вихідної стійкої стічної води, забрудненої нафтопродуктами; D – оптична густина відстояної або флотованої стічної води у часі [61].

2.3. Висновки до розділу

Проаналізовано та підібрано об'єкти і методи дослідження процесу очищення стічних вод з подальшим використанням їх даних роботі. Одержані експериментальні дані та результати очищення стічних вод, забруднених нафтопродуктами, будуть наведені у наступному розділі.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ОЧИСНИХ СПОРУД НАФТОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Для ефективного очищення стічних вод важливою є технологічна схема, де в відповідній послідовності розташовуються методи очищення. Для розробки технологічних схем необхідні попередні лабораторні дослідження з очищення стічних вод конкретними методами, щоб оцінити доцільність використання кожного методу.

Такі дослідження проводилися й нижче описуються.

3.1. Відстоювання та флотація як методи очищення стійких стічних вод

Лабораторні дослідження проводилися на модельних стічних водах двох типів – з використанням стабілізатора та без нього. До складу модельних стічних вод входили такі забруднювачі: дисперсні частинки (глинисті, карбонатні), нафтопродукти у вигляді крапель. До однієї з модельних систем стічної води додавався стабілізатор – поверхнево-активна речовина, що в дійсності часто зустрічається в стічних водах нафтопереробної промисловості, особливо в стоках з автозаправних станцій з мийками для машин.

Фактично, готували розведену водно-паливну емульсію I роду (ДП у воді) у співвідношенні 1:600, а потім додавали дисперсні глинисті та вапнякові частинки в сумі 0,1 г на 300 см³ водно-паливної емульсії. Аніонну ПАР – натрію додецилсульфат, як стабілізатор, додавало до однієї з модельних систем у вигляді водного розчину.

Досліджували ефективність очищення емульгованих стічних вод, забруднених нафтопродуктами, шляхом відстоювання й флотації.

Одержані результати очищення стічної води шляхом відстоювання в часі за температури навколишнього середовища, тобто, лабораторії наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1.

Експериментальні дані та результати обчислень процесу очищення стічної води.

$$D_{\text{вих.}} = 1,4 \text{ за } t_{\text{н.с.}} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

№ п/п	Час відстоювання τ , год.	Оптична густина D_i	Ступінь очищення α , %
1	0,5	1,20	14,29
2	1,0	1,00	28,57
3	1,5	0,89	36,71
4	2,0	0,81	41,86
5	2,5	0,77	45,29
6	3,5	0,70	50,00
7	5,0	0,65	53,57

За отриманими даними табл. 3.1 видно збільшення ступеню очищення α відповідно зі збільшенням часу.

Після проведення експерименту постало питання чи зміниться ступінь очищення, якщо підвищити температуру навколишнього середовища. У табл. 3.2 наведено з очищення стічних вод шляхом відстоювання за підвищеної температури 30 °С (використовували термостат).

Таблиця 3.2.

Експериментальні дані та результати обчислень процесу очищення стічної води,

$$\text{при } D_{\text{вих.}} = 1,5 \text{ за } t_{\text{н.с.}} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

№ п/п	Час відстоювання τ , год.	Оптична густина D_i	Ступінь очищення α , %
1	0,5	1,50	0
2	1,0	1,40	6,67
3	1,5	1,26	16,07
4	2,0	1,18	21,50
5	2,5	1,11	26,10
6	3,0	1,06	29,50
7	4,0	0,99	33,94
8	5,5	0,92	39,00

За отриманими результатами табл. 3.2 видно, що за підвищення температури ступінь очищення α зменшується, максимальне значення – 39 % очищення відбувається за 5,5 годин. Порівнюючи з результатами очищення стічної води за 18 °С є дуже малим.

Будуємо графіки залежностей ступеня очищення емульгованої стічної води у часі за різної температури у лабораторії (рис. 3.1).

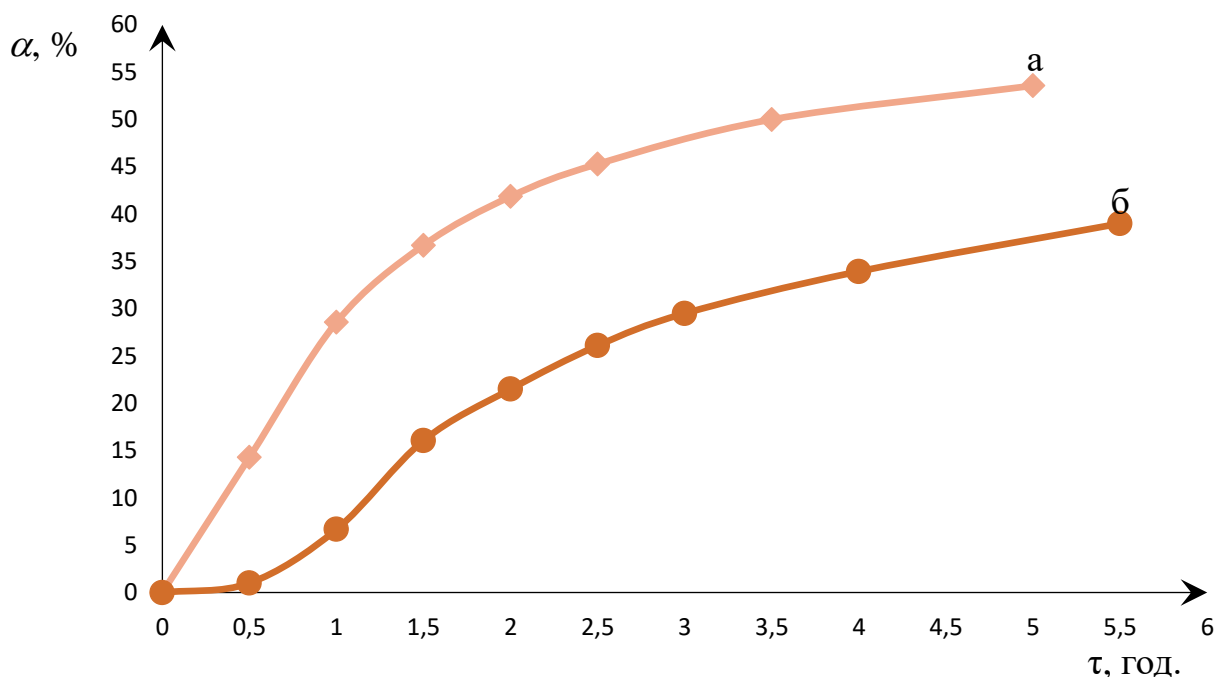


Рис. 3.1. Ступінь очищення стічної води, забрудненої нафтопродуктами, у часі:
а) за $t_{н.с.} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$; б) за $t_{н.с.} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$

Спостерігаючи за зростанням ступеня очищення (рис. 3.1), можна зробити висновок, що зі зростанням часу відстоювання стічна вода краще очищається за температури 18 °С (рис. 3.1, крива а), ніж за температури 30 °С (рис. 3.1, б). Оптимальним часом відстоювання вибрано 3 години. Максимального значення ступеня очищення стічної води 53,57 % за температури 18 °С досягнуто за 5 годин відстоювання. Що й підтверджується літературними даними з ефективності методу відстоювання стічних вод [10].

Для підвищення ступеня очищення стічної води шляхом відстоювання часто додають коагулянт, воду ефективність процесу зростає. Як коагулянт використовували сульфат алюмінію, попередньо приготовленого у вигляді

водного розчину. Додаваючи різну кількість коагулянту, підбирали його оптимальну концентрацію для одержання найвищого ступеня очищення стічної води в процесі її відстоювання протягом 3 годин. Одержані результати наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3.

Експериментальні дані та результати обчислень процесу очищення стічної води з додаванні коагулянту різної концентрації, де $D_{\text{вих.}} = 1,5$ за $t_{\text{н.с.}} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$

№ п/п	Концентрація $C [\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3] \cdot 10^{-3}$, г/дм ³	Об'єм коагулянту V, мл	Оптична густина D	Ступінь очищення α , %
1	10	0	1,20	20,0
2	30	0,12	0,98	35,0
3	60	0,24	0,82	45,5
4	90	0,36	0,83	45,0
5	120	0,48	0,81	46,0
6	180	0,72	0,81	46,0
7	240	0,96	0,75	50,0
8	300	1,20	0,75	50,0

За одержаними даними будуюмо графік залежності ступеня очищення α стічної води від концентрації коагулянту сульфату алюмінію (див. рис.3.2).

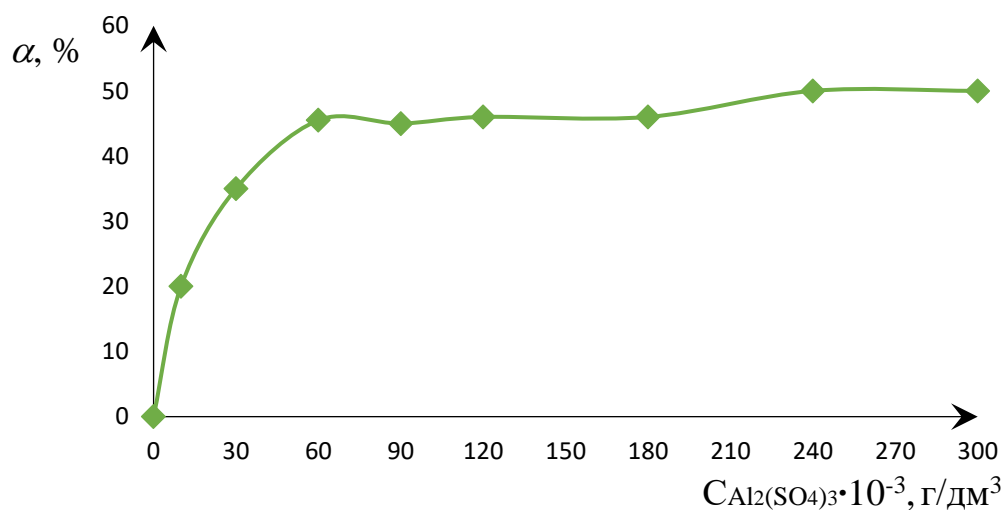


Рис. 3.2. Залежність ступеня очищення емульгованої стічної води від концентрації коагулянту $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Як показують результати, очищення стічної води відбувається значно краще уже за незначної кількості коагулянту. Для очищення стічної води протягом 3 годин відстоювання достатньо використовувати $60 \cdot 10^{-3}$ г/дм³ коагулянту. Якщо порівняти ступінь очищення стічної води, одержаний шляхом відстоювання в присутності коагулянту й без нього, то ступінь освітлення майже однаковий, що підтверджує той факт, що сам процес відстоювання для емульгованих стічних вод не є достатньо ефективним, а може використовуватися лише на першій стадії очищення для видалення завислих дисперсних забруднень.

Наступним методом очищення емульгованих стічних вод, що містять нафтопродукти використовували флотацію.

Флотування стічної води відбувалося протягом 10 хвилин, після якого проводили вимірювання оптичної густини, використовуючи прилад фотоелектроколориметр марки КФК-2, та визначення ступеня очищення. Як флотореагент використовували аніонну ПАР – додецилсульфат натрію в різних концентраціях. Додавали коагулянт $Al_2(SO_4)_3$ з постійною концентрацією 60 г/дм³. Результати досліджень наведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4.

Експериментальні дані та результати обчислень процесу очищення стічних вод, забруднених нафтопродуктами, методом флотації при додаванні коагулянту та ПАР різної концентрації, де $D_{вих.} = 1,5$ за $t_{н.с.} = 19$ °С

№ п/п	$C_{коаг.} \cdot 10^3$, г/дм ³	$V_{коаг.}$, мл	$C_{ПАР} \cdot 10^3$, г/дм ³	$V_{ПАР}$, мл	Оптична густина D	Ступінь очищення α , %
1	0	0	0	0	0,7	53,34
2	60	0,24	0	0	0,18	88,0
3			2	0,1	0,36	76,0
4			4	0,2	0,44	70,66
5			6	0,3	0,43	71,33
6			8	0,4	0,34	77,34

Продовження таблиці 3.4.

7	60	0,24	10	0,5	0,29	80,67
8			12	0,6	0,28	81,34

За одержаними значеннями ступеня очищення стічної води будуюмо його залежність від концентрації ПАР (рис. 3.3).

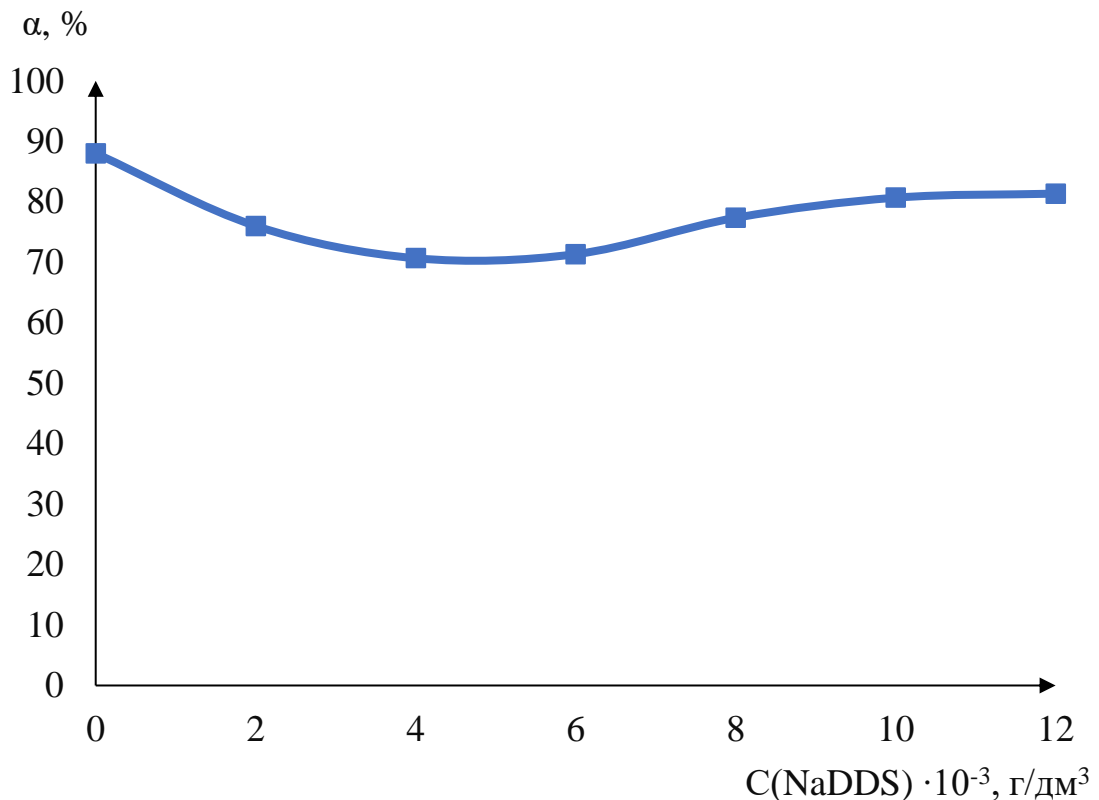


Рис. 3.3. Залежність ступеня очищення стічної води, забрудненої нафтопродуктами, від концентрації поверхнево-активної речовини (NaDDS) за постійної концентрації коагулянту.

Порівнюючи результати флотаційного очищення стічної води з її відстоюванням, слід зауважити, що флотація дає можливість очистити стічну воду практично на 90 % навіть без ПАР, а тільки з незначною кількістю коагулянту – $60 \cdot 10^{-3}$ г/дм³ сульфату алюмінію. Щодо кількості ПАР, то в цьому дослідженні використовували дуже малі концентрації натрій додецилсульфату й при цьому отримали ступінь очищення стічної води в межах 80-90% за концентрації $8-9 \cdot 10^{-3}$ г/дм³ натрій додецилсульфату.

Отже, слід зауважити, що метод флотації є досить ефективним для видалення емульгованих забруднень, наприклад, у вигляді нафтопродуктів. Тому доцільно в технологічній схемі очищення емульгованих стічних вод, що містять нафтопродукти, використовувати флотацію після відстоювання.

Часто у стічній воді після видалення дисперсних та емульгованих забруднень залишаються ще розчинні забруднення, наприклад, високомолекулярні сполуки чи неорганічні солі. В такому випадку необхідно використовувати ще як мінімум один метод очищення – це адсорбцію з використанням ефективних сорбентів, наприклад, вугільних.

3.2. Принципові схеми очищення стійких стічних вод підприємств нафтопереробної промисловості

Користуючись літературними науковими дослідженнями і проведеними лабораторними дослідженнями, можна запропонувати деякі типи принципів схем очищення емульгованих стійких стічних вод підприємств нафтопереробної промисловості.

Перша схема об'єднала у себе два методи очищення стічних вод: відстоювання і флотацію. Така технологічна схема характерна для емульгованих стічних вод, що не містить стабілізатора, а із забруднень – лише дисперсні та паливні. Якщо в результаті очищення емульгової стічної води одержуємо очищену воду з параметрами технічної води, яку можна використовувати для технічних цілей виробництва (промивання обладнання, території, де знаходяться резервуари з паливом, тощо), така коротка технологічна схема може використовуватися на очисних спорудах відповідних виробництв.

Для скидання очищеної води у природну водойму бажано підвищити ступінь очищення, особливо видаляючи розчинні забруднення, та аналізуючи очищену воду відповідно до нормативних вимог на скидання такої води у природну водойму. На рис. 3.4 наведені принципові схеми очищення стічної

води, забрудненої нафтопродуктами, для одержання технічної (схема а) води та води, яку можна скидати у природну водойму (схема б).

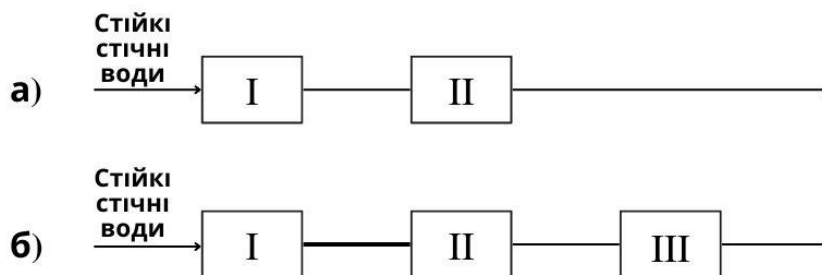


Рис. 3.4. Принципова схема очищення стічної води, забрудненої нафтопродуктами. Схема а) – для очищення від дисперсних та емульгованих забруднень. Схема б) – від дисперсних, емульгованих та розчинних забруднень. I – етап відстоювання; II – флотація; III – адсорбція

Такі ж схеми: коротку й довгу, можна використовувати і для очищення стічних вод без і з вмістом стабілізатора.

Коротку схему можна використовувати на очисних спорудах для очищення стічних вод, що не містять стабілізатора й метою такого очищення є одержання технічної води. В іншому випадку доцільно використовувати довгу схему, яка може задовольнити одержання стічної води достатньо високого рівня очищення. Буде досягнуто видалення розчинних забруднень з стічної води, а очищена вода відповідатиме нормативним вимогам, що пред'являються до води, яку можна скидати у природну водойму.

Кожне окреме підприємство на виході технологічних процесів може утворювати різний об'єм стічної води. Якщо підприємство надає великий об'єм забрудненої стічної води, то частина його очищається саме за короткою схемою і потім знову використовується для певних виробничих процесів. Більшу частину забрудненої води пускають на, так звану, довгу технологічну схему. Під час скидання у природну водойму води необхідно орієнтуватися на показники ГДК речовин, що містяться в очищеній воді.

Застосування схеми без стабілізатора не дозволяє очистити стічну воду до встановлених норм щодо її скидання, то цю схему треба закінчити етапом адсорбційного доочищення.. Після флотації у рідині залишаються розчинені

речовини, переважно поверхнево-активні, які можуть задовольняти вимогам підприємства щодо повторного використання води. Очищену воду, що містить ПАВ, можна використовувати, наприклад, для комплексу АЗС з автомобільною мийкою. Щоб видалити зі стічної води стійкі речовини, необхідно використати додатковий метод очищення, в якості якого можна взяти адсорбцію. В якості сорбента слід використовувати активоване вугілля марки БАУ-А та інші. Відповідно до ГОСТ 6217-74, БАУ-А – активоване подрібнене деревне вугілля, яке виготовлене під час взаємодії деревини берези (сировина) з водяною парою, після якої наступним етапом є дроблення. Температура процесу в межах 800-950 °С. Даний адсорбент є універсальним варіантом, адже він має сильно розвинену пористість, широкі пори, а також дає можливість очистити рідку фазу від великого спектру домішок.

Пропонується для використання пневматична або напірна флотація. На установці пневматичного типу відбувається процес диспергування повітря через різні пористі матеріали, від яких залежить розмір бульбашок газу, що пропускається. Суттєвими відмінностями пневматичної установки від інших є можливість подавання будь-якої кількості газу та економічність використання. Проте є і недолік – це недостатня ступінь диспергування газу, результатом чого є коалесценція бульбашок, тобто, призводить до зменшення ефективності розділення, нарощування витрачених реагентів. Ступінь очищення стійкої стічної води пневматичною флотацією варіюється в межах 75-78 %.

Для використання напірної флотації слід враховувати те, що насичення рідини повітрям відбувається під тиском. Перевагою цього типу флотації є те, що вона дає більший ступінь освітлення порівняно з пневматичною. Спостерігається явище аерації рідин під час очищення стічних вод від домішок, тобто, відбувається насичення цих рідин повітрям, рівномірний розподіл бульбашок по всьому об'єму флотаційної установки і, відповідно, перемішування. Утворення дуже маленьких бульбашок повітря стимулюють винесення всіх забруднень на поверхню рідини й забруднення видаляються

приблизно на 98%. Установки напірної флотації потребують забезпечення герметичності апаратів, більш кваліфікованого обслуговування. Ще недоліками процесу можуть бути нестабільність роботи флотаторів через різні причини та викиди у атмосферу шкідливих (летких) речовин.

Для ефективної роботи очисних споруд необхідно підібрати сучасне обладнання. Для цього слід зауважити, що на етапі відстоювання можна запропонувати горизонтальний тонкошаровий відстійник, на етапі флотації - пневматичну або напірну флотаційну установку, для адсорбції – використання активованого вугілля марки БАУ-А. Конструкції запропонованого обладнання наводимо у наступному параграфі.

3.3. Рекомендації щодо обладнання, яке доцільно використовувати на очисних спорудах підприємств нафтопереробної промисловості

Підбираємо обладнання для першого етапу. Для процесу відстоювання ми пропонуємо використовувати тонкошаровий відстійник, який є досить ефективним серед інших. Розглянемо будову тонкошарового відстійника на рис. 3.5.

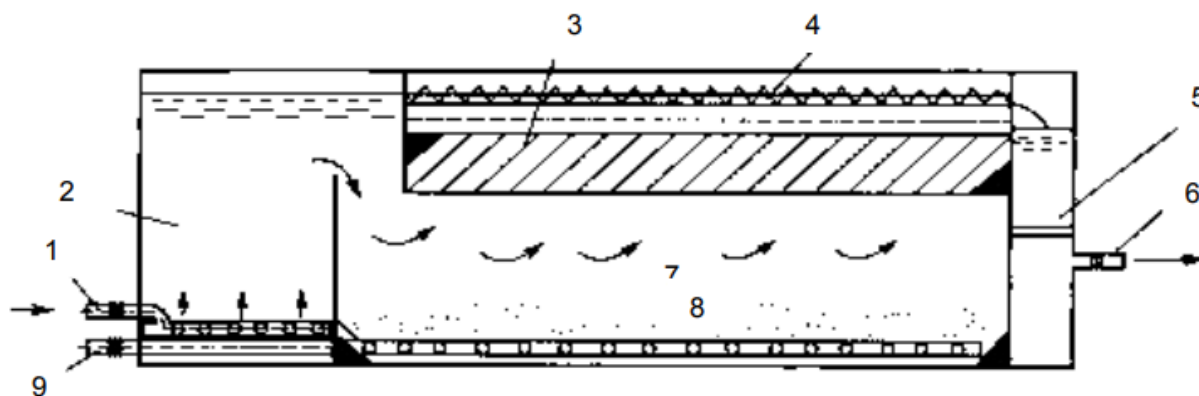


Рис. 3.5. Горизонтальний тонкошаровий відстійник: 1 – подача забрудненої стічної (вихідної) води; 2 – камера для утворення плівків; 3 – тонкошарові елементи; 4 – збірник жолоба; 5 – карман для збирання освітленої води; 6 – відвід очищеної води; 7 – зона розподілу води; 8 – зона накопичення осаду; 9 – видалення осаду

Тонкошаровий відстійник умовно поділяється на три зони:

- 1) розподілення води;
- 2) відстійна зона;
- 3) водозбірна зона.

Метою використання тонкошарового відстійника є покращення показника ступеня освітлення стічної води. Забруднена стійка стічна вода прямує до камери розподілення, звідки рухається під тонкошаровими елементами 3 за напрямком знизу вгору і подається у зону збору води 7. Осад, що накопичився під час проведення процесу відстоювання, періодично скидають через систему видалення. Результатом використання тонкошарового відстійника є збирання дисперсних забруднень.

На другий етапі очищення пропонуємо пневматичну флотаційну установку, конструкція якої наведена на рис. 3.6. Пневматична флотація характеризується утворенням бульбашок повітря шляхом диспергування стисненого повітря через пористі чи перфоровані елементи установки.

Пневматична флотаційна установка – це резервуар (колона), висота якого сягає 3-5 м, де забруднена стічна вода подається через його верхню частину, а при цьому у нижній частині установки завдяки компресора відбувається диспергування повітря на бульбашки різного діаметру (1-10 мм). Рекомендоване перебування стічної води в установці складає 20-30 хвилин.

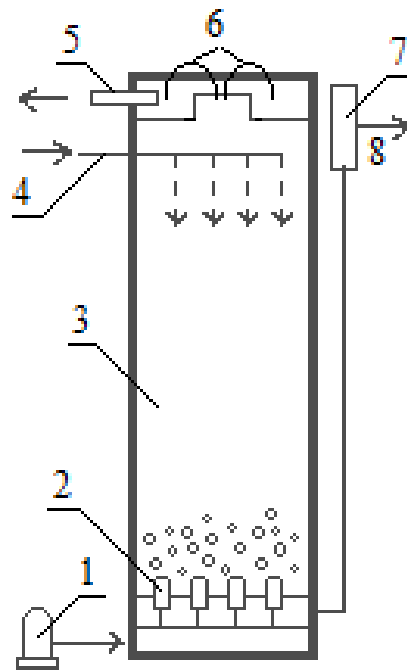


Рис. 3.6. Пневматична флотаційна установка: 1 – компресор; 2 – пористі керамічні ковпачки (аератори); 3 – флотаційна камера; 4 – подача стічної води; 5 – відведення маси, що спливає на поверхню; 6 – жолоба для збору відведеної маси; 7 – регулятор рівня води; 8 – випуск очищеної води

Третя стадія – адсорбція, для якої ми використовуємо адсорбер з рухомим шаром адсорбенту, зображений на рис. 3.7. Такий тип адсорбера використовують для глибокого доочищення стічних вод, наприклад, для подальшого скидання їх у водні басейни. По трубопроводам 8 стічна вода рахується в нижню частину адсорбера, при цьому проходячи через шар адсорбенту. Рекомендовано як адсорбент використовувати активоване вугілля марки БАУ-А. Пройшовши через шар адсорбенту, далі вода потрапляє у колектор очищеної води 2, після чого виводиться через дренаж 9. Негативною рисою використання адсорбера з рухливим шаром є рівномірна загрузка та, відповідно, вигруження адсорбенту. Проте для вирішення цього питання слід користуватися дном конічної форми, що дозволяє вільно рухатися вниз зернистому матеріалу для подальшого вигруження.

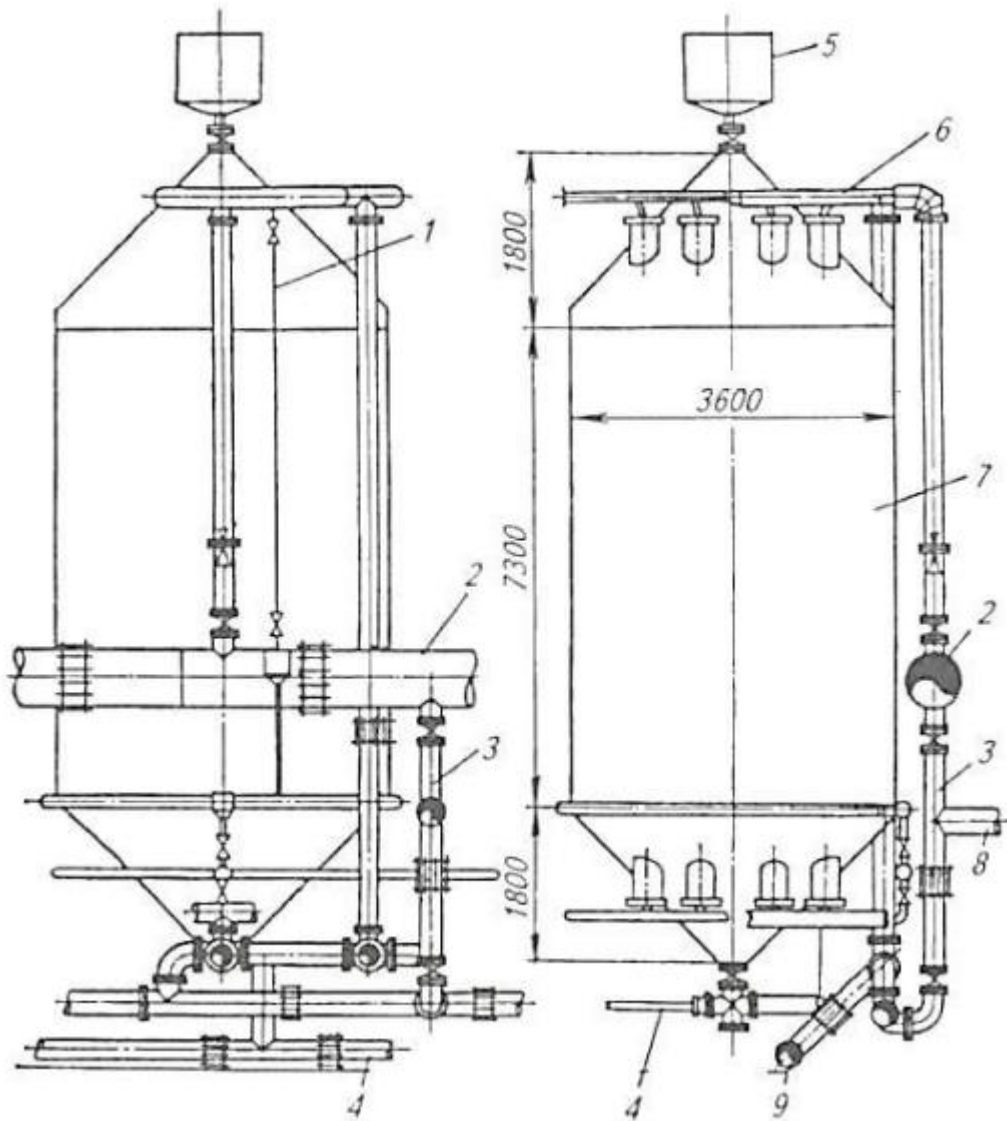


Рис. 3.7. Загальний вигляд адсорбера з рухомим шаром адсорбенту:
 1 – відбір проб; 2 – колектор очищення води; 3 – байпас; 4 – трубопровід з відведенням адсорбенту; 5 – резервуар для зберігання активованого вугілля; 6 – трубопровід очищеної води; 7 – адсорбер; 8 – трубопровід подачі стічної води; 9 – трубопровідний дренаж

Застосування адсорбера з рухливим шаром досить поширене, адже ефективність освітлення або очищення води досить велика.

3.4. Узагальнення результатів та рекомендацій щодо їх використання

Виходячи із проведеної роботи можна зауважити, що для очищення стічних вод підприємств нафтопереробної промисловості є важливим тип

стічних вод, природа забруднень, їх концентрації, розмір дисперсних частинок і стійкість самих стічних вод, а також наявність або навпаки відсутність стабілізатора. Виходячи з цього можна пропонувати певний тип технологічної схеми для очищення тої чи іншої стічної води. Наприклад, якщо НПЗ, як продукцію, одержує палива, то тип стічних вод практично підтримується постійним. Якщо змінився тип продукції, то змінився і тип стічної води. Тому існує необхідність корегування та контролю виробництва.

В залежності від складу стічних вод подальше очищення залежить від отриманого об'єму цієї води. Тоді частину можна повторно використовувати на підприємстві як технічну воду, а іншу – доочистити відповідно до показників нормативних вимог для скидання очищеної води у природну водойму. Тому існує необхідність створення комбінацій методів очищення нафтовмісних стічних вод.

3.5. Висновки до розділу

На основі отриманих результатів досліджень процесу очищення стічних вод підприємств нафтопереробної промисловості виявлено, що існує необхідність у створенні технологічних схем для очищення стічної води з одержанням очищеної води як технічного складу для повторного її використання в оборотному процесі, так і для скидання у природні водойми..

За результатами цієї роботи пропонується коротка технологічна схема очищення стічної води без стабілізатора, й довга – для очищення стічних вод підприємств, стабілізованих поверхнево-активними речовинами. Ці схеми можна застосовувати на очисних спорудах будь-якого нафтопереробного підприємства.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1. Екологічний вплив забруднених стічних вод нафтопереробних підприємств на довкілля

Проблеми пов'язані з екологічною ситуацією особливо проявляються в нафтопереробній галузі, адже викиди шкідливих речовин і велика енергонасиченість підприємств створюють як техногенне навантаження, так і суспільно-політичне навантаження в суспільстві - саме тому це має глобальний соціальний характер. Внаслідок постійного росту інтенсивності технологій вміст небезпечних речовин, а також ріст температури і тиску, досягають критичних величин.

До складу нафтопродуктів входять суміш рідких, твердих та газоподібних вуглеводнів, а також парафін, нафтові оливи, церезин, бітум, вазелін, консистентні мастила, нафтові кислоти - це все відноситься до речовин, які негативно можуть впливати на навколишнє середовище. Велика кількість продукції нафтопереробних заводів, що мають передову технологію та забезпечують комплексну переробку сировини, можуть бути не тільки вибухонебезпечними та пожежонебезпечним, але й токсичними [62].

За вмістом забруднення у водних басейнах поділяються на [63]:

1. Неорганічні, до складу яких входять різноманітні мінеральні домішки – це, у першу чергу, важкі метали, пісок, глина, мінеральні солі, луги, кислоти, сполуки сірки, тощо. Скидання стічних вод деяких хімічних підприємств (наприклад, сірчаноокислотні заводи) негативно впливають на природну воду, тим самим змінюючи її колір, прозорість, запах, смак, рН і т.д.

2. Органічні – це органічні речовини, які можуть бути і отруйними. Характерними для таких стічних вод є підприємства різного типу: в основному, нафтохімічні та нафтопереробні заводи, а також органічного синтезу, коксохімічні, газосланцеві і т.ін. Стоки цих підприємств є

найнебезпечнішими для рослин, тварин і людства, адже містять феноли, нафтеніві кислоти, нафтопродукти, смоли, аміак, сірководень, кетони.

3. Бактеріальні, біологічні, які виникають у результаті скидання промислових вод підприємствами медицини, харчової промисловості, а також різними промисловими заводами, біофабриками.

Кожне підприємство нафтопереробної промисловості характеризується своєю технологією переробки, яка є досить небезпечною для екології. Технологія окремого НПЗ повинна відповідати встановленим екологічним вимогам.

Будь-який діючий нафтопереробний завод викидає у атмосферу такі основні шкідливі речовини: вуглеводневі гази, сірководень, сірчистий газ, оксиди вуглецю та азоту [64]. Гази, що виділяються при певній взаємодії з водою можуть випадати на поверхню землі у вигляді кислотних дощів. Також негативним фактором є те, що викиди нафтопродуктів можуть викликати у людей та тварин паталогії дихальної системи, до яких належить : астма, асфісія, бронхіт та багато іншого [65].

Причиною викидів забруднюючих речовин є технологічні об'єкти, якими можуть бути резервуари для зберігання нафти та її продуктів, очисні споруди, технологічні установки тощо. Застаріле обладнання, негерметичність можуть призвести до утруднення технологічних процесів і різноманітних аварій.

Промислові води – це основне джерело забруднення водного басейну, адже вода при процесі переробки чи зберігання нафти мимовільно забруднюється вуглеводнями, важкими частинками металів і іншими компонентами. Результатом забруднення є зменшення вмісту кисню, через що спостерігається негативний вплив на життєдіяльність водних організмів [64].

В результаті обробки нафти та нафтопродуктів відбувається і забруднення гідросфери. Адже речовини стічних вод викликають велику кількість мутагенних, тератогенних та канцерогенних ефектів, що має пагубний вплив та може призвести до загибелі гідробіонтів. Внаслідок

забруднення водойми з'являється характерний запах та смак води, також зменшується вміст кисню та в'язкість води.

Нафта та нафтопродукти, що знаходяться у воді можуть призвести до :

- утворення емульсії;
- седиментації;
- утворенню нафтових агрегатів;
- асиміляції організмів водного середовища;
- окисленню;
- випаровуванню;
- розчиненню.

Трансформація нафтопродуктів залежить від:

- способу їх потрапляння до водойми;
- забрудненості стічних вод;
- відстані різних пунктів для скидання стічних вод;
- особливостей гідрохімічного режиму.

При трансформації нафтопродуктів спостерігається зміна смаку, забарвлення, запаху, в'язкості, поверхневого натягу, вмісту кисню, поява шкідливих речовин – ці всі параметри підвищують токсичність і негативно діють на будь-який живий організм.

Температура, склад, кислотність і солоність впливають на еволюцію забруднення води. Нафтопродукти на поверхні водоймищ розтікаються і утворюють плівку. Таку плівку називають «плямою», з якої з часом випаровуються легкі фракції та розчиняються низькомолекулярні компоненти. Внаслідок розливу 1 т нафти цією плівкою покриється 12 км² води, що знижує вміст кисню у водоймі, а також порушує газообмін між повітрям та водою, завдає особливої шкоди водоймам. Осідаючи на дно, згустки мазуту перешкоджають самоочищенню води, вбиваючи донні мікроорганізми. Гниття донних осадів, які забруднені органічними сполуками, здатні виділяти сполуки, що можуть отруїти воду як в річці, так і в озері. До цих сполук належить зокрема і сірководень [66].

Результатом видалення летких фракцій та низькомолекулярних речовин є утворення емульсій двох типів з залишкової фракції. Перший тип емульсії «нафта у воді» називається прямою, або I роду, їх утворення відбувається за умови доповнення до нафтопродуктів стічної води з поверхнево-активними речовинами, а другий тип «вода у нафті» - зворотньою, або II роду. Емульсії II роду стабілізуються високомолекулярними сполуками та під дією абіотичних процесів спостерігається злипання в стійкі агрегати різних розмірів (0,1-10,0 см) [67].

Взагалі, нафта та нафтопродукти мають як позитивний вплив на водні екосистеми, так і негативний. Позитивною стороною все ж таки є утворення донних угруповань складної структури, формування яких призводить до великої різноманітності і підвищенню продуктивності завдяки органіці, що легко засвоюється. Щодо негативу, то більш токсичні компоненти нафтопродуктів сприяють утворенню груп вже з меншою різноманітністю, більш спрощеною структурою, малою продуктивністю [68].

Існує п'ять основних категорій дії нафти та її похідних на живі організми [69]:

1. Безпосередня інтоксикація, яка може призвести до смертоносних наслідків.
2. Порушення фізіологічної рухливості організму.
3. Пряме обволікання нафтою чи нафтопродуктом живого організму.
4. Хворобливі зміни через попадання вуглеводнів в організм.
5. Біологічні зміни, що пов'язані з середовищем проживання живого організму.

Нафта та нафтопродукти становлять небезпеку та є техногенними забруднювачами – це обумовлено здатністю вуглеводнів створювати певні токсичні сполуки при проникненні їх як в поверхневі та підземні води, так і в ґрунти .

При забрудненні ґрунтів нафтою та її похідними може бути порушена рівновага в системі ґрунтів, що може призвести до погіршення як

морфологічних, так і фізико-хімічних характеристик поверхонь ґрунтів, а також спостерігається погіршення водно-фізичних характеристик ґрунтів, погіршення якості співвідношення між деякими окремими фракціями органічних речовин – це може призвести до погіршення родючості поверхні або зміни водного, повітряного та поживного режимів. Наслідком такої взаємодії є загальмування росту, розвитку, живлення рослин, також може призвести до загибелі рослини [70].

При збільшенні концентрації нафти та нафтопродуктів на поверхні ґрунту, а також під час розкладання певних летких фракцій виділяється велика кількість вуглеводнів, які погано розкладаються. До цих компонентів, що забруднюють ґрунт належать: тверді парафіни, смоли, циклічні й ароматичні вуглеводні, асфальтени – це все може призвести до закупорення ґрунтових профілів [66].

Забруднення ґрунтів нафтопродуктами відбувається через їх розливи на НПЗ, стічні води і викиди підприємств нафтопереробної промисловості (нафтоперегонні та нафтохімічні заводи), скидання відходів хімічних підприємств і т.д.

Нафта та нафтопродукти у ґрунтах можуть знаходитися у різних формах: в пористому середовищі, тріщинах і поверхневому шарі тощо. Так як нафтопродукти є вільними або малорухливими формами, то вони віддають летучі фракції у довкілля (повітря), а залишок – розчинні сполуки – у ґрунтові води. Завершення такого процесу майже неможливий через процес трансформації вуглеводнів. Похідні нафти вагомо впливають на зміну хімічного складу ґрунту, його структури, характеристик [71]

Так як найбільш поширеними речовинами, що входять до складу стічних вод нафтопереробної промисловості, є нафта, нафтопродукти, феноли, важкі метали та поверхнево-активні речовини, то вони мають свої певні характеристики: підвищене хімічне споживання кисню (ХСК), токсичність.

Фенол також є компонентом стічних вод нафтопереробних підприємств, а також на підприємствах термічної обробки палив, коксохімічних,

коксагазових заводах, газогенераторних станціях тощо. Вміст фенолів у стічних водах залежить від вихідної сировини, тому видалення на пряму залежить від їх якості. Через свою невелику кількість у воді, їх витяг на будь-якому окремому заводі нерентабельний.

Фенол у хімічній промисловості також може бути вловленим у стічній воді через використання його як вихідної сировини, наприклад, для виготовлення різноманітної продукції з пластмас [72].

Щодо важких металів, якими можуть бути цинк, мідь, ртуть, свинець, кадмій і т.д., то вони є досить поширеними і токсичними забруднюючими речовинами. Вміст сполук важких металів у стічних водах досить високий, навіть не зважаючи на вже проведені очисні заходи. Потрапляння більшості цих сполук у водойми відбувається через атмосферу [73].

Ртуть, свинець, кадмій, які є найнебезпечнішими, а також цинк, хром, мідь, миш'як та інші важкі метали шляхом накопичення інтоксикують водні організми, продукти харчування, воду.

Поверхнево-активні речовини є також невід'ємною частиною стічних вод. Головне завдання ПАР: зниження поверхневого натягу, полегшення розтікання [74]. ПАР мають негативний вплив на організм людини, накопичення якого стимулює порушення імунітету, ураження внутрішніх органів (мозок, легені, печінка, нирки), викликає алергію. Також такі речовини легко потрапляють у організм через шкіру і накопичуються у тканинах [75].

Як відомо, поверхнево-активні речовини поділяються на іоногенні - аніонні, катіонні, амфотерні, та неіоногенні, які не утворюють у воді іонів [74].

ПАР у першому випадку емульгують нафтопродукти, тобто їх залишки у стічних водах, а у другому – виявляють антимікробну дію, бо за властивостями схожі до миючих засобів. Більше того, ці речовини здатні до утворення піни у досить великих кількостях, яка потім спливає на поверхню і перешкоджає проведенню технологічного процесу [76].

Ще одним забруднювачем стічної води будь-якого НПЗ можуть бути миючі засоби, які використовуються при планових очищеннях резервуарів,

сховищ нафтопродуктів. Синтетичні миючі засоби – надзвичайно стійкі речовини, які здатні роками зберігатися у воді. До складу більшості миючих засобів входять фосфати, які стимулюють бурхливий ріст водоростей, а також «цвітінню» водойми і, відповідно, загибелі водних жителів [77].

4.2. Методи боротьби зі стійкими стічними водами

Забруднення навколишнього середовища є проблемою для всього живого. Джерелом забруднень водних басейнів найчастіше слугують стічні води будь-якого хімічного, нафтопереробного підприємства, які після використання неналежним чином очищені або взагалі неочищені. Через побутові потреби стічні води людина використовує постійно, тому такі води існують різні за складом, походженням, властивостями [63].

Потрапляння нафтопродуктів скиданням стічних вод у природні гарантує утворення на поверхні водного басейну утворення плівок, які ускладнюють постачання кисню, фотосинтез або взагалі призводять до загибелі природних екосистем. У цьому випадку актуальним методом боротьби з нафтовими «плямами» і будь-якого сміття є їх збирання, доочищення вод. Через великі об'єми водоймищ доцільно буде застосовувати певні технологічні схеми та обладнання [78].

Вміст нафтопродуктів у поверхневих водах та стічних повинен відповідати встановленим жорстким вимогам законодавства України. Граничнодопустима концентрація нафтопродуктів у стічних водах повинна бути не більше 10 мг/дм³, а у побутових і питних водах – 0,3-0,5 мг/дм³.

Для забезпечення екологічної безпеки доцільним є використання на підприємствах нафтопереробної промисловості очисних споруд. Начасні методи очищення стійких стічних вод нафтопереробних підприємств (головний компонент – нафтопродукт) поділяються на: механічні, хімічні, фізико-хімічні, біологічні.

Найефективнішим і найпоширенішим методом очищення стічних вод є механічний, до якого відносяться такі очисні споруди: нафтовловлювачі, пісковловлювачі, відстійники, флотаційні установки, фільтри. Мета застосування механічного очищення – це використання відстоювання, проціджування, фільтрування задля видалення нерозчинних грубодисперсних домішок зі стічної води. Частинки, які більш легкі, при відстоюванні залежно від спливаючих речовин спливають у спеціальних спорудах (нафто-, масло-жировловлювачі та інші).

Для хімічного очищення стічних вод характерний процес окиснення, який використовується для знешкодження токсикомісних домішок (сірководень, ціаніди, цинк, мідь тощо) промислових стічних вод. Для видалення токсичних домішків як реагенти використовують такі сполуки: хлор, діоксин хлору, озон, технічний кисень, гіпохлориди натрію та кальцію.

Коагуляція, флотація, сорбція – це фізико-хімічні методи очищення, які використовують для очищення стічних вод саме від нафтопродуктів.

Пройшовши механічне і фізико-хімічне очищення, стічні води все рівно міститимуть багато розчинних і тонкодисперсних похідних нафти, органічних забрудників, однак все одно не повинні потрапляти у водойму без додаткового очищення [79].

Біологічний метод є найуніверсальнішим, бо очищає стічні води від органічних забруднювачів. Цей метод базується на використанні різних органічних речовин мікроорганізмами, які є джерелом їх живлення. У процесі біологічного очищення відбувається перетворення органічних забруднень у продукти окиснення (H_2O , SO_4 , CO_2 , NO_3 і т.д.), які є нешкідливими. Тобто, в очисних спорудах біохімічне руйнування відбувається за участі мікроорганізмів та бактерій, які постійно розвиваються у поданому водному середовищі. Ефективним для проведення біохімічного очищення стічних вод, забруднених нафтопродуктами, є використання аерофільтрів, аеротенків, біоставків. Переваги методу:

— видалення зі стійких стічних вод будь-яких органічних сполук;

- видалення токсичних сполук;
- простота обладнання;
- економічність.

Проте є і негативна сторона використання біологічного методу: дотримання встановлених технологічних режимів; постійний контроль концентрації певних забруднювачів через можливий токсичний вплив на мікроорганізми.

Задля видалення зі стічної води різних видів забруднень (пісок, завислі речовини, тощо) слід використовувати перед власне очисними спорудами додатково відстійників, нафто- та пісковловлювачів у різній комбінації. Наприклад, залежно від типу забруднень можна створити схему типу «пісковловлювач – нафтовловлювач - існуючі очисні споруди», «відстійник - нафтовловлювач - очисні споруди» і таке інше. Варіації комбінацій допомагають осаджувати і видаляти завислі речовини.

Після проведення процедури очищення від піску, завислих речовин, стічна вода надходить у підготовлені резервуари, в яких відбувається вже фізико-біологічне очищення. У резервуарах розміщено плаваючі бони з гідрофільним сорбентом, які здатні вилучати «плями» нафтопродуктів з поверхневого шару води. 1 кг такого сорбенту здатен поглинути 50 кг нафтопродуктів, що свідчить про високу сорбційну ємність [80].

Технологія водопідготовки по зменшенню у стічних водах нафтопереробних підприємств домішок, непридатних для подальшого використання в ряду інших галузей, називається очищенням стічної води від фенолів. Існують такі основні технології очищення стійких стічних вод від фенолів: випарювання, екстракція, сорбція, озонування. Взагалі, проблема очищення стоків від фенолів є досить важливим і складним завданням.

Сучасних методів очищення стічних вод саме від фенолів існує досить багато, наприклад, універсальним є процес адсорбції, який дозволяє видалити

фенол з рідкої фази практично повністю. Видалення фенолу методом адсорбції відбувається під дією силового поля у порах сорбенту [72].

Ефективність сорбційних методів серед інших полягає у отриманні високого ступеня очищення за невеликих затрат. Серед часто застосованих адсорбентів процесу є активоване вугілля, штучні цеоліти, силікати, а також можуть використовувати природні мінерали (наприклад, глауконіт) [81].

Пінна сепарація, хімічне осадження, деструктивна руйнація є методами зниження концентрації ПАР у стічній воді. У випадку потрібного доочищення використовують іонний обмін, сорбцію. Коагуляційно-флокуляційний метод очищення забруднених ПАР стічної води є новітнім і він полягає у екстракції молекулярних і колоїдно-дисперсних забруднень. Процес відбувається за участі високомолекулярного поліелектролітного флокулянта, який має синергетичний ефект. Ця нова технологія має ряд переваг:

1. Ступінь очищення стічної води за такої технології досягається до 96 %.
2. Суттєве скорочення тривалості процесу очищення.
3. Отримання шламу з непоганими структурно-механічними властивостями, які значно спрощують утилізацію.

Найперспективнішим методом є озонування, у результаті якого отримують продукти, які нетоксичні і не впливають на природні процеси у водних басейнах. Для озонування кращим є видалення ПАР низьких концентрацій (близько 4,5 мг/л).

Магнітна обробка – це ще один метод очищення стоків від ПАР, який дозволяють проводити очищення без додавання спеціальних реагентів. Яка ж дія магнітного поля на воду? Воно поліпшує процес флотації зважених речовин, прискорює осідання, структура осаду змінюється. У результаті взаємодії забрудненої води з магнітним полем спостерігається зниження концентрації завислих речовин у 1,5 рази і у 2 рази час осадження [82].

Задля зниження вмісту ПАР у стічних водах нафтопереробних підприємств слід дотримуватися таких правил:

1. Запобігання переповнень дозаторів ПАР шляхом контролю.
2. Нарощення надійності процесу виробництва.
3. Механічне очищення стоків перед скиданням у міську каналізацію, природну водойму за рахунок відфільтровування з використанням сітки [83].

Очищення стічних вод від іонів важких металів традиційно відбувається шляхом перетворення їх у нерозчинні сполуки, які у подальшому видаляють за допомогою ряду методів, здатних до розділення твердої і рідкої фаз: відстоювання, флотація, фільтрація і таке інше. Перетворення іонів металів у тверду фазу можна досягти за додавання лугу, результатом взаємодії яких є утворення гідроксидів, карбонатів, гідроксокарбонатів, сульфідних іонів і т.д. Також можна використовувати введення спеціальних речовин, які утворюють неорганічні комплекси важких металів. Потім комплекси перетворюють у тверду фазу за допомогою катіонних поліелектролітів, які видаляють сепарування [84].

Для очищення стічних вод від нерозчинних речовин (пісок, глина, мул), жирів і смол можна використовувати механічне очищення, використовуючи відстійники, сита, центрифуги, фільтри і багато інших апаратів. На сучасних зарубіжних технологічних установках можна видалити близько 95 % нерозчинних забруднень стічних вод. Після чого застосовують хімічне очищення, для якого характерне додавання спеціальних речовин (реагентів), які утворюють нешкідливі або нерозчинні речовини [77].

Тільки після проведених очисних операцій можна використовувати воду повторно як технічну воду, а можна скидати у природні водойми. Як було зазначено раніше, скидання очищених стічних вод у водні басейни повинні відповідати встановленим вимогам задля збереження довкілля.

4.3. Висновки до розділу

Неочищені стічні води підприємств нафтопереробної промисловості є основними джерела забруднення водних басейнів.

Стічні води нафтопереробних підприємств можуть містити у собі різні типи забруднювачів, які при потраплянні у водойму викликають якісні зміни води. Кожен окремих тип забруднювачів негативно впливає на довкілля. Основними забруднювачами стічних вод нафтопереробної промисловості є нафта, нафтопродукти, феноли, ПАР, важкі метали, пісок, глина.

Нафта та її похідні є найнебезпечніми забруднювачами для атмосфери, ґрунтів, водойм та всього живого. Також нафтові продукти є вибухо-, пожежонебезпечними та токсичними. Серед негативних факторів дії нафтопродуктів на середовище є і позитивні. Було розглянуто п'ять категорій дії нафтопродуктів на живі організми. Проте будь-який забруднювач, наприклад, ПАР, фенол, теж має свої н'юанси та негативно впливає на довкілля.

Очищення стічних вод підприємств нафтопереробної промисловості ефективно при використанні різних методів очищення, а саме механічне, хімічних, біологічних. Кожен метод має свої переваги, недоліки та особливості.

Аналіз сучасного стану забруднення стічних вод нафтопродуктами, фенолами, металами, ПАР показав, що для їх вилучення необхідно використовувати сучасні методи боротьби зі стійкими стічними водами, які мають свої технології або варіанти комбінування методів. За використання певних технологій очищення стоків можна досягти високих ступенів очищення води задля подальшого скидання у природну водойму або для повторного використання, наприклад, як технічної води на автомийках.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

На сучасному етапі розвитку будь-якого виробництва безпека праці набуває важливого значення, адже базується на створенні безпечних умов праці [85].

Система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів називається *охороною праці*, яка полягає у збереженні здоров'я, працездатності та навіть життя людини під час праці [86].

Значний вплив на стан здоров'я людини мають такі поширені фактори: робота зі шкідливими речовинами, недостатнє освітлення робочого приміщення, погана вентиляція, шум, відчутна вібрація, виробничі випромінювання і таке інше. Отже, для роботи в лабораторії необхідною умовою є відповідність до встановлених норм з охорони праці [87].

5.1. Аналіз умов праці

Лабораторія – це спеціально обладнане робоче місце, пристосоване для проведення різноманітних хімічних досліджень того чи іншого процесу. Під час проведення досліджень основним робочим місцем слугувала навчальна лабораторія колоїдної хімії НАУ, розташована на кафедрі хімії і хімічної технології.

5.1.1. Організація робочого місця

Відповідно до вимог навчальна лабораторія має загальну площу у 34 м², розрахована на 14 робочих місць. Такі параметри задовольняють основні вимоги [88, 89]:

- 1) раціональне використання виробничої площі (затверджені норми);

- 2) забезпечення проведення всіх вимірювань, що затверджені у нормативних документах;
- 3) застосування більш ефективних методів вимірювань;
- 4) відповідність умов проведення вимірювань експлуатаційним вимогам.

У хімічній лабораторії наявні сучасні лабораторні меблі, три витяжні шафи, водонепроникні поверхні столів, підведене водопостачання у витяжках і поза них, куточок для спец одягу, куточок пожежної безпеки. У виробничому приміщенні відсутні зайві шуми. Робочі місця та хімічний посуд завжди чисті. Також хімічний посуд зберігається під годинниковим склом або фільтрувальним папером, марлею, щоб запобігти потрапляння забруднень. Лабораторія має і письменні столи, на яких експерименти не проводяться.

5.2. Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників

На виробництві на людину можливий вплив багатьох небезпечних виробничих факторів, які залежно від безпеки технологічного процесу відрізняються кількістю і ступенем небезпеки. Ступінь безпеки певного технологічного процесу впливає безпосередньо на безпеку праці.

Згідно з ГОСТ 12.0.003-74 небезпечні та шкідливі виробничі фактори можна класифікувати як:

- фізичні;
- хімічні;
- біологічні;
- психофізіологічні.

В технологічних процесах різних підприємств можна відмітити вплив таких чинників на працівників [85]:

- машини, транспорт, механізми;
- незахищені елементи виробничого обладнання;

- падіння елементів техніки, інструменти, матеріалів;
- струмені газів, рідин;
- підвищене ковзання деталей;
- загазованість повітря;
- зміна температури, вологості, руху повітря;
- перенапруга електричного ланцюга;
- погане освітлення робочого місця чи зони;
- дія хімічних речовин;
- мікроорганізми патогенного походження і продукти їх діяльності;
- нервово-психічні перевантаження, тощо.

Розглянемо основні шкідливі і небезпечні виробничі фактори, що можуть зустрітися при технологічному процесі очищення стічних вод.

5.2.1. Мікроклімат виробничих приміщень

Мікрокліматом виробничих приміщень називають метеорологічні умови їх внутрішнього середовища, визначення яких відбувається спільною дією температури, вологості, швидкості руху повітря, теплового випромінювання на організм людини. Залежно від стану довкілля, атмосферного тиску, змін температур швидкості повітря, теплового випромінювання залежать самопочуття працівників і продуктивність праці.

Метеорологічні умови, які відповідають чинним санітарним нормам, визначаються на висоті (h) 2м над рівнем підлоги.

Простір, заповнений робочими місцями постійного або тимчасового перебування працівників, називають *робочою зоною*. Місцем постійного або тимчасового перебування працівників, які займаються трудовою діяльністю, називають *робочим місцем*.

Якщо говорити про *оптимальні мікрокліматичні умови*, то вони є поєднанням кількісних показників мікроклімату. Такі умови при

довготривалій і систематичній праці повинні забезпечувати нормальний тепловий стан для організму. Тобто, оптимальні мікрокліматичні умови забезпечують тепловий комфорт людини, що допомагає підвищити працездатність.

Оптимальними мікрокліматичними умовами для працездатної і здорової людини є:

1. Температура навколишнього середовища ($T_{н.с.}$) 18,0-21,0 °С.
2. Відносна вологість повітря (φ) 40,0-60,0 %.
3. Швидкість руху повітря (v) 0,1-0,2 м/с.

Перегрів тіла ймовірний за підвищення температури та вологості повітря, а також це може призвести до теплового удару. Дія інфрачервоного випромінювання сонячних променів теж може слугувати причиною удару. Підвищення температури робочої зони впливає на інтенсивність перерозподілу крові, а саме від органів до шкіри, серцево-судинну систему, прискорення пульсу. За умови високої температури та фізичної роботи спостерігається прискорене серцебиття, дихання і падіння артеріального тиску.

Переохолодження організму може відбутися за низьких температур, що може призвести до різних захворювань. Низька температура виробничого приміщення знижує кровотік у тілі людини, який відбувається через звуження судин.

Якщо відносна волога перевищує встановлену норму, то зменшується випаровування вологи зі шкіри, легень. Якщо волога нижче норми (до 20 %), спостерігається пересихання слизових оболонок.

Атмосферний тиск характеризується впливом на парціальний тиск компонентів повітря, що певним чином впливає на процес дихання. Від 73,4 до 126,7 кПа проходить життєдіяльність людини, але при різкій зміні відбувається зміни у організмі людини [90].

Роботодавець зобов'язаний створити умови праці відповідно до статей 29, 141, 153, 158 Кодексу законів про працю України, ст. 13 Закону України «Про охорону праці» [91].

Температура виробничого приміщення у лабораторії колоїдної хімії близька 18-19 °С, відносна вологість при цьому дорівнює близько 60 % та швидкість руху повітря – 0,15 м/с.

5.2.2. Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Шкідливі речовини – це ті речовини, які при порушенні вимог безпеки, контактуючи з організмом людини, спричиняють виробничі травми, погіршення здоров'я, професійні захворювання. Вплив шкідливих речовин на стан працівника можуть виявлятися під час праці або у майбутньому може передатися наступним поколінням.

Існує чотири основні класи ступеню небезпеки впливу шкідливих і отруйних речовин на організм людини: надзвичайно небезпечні, високонебезпечні, помірно небезпечні та малонебезпечні.

Для збереження здоров'я кожного працівника від професійного отруєння, захворювання встановлено гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони, які описуються санітарними нормами. Це означає, що встановлені концентрації не можуть викликати негативний вплив на здоров'я, навіть якщо працювати, наприклад, п'ять днів у тиждень по вісім годин.

Шкіра, дихальні шляхи та органи травлення – найпоширеніші шляхи потрапляння отруйних речовин у організм. Проте при проникненні у дихальні шляхи шкідливі речовини надають більшої шкоди, бо потрапляють до кровообігу, а також ці речовини минають механічне і біохімічне очищення печінкою. Легкою проникністю до організму через шкіру, яка не має механічних пошкоджень, характеризуються ті токсичні речовини, які добре розчиняються у жирах, ліпоїдах. Доза токсичних речовин (бензин, газ, бензол,

тощо) у процесі всмоктування в організм може бути досить великою і внаслідок чого можливі тяжкі отруєння.

Джерелом потрапляння небезпечних речовин у органи травлення є забруднені руки, які контактують з ротовою порожниною при палінні та прийомах їжі. Відбувається швидке всмоктування шлунково-кишковим трактом, а саме через слизові оболонки, після чого отруйні речовини прямують до печінки, яка їх фільтрує і частину з жовчу видаляє у травний тракт, а іншу – нейтралізує. Ступінь отруєння працівника на пряму залежить від мікроклімату робочої зони, наприклад, за підвищеної температури приміщення спостерігається підвищення випаровування і підсилення токсичного ефекту різних отрут (бензин, ртуть, тетраетилсвинець і т.д.). За умов високої температури робочої зони при фізичних навантаженнях ймовірно збільшення об'єму та прискорення дихання, тобто, людина при фізичній роботі здатна вдихнути більший об'єм повітря, забрудненого отрутою.

Отруєння організму людини за характером виникнення, часу протікання поділяються на:

- а) гострі – ті, які викликані короткотривалою дією великої концентрації отруйних речовин;
- б) хронічні – ті, які викликані накопичувальним ефектом, тобто, при постійній взаємодії з малими дозами отрут [85].

Речовинами, які використовувалися під час виконання дипломної роботи, є: дизельне паливо, автомобільний бензин.

Дизельним паливом (ДП) називають легколеткий рідкий продукт, отриманий на основі середніх фракцій нафти, що має свій характерний запах і колір. Температура кипіння коливається від 200 до 350 °С, а температура застигання марки «Л» не перевищує -10 °С.

Дизельне паливо описується таким головним показником як займистість, який називається *цетановим числом (ЦЧ)*. Визначення

цетанового числа можна провести у відповідності ГОСТу 3122-67 «Топлива дизельные. Метод определения цетанового числа» [92].

Згідно до ГОСТ 12.1.007 у випадках інгаляційного впливу, потрапляння у шлунок, проникання у шкіру дизельне паливо відповідає класу небезпеки 4. Це означає, що ДП є малонебезпечною речовиною і у разі потрапляння у організм людини спричиняє слабе подразнення шлунку, шкіри, слизових оболонок очей, алергічну реакцію, кумулятивний ефект.

Гранично допустима концентрація ДП у повітрі робочої зони (відповідає 300 мг/м³).

При проведенні випробувань з використанням ДП можливі аварійні розливання, які можна ліквідувати засипанням піску і подальшого вивезення у відвал згідно ДСанПІН 2.2.7.029. Відповідно до ГОСТ 12.4.068, попадання дизельного палива на поверхню шкіру можна видалити за допомогою ганчірки, змивання залишку у теплій воді з миючим засобом. Якщо дизельне потрапило на слизові оболонки очей, слід терміново промити їх великим об'ємом теплої води, після чого обов'язково звернутися до медичного закладу.

Вимоги до виробничих приміщень, де працюють з ДП, обов'язкову наявність працюючих вентиляції (ДБН В.2.5-67, ДСТУ Б.А.3.2-12), водовідної системи та каналізації (ДБН В.2.5-64), штучного освітлення (ДБН В.2.5-28), опалення (ДБН В.2.5-67) та питною водою (ДСанПІН 2.2.4-171). Виробничі приміщення також повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.042 щодо оптимального мікроклімату, шуму, вібрації.

Виробничі зони, в яких працівники контактують з випарами дизельного палива, відповідають 2 класу вибухонебезпечних зон. При безпосередній роботі з ДП необхідно дотримуватися Правил пожежної безпеки. Ще однією важливою необхідністю є заборона зберігання у такій робочій зоні кислот, балонів з киснем і будь-яких інших окисників [93].

Автомобільним бензином називається безбарвна, летка та горюча суміш рідких вуглеводнів, одержана у результаті переробки нафти, гідрокрекінгу. Температура кипіння бензину не перевищує 200 °С. Температура

самозаймання відповідає діапазону 225-370 °С. Границі концентрації вибуховості реакції бензину з повітрям 16 %. Октанове число, фракційний склад – це основні показники якості бензинів.

Згідно ГОСТ 12.1.007, у випадку інгаляційного впливу бензину або при потраплянні на шкіру, то клас небезпеки відповідає 3, тобто, бензини - помірно небезпечні речовини, а у випадку потрапляння шлунок – 4 – малонебезпечні речовини. Як і дизельне паливо, бензини мають слабо виражений кумулятивний ефект, помірне подразнення та сухість шкіри, чинять інгаляційну та резорбтивну дію. Також бензини можуть викликати алергічні реакції. При попаданні на слизові оболонки обов'язковим є промити теплою водою з використанням миючих засобів (ГОСТ 12.4.068).

Гранично допустима концентрація парів у повітрі виробничого приміщення дорівнює 300 мг/м³, бензинів – 100 мг/м³, оксиду вуглецю - 20 мг/м³ і відповідає IV класу небезпеки (ГОСТ 12.1.005).

Виробничі приміщення, в яких працюють з бензинами, повинні містити таке обладнання: витяжка, вентиляція, водопровідна система, каналізація, штучне освітлення, опалення, питна вода, засоби гасіння пожежі. І все ж бензини відносяться до класу вибухонебезпечних зон (В-1б), при роботі з якими слід дотримуватися Правилами пожежної безпеки. Також забороняється у приміщенні працювати з відкритим вогнем [94].

5.2.3. Освітлення приміщення

У приміщенні навчальної лабораторії колоїдної хімії наявне як штучне освітлення, так і природне. У лабораторії присутні 2 світлові прорізи у стіні (вікна), які є боковим освітленням робочого місця. Нормування коефіцієнту освітленості виробничого приміщення (ДБН В.2.5-28-2006) відбувається залежно від точності проведених робіт, яка визначається розміром об'єкту.

Щодо штучного освітлення у навчальній лабораторії, то воно комбіноване і мінімально дорівнює 200 лк. Основне призначення штучного

світла – створення рівномірного освітлення робочих поверхонь за синхронного використання джерела світла.

Освітлення робочої зони є важливим параметром працездатності робітників, адже безпосередньо впливає на самопочуття, якість кінцевого продукту, рівень травматизму на підприємстві. Світло на робочому місці має бути розрахованим і підібраним, тому що при довготривалому робочому дні людина має добре розрізняти предмети, знаряддя праці, реактиви і таке інше. Тобто, оптимально підібрані умови праці стимулюють зниження відсотку травматизму та професійних захворювань.

Штучне освітлення у навчальній лабораторії відповідає таким основним вимогам:

- а) рівномірність;
- б) стабільність – стрибок напруги у електричній мережі не повинен перевищувати 4 %;
- в) відсутність різкої тіні, контрастів між штучним освітленням і природнім;
- г) відсутність світлових бліків у полі зору;
- д) правильність напрямку подачі світлового потоку;
- е) безпека - джерело світла не повинно призвести до пожежі, вибуху.

Взагалі, залежно від природи світла існує три основні види освітлення [95]:

1. Природне. Джерело створення даного освітлення – прямі сонячні промені, дифузійне світло з обрію. Для людського зору природне освітлення є найбільш цінним біологічно.

2. Штучне. Освітлення приміщення відбувається за допомогою штучно створених джерел світла, наприклад, лампи різного типу (галогенна, енергозберігаюча, LED і т.д.). Штучне освітлення повинно бути наявне при будь-яких умовах у всіх виробничих, побутових приміщеннях, в яких природнього освітлення недостатньо. При розміщенні штучних джерел світла

необхідно створити комфортні, оптимальні гігієнічні умови для здоров'я працівника, а також слід враховувати економічність.

3. Суміщене. Цей вид світла застосовується за недостатнього природного освітлення, яке повинно доповнюватися штучним.

При проведенні досліджень у лабораторії проводилася зорова робота, яка відноситься до значень середньої точності, розряду зорової роботи IV та середнього контрасту об'єкту з фоном. Проведення експерименту показало, що при боковому природньому світлі коефіцієнт природньої освітленості складає 1,5 %.

5.2.4. Експлуатація систем, що працюють під тиском

Широке застосування у хімічній промисловості знайшли системи стиснених повітря та газів. Для одержання стисненого повітря використовують компресорні установки різних типів, які допомагають його переміщати або транспортувати [96].

Герметично закриті ємності, що працюють під високими тисками, які призначені для проведення різних технологічних процесів, зберігання і транспортування, називають *балонами*. Заповнені балони належать до обладнання підвищеної небезпеки, тому при експлуатації будь-що потрібно дотримуватися акту НПАОП 0.00-1.81-18 [97].

Небезпеку для працівників становлять і ємності під великим тиском (балони), і компресорні установки, і струмені газів, тому що можуть спричинити вибух, руйнування [85]. Актуальними причинами нанесення ушкоджень балонами та компресорними установками є [98]:

- недотримання правил безпеки праці;
- порушення правил експлуатації;
- несправність обладнання;
- погана якість використаних матеріалів для виготовлення балонів;

- зависока температуру стисненого газу;
- підвищення тиску;
- дефекти балону і установки;
- падіння або удар балону, елементів установки;
- утворення вибухонебезпечних сумішей, які утворилися через потрапляння палив, мастил і т.д.;
- швидке заповнення газом балону або його відбір;
- нагрівання балону при взаємодії зі сонячним світлом, нагрівальних приладів або відкритого вогню;
- заповнення певної ємності невідповідним газом.

Потужність ймовірного вибуху ємності, заповненої стиснутим газом, настільки сильна, що здатна знести стіни будівлі [85].

У дипломній роботі використовувався балон зі стисненим повітрям, який використовували при флотуванні стійкої стічної води нафтопереробних підприємств. Газоподібна фаза, або стиснене повітря, слугує своєрідним транспортом для виштовхування окремих речовин бульбашками на поверхню рідини, у результаті чого спостерігається їх злипання. Подрібнення стисненого повітря, що надходить у флотаційну установку з балону, відбувається через фільтр Шотта. Регулювання подачі стисненого газу відбувався за участі ротаметру, призначення якого – визначення об'ємних витрат газу, рідини в одиницю часу. Під час виконання експериментальних досліджень всі правила безпеки праці та експлуатації було дотримано, а також дії з балоном проведені під наглядом дипломного керівника. Балон зберігався у металевій шафі, яка захищає його від зовнішніх факторів.

5.2.5. Ураження електричним струмом

Небезпека електричного удару з'являється у тому випадку, коли людина контактує з неізольованим струмопровідною частиною проводу та в результаті

отримує через високу напругу таке скорочення м'язів, що тіло не може відірватися від джерела ураження. Отримання травм при ураженні струмом є типовим. Цей процес дістав назву «*електротравматизм*», спричинений не дотриманням правил техніки безпеки, інструктажів та відсутності технічного огляду, аварійного режиму [99, 100].

У хімічній лабораторії НАУ електрична мережа має 1 фазу, змінний вид струму, напругу у 220 В і частоту струму – 50 Гц.

Кожне приміщення хімічної промисловості залежно від небезпеки ураження струмом працівників поділяється на такі класи:

1. Підвищеної небезпеки.
2. Особливо небезпечний.
3. Без підвищеної безпеки. Будь-які приміщення підприємства, що відповідають цьому класу небезпеки, не мають такі умови, які б створили клас або підвищеної, або особливої небезпеки.

При проведенні експериментальних дослідженнях у навчальній лабораторії було визначено, що робоча зона відноситься до класу без підвищеної небезпеки.

Тіло людини може пропустити гранично допустимого змінного струму не більше 0,3 мА та постійного – 1 мА за умови неаварійного режиму роботи електричного обладнання або установок.

Оскільки зі збільшенням напруги, згідно закону Ома, під час ураження тіла людини електричним струмом опір тіла зменшується, а отже, струм в мережі, де відбулось замикання, пропорційно збільшується - це призводить до підвищення рівня тяжкості ураження людини. Максимальна допустима напруга електроустановки, яка працює в неаварійному режимі, для змінного струму повинна становити 2-3 В, а для постійного струму не перевищувати 8 В [99, 100].

5.3. Заходи з безпеки праці

Розглянемо заходи щодо забезпечення здоров'я робочих відносно мікроклімату, вмісту шкідливих речовин у повітрі, поганого освітлення, струменевих газів та ураження електричним струмом.

До сукупності способів та захистів нормалізації мікрокліматичних умов, а саме несприятливих, належать :

- будівельно-планувальні;
- організаційно-технологічні;
- санітарно-технічні та ін. заходи колективного захисту.

Для того, щоб уникнути перегрівання або переохолодження робітників в приміщеннях використовують медико-біологічні, засоби для індивідуального захисту. Для уникнення та захисту приміщення від перегрівань, що можуть виникати внаслідок потрапляння сонячних променів, в приміщеннях зі достатньо значними площами застелених поверхонь, використовують влаштовані жалюзі, орієнтація віконних прорізів схід-захід (для теплих пор року), а для захисту від радіаційного охолодження (в зимову пору року) - екранування робочих місць . Робочі місця при цьому повинні бути віддалені не менше ніж 1 м від огорожуючих конструкцій при внутрішній температурі нижче або вище за допустимі значення.

Виробничі приміщення, що забезпечені надлишком тепла, повинні користуватися природною вентиляцією, або аерацією. Вирішенням проблеми наявності тепловипромінювання є застосування сукупності заходів відносно теплоізоляції технологічного обладнання.

Захиститися від електричного удару можна декількома заходами безпеки [101]:

- 1) використання замалих напруг (12, 36, 42 В залежно від класу небезпеки) і електричного поділу мереж;
- 2) ізоляційний контроль, який за умови його порушення може стати досить небезпечною напругою для людини;

3) якщо технологічна установка має до 1000 В, то ізоляційний опір має не перевищувати 0,5 МОм;

4) заземлення, яке базується на з'єднанні металевих елементів технологічного обладнання разом з пристроєм заземлення. Негативним наслідком процесу може бути пошкоджена ізоляція. Призначення процесу – зниження рівня напруги за ушкоджень до значення, безпечного для людського життя;

5) система автоматичного відключення обладнання, яка необхідна при аварійних ситуаціях, наприклад, при замиканні струменевого проводу на землі, несправності пристрою заземлення і таке інше;

6) забезпечення спеціальними парканами чи конструкціями, щоб виключити ненавмисне контактування зі струмоведучими частинами, а також джерело струму можна розмістити на недосяжній висоті;

7) різницю потенціалів вирівняти;

8) встановлення блискавкозахисту.

9) занулення, яке повинно відповідати ГОСТ 12.1.030-81.

Задля зменшення негативного впливу шкідливих і отруйних речовин на людини хімічна лабораторія повинна мати водопостачання і каналізацію відповідно до СНиП П-Г.1-70, СНиП П-Г.4-70 [102].

Навчальна лабораторія обладнання витяжними шафами, тому що ми працюємо з токсичними речовинами. Витяжна шафа має два виходи для відсмоктування – нижній та верхній, пиленепроникні світильники, вимикачі живлення, які розташовані за межами шафи.

Розміщення у витяжній шафі рукомийника забезпечують доступ до гарячого та холодного водопостачання та для стоку. Поруч з витяжною шафою розміщена металева шафа, у якій зберігаються балони зі стисненим повітрям, киснем. У приміщенні лабораторії поверхні витяжної шафи, робочих столів вкриті матеріалами, що мають протикорозійні властивості та незаймисті. А також кожне робоче місце забезпечене своєрідними бортиками, які виключають ймовірність розтікання або витікання хімічних реагентів за межі

робочої зони. Також у лабораторії є червоний куточок, де розміщені засоби пожежогасіння (ГОСТ 12.1.004)

У дипломній роботі використовуються такі шкідливі речовини як автомобільні бензини та дизельні палива. Хоча ми експериментуємо з малими об'ємами цих рідин (близько 1 мл), то все рівно повинні дотримуватися вимог щодо використання захисних окулярів та спеціального одягу. Заходи безпеки поводження з автомобільними бензинами здійснюються відповідно до ГОСТ 12.1.007.

У хімічній лабораторії присутні інструкції по заходам пожежної безпеки, які можуть допомогти у передбаченні можливого вибуху чи пожежі.

Щоб передбачити випари шкідливих речовин у повітря виробничого приміщення, потрібно забезпечити герметичність устаткування і постійно його контролювати [93].

Заходи, які застосовувалися при роботі з системою (балон з повітрям), яка працює під тиском, поділяються на:

- 1) систематичний технічний огляд системи (зовнішній і внутрішній) для виключення пошкоджень, несправності;
- 2) зберігання балону у залізній шафі, щоб попередити вплив на нього зовнішніх чинників (наприклад, попадання сонячних променів);
- 3) проведення інструктажу перед експлуатацією;
- 4) наявність вентиляції у приміщенні, де балон зберігається;
- 5) робота з балоном під наглядом дипломного керівника;
- 6) відпрацювання аварійної зупинки експлуатації;
- 7) використання спеціального чистого одягу;
- 8) користування знежиреними інструментами;
- 9) обробка рук (знежирювання) перед початком експлуатації.

При проведенні флотації для очищення стічної води використовували балон з повітрям, який має чорне забарвлення і білий надпис «стиснене повітря», що відповідає маркуванню.

5.4. Пожежна безпека

Ймовірність виключення виникнення пожежі та дії негативних факторів на працівників підприємства називається *пожежною безпекою*. Головна необхідність при виникненні пожежі у будь-якому приміщенні або на території підприємства - безпека людей. Для запобігання пожежі використовують сукупність заходів, які втілюються ще при проектуванні певних об'єктів виробництва, дотримуючись правил пожежної безпеки. Визначення пожежної безпеки здійснюються відповідно до ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ "Пожарная безопасность. Общие требования" [85].

Навчальна лабораторія колоїдної хімії НАУ згідно ПУЕ належить до пожежонебезпечної категорії приміщення В-1а. У лабораторії розміщуються системи запобігання пожежі та пожежного захисту. Пожежа у робочій зоні, де розташовані дорогі прилади, може спричинити великі матеріальні втрати. Тому існує необхідність перегляду можливих причин виникнення полум'я.

Розглянемо ряд можливих причин джерел виникнення пожеж на підприємствах [103]:

- а) необережне поводження з відкритим вогнем;
- б) несправність устаткування;
- в) неправильна експлуатація нагрівальних приладів;
- г) неправильне зберігання хімічних речовин;
- д) замикання електричної проводки;
- е) куріння у невідведених для цього місцях, тобто, у пожежонебезпечних.

Заходами безпеки на виробництві повинні бути [103]:

- запобігання вище вказаних причин виникнення пожежі;
- суворе дотримання правил пожежної безпеки та контроль.

Хімічна лабораторія НАУ відповідає всім вимогам НАПБ.А.01.001-95 «Правила пожежної безпеки в Україні».

5.5. Розрахунок штучного освітлення виробничого приміщення

Освітлення є найважливішим компонентом сприйняття світу людським оком, адже дає змогу оцінювати предмети, які оточують людину. Душевний стан, ступінь втоми напряму залежать від освітлення, кольору оточуючих предметів.

Штучне освітлення виробничих приміщень поділяються на:

1. Робоче освітлення. Використовують як будь-якому приміщенні, так і на відкритих просторах, які розраховані для робочого процесу, перебування працівників, руху робочого транспорту. Роздільне керування освітленням є найрозумнішим вирішенням проблем поганого освітлення робочої зони.

2. Аварійне, яке за аварійної ситуації не припиняє роботу або автоматично вмикається при припиненні подачі основного (робочого) освітлення. Головне призначення – забезпечення евакуації працівників або продовження робочого процесу через заплановане або раптове відключення електроенергії. У результаті відсутності освітлення спостерігається підвищення рівня виробничого травматизму. Аварійне штучне освітлення поділяється на евакуаційне і безпечне.

3. Охоронне, розміщення якого відбувається вздовж території підприємства.

4. Чергове, або освітлення у неробочий час, якість якого не нормується.

5. Загальне, яке розміщується рівномірно або відносно устаткування, робочих місць у верхній частині приміщень. Загальне рівномірне розташування освітлення повинно бути не нижче 2,5 м над рівнем підлоги.

6. Суміщене – це доповнення природного освітлення штучним.

Загальне штучне освітлення поділяється на комбіноване та місцеве. Перший тип – це комплекс загального та місцевого освітлення, а другий – світловий потік безпосередньо на робоче місце. Рекомендовано

використовувати комбіноване освітлення для високоточної роботи або зміни напрямку світлового потоку, яка необхідна для певного технологічного процесу. Забороняється використовувати тільки місцеве світло через високий ризик виникнення виробничого травматизму, професійних захворювань [104].

Довжина (a) приміщення хімічної лабораторії НАУ дорівнює 7 м, ширина (b) – 5 м, висота (H) – 3,1 м. Експериментальна частина відповідає роботі середньої точності, яка відповідає IV розряду розової роботи. Стіни і стеля виробничого приміщення пофарбовані у світлі відтінки, коефіцієнт відбиття ($\rho_{\text{стелі}}$) дорівнює 70 %, а стін ($\rho_{\text{стін}}$) – 50 %. Висота столів (h_p), або робочих поверхонь, складає 0,75 м. Для встановлення штучного освітлення у лабораторії обрано світильники типу ЛСП-01, які вмонтовуються у стелю. Різниця відстані від стелі до світильника (h_c) 0,5 м. Відповідно до встановлених норм мінімальна освітленість (E_n) становить 300 лк.

1. Розрахуємо площу навчальної лабораторії як виробничого приміщення:

$$S_{\text{лабораторії}} = a \cdot b = 7 \cdot 5 = 35 \text{ (м}^2\text{)}.$$

При цьому загальна площа, наявних у лабораторії, столів, витяжних шаф, шаф для зберігання реагентів та хімічної посуду, приладів $S_{II} = 6,2 \text{ м}^2$, тоді розрахуємо корисну площу $S_{\text{кор}}$:

$$S_{\text{кор}} = S_{\text{лаб}} - S_{II} = 35 - 6,2 = 28,8 \text{ (м}^2\text{)}.$$

2. Визначимо висоту підвісу штучного світильника безпосередньо над робочою поверхнею (столом):

$$H_p = H - h_p - h_c = 3,1 - 0,75 - 0,5 = 1,85 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Існує певна рівномірність освітлення, досягання якої відбувається при співвідношенні відстані між світильниками до висоти підвісу h . Розглянемо рекомендовану відстань між джерелами світла:

$$L = 0,7 \cdot H_p = 0,7 \cdot 1,85 = 1,30 \text{ (м)}.$$

3. Розрахуємо орієнтовне число світильників загального освітлення, розміщених у виробничому приміщенні:

$$N = (A \cdot B) / (n \cdot L^2) = (7 \cdot 5) / (2 \cdot 1,69) = 10,36,$$

де n – кількість ламп в світильнику, яка встановлюється відповідно до типу світильника.

При використанні світильника типу ЛСП-01 кількість ламп (n) відповідає 2.

Якщо враховувати розміри приміщення, то 10 рекомендованих світильників слід розташувати у два ряди по 5 шт.

4. Показник приміщення:

$$i = (a \cdot b) / (H_p(a+b)) = 35 / (1,85 \cdot 12) = 1,58$$

Розглянемо табл. 5.1., яка дозволить обрати коефіцієнт використання потоку світла.

Таблиця 5.1

Значення коефіцієнту використання для обраного світильника ЛСП-01

Тип світильника	УМП-01			ЛСП-01		
	$\rho_{стелі}, \%$	70	50	30	70	50
$\rho_{стін}, \%$	50	30	10	50	50	30
i	Коефіцієнт використання $\eta, \%$					
0,5	22	20	17	25	23	20
0,6	32	26	23	31	29	24
0,7	39	34	30	36	34	28
0,8	44	38	34	39	37	32
0,9	47	41	37	42	41	35

Відповідно до значень відбиття стелі і стін (70 та 50 %) у лабораторії коефіцієнт використання потоку світла становить 31 %, бо $i \approx 1,58$.

5. Розрахунок величини потоку світла (Φ) однієї встановленої лампи:

$$\Phi = \frac{100 \cdot E_H \cdot S \cdot Z \cdot K}{N \cdot n \cdot \eta} = \frac{100 \cdot 300 \cdot 35 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{10,4 \cdot 2 \cdot 31} = 2794 \text{ (лм)},$$

де Z – коефіцієнт мінімальної освітленості, який для люмінесцентних ламп дорівнює 1,1.

6. Вибір оптимальної марки лампи відповідно до отриманої величини світлового потоку.

Для хімічної лабораторії найбільш оптимальним варіантом є лампа ЛБЦ65, тому що світловий потік становить приблизно 3050 лм.

Обчислимо розрахункове значення відхилення світлового потоку від табличного ($\Delta \Phi$):

$$\Delta \Phi = (\Phi_{\text{табл.}} - \Phi_p) / \Phi_{\text{табл.}} = (3050 - 2794) / 3050 = 0,08 = 8 \%$$

7. Визначення очікуваної освітленості у виробничому приміщенні E_p за певного числа світильників N та інших вже відомих значень:

$$E_p = \frac{\Phi \cdot n \cdot \eta \cdot N}{Z \cdot S \cdot K} = \frac{2794 \cdot 2 \cdot 0,31 \cdot 10,4}{1,1 \cdot 35 \cdot 1,5} = \frac{1\ 801\ 5,71}{57,75} = 312 \text{ (лм)}.$$

5.6. Висновки до розділу

Розглянуто аспекти охорони праці відносно очищення стічних вод підприємств нафтопереробної промисловості.

На основі переліку шкідливих і небезпечних чинників було обрано п'ять основних, які є найголовнішими в процесі очищення стічних вод. Також запропоновано заходи зменшення впливу цих чинників у хімічній лабораторії.

Було проведено розрахунок нормованого освітлення виробничого приміщення, для створення якого потрібно встановити 10 світильників типу ЛСП-01 з лампою ЛБЦ 65.

ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу наукової літератури описано основні підходи, методи та обладнання для очищення стічних вод.

2. Проаналізовано та підібрано об'єкти і методи дослідження процесу очищення стічних вод з подальшим використанням їх у роботі.

3. Для емульгованих стічних вод, що містять нафтопродукти особливо важливим методом є флотація – процес молекулярного прилипання дисперсних забруднень до бульбашки інертного газу (повітря) з метою винесення їх у поверхневий шар.

4. За результатами цієї роботи пропонуються дві принципові схеми з очищення стійких емульгованих стічних вод, забруднених нафтопродуктами. Коротка технологічна схема для очищення стічної води, що не містить стабілізатор, а довга - для стічних вод, стабілізованих поверхнево-активними речовинами.

5. Аналіз сучасного стану забруднення стічних вод нафтопродуктами, фенолами, іонами металів, високодисперсними твердими частинками, ПАР показав, що для їх вилучення необхідно використовувати сучасні технології очищення, які вимагають ефективних методів, а також варіантів їх комбінації.

6. Розглянуто аспекти охорони праці відносно очищення стічних вод підприємств нафтопереробної промисловості.

7. Визначено п'ять актуальних шкідливих і небезпечних виробничих чинників для виконання цієї роботи, серед яких зміна мікроклімату, вміст шкідливих речовин у повітрі, освітлення виробничого приміщення, експлуатація систем, що працюють під тиском, ураження електричним струмом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дытнерский, Ю. И. Обратный осмос и ультрафильтрация / Ю.И. Дытнерский - Москва, 1978. 130 с.
2. Гіроль, М. М., & Гіроль, А. М. (2013). Технології водовідведення промислових підприємств.
3. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища Навчальний посібник. К.: Знання, 2006. 319 с
4. Varjani, S., Joshi, R., Srivastava, V. K., Ngo, H. H., & Guo, W. (2020). Treatment of wastewater from petroleum industry: current practices and perspectives. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(22), 27172- 27180.
5. Sultan A, Karakaya I and Erdoğan M 2012 Influence of water vapour on high temperature oxidation of steels used in petroleum refinery heaters *Mater. Corros.* 63 119–26
6. Rahi, M. N., Jaeel, A. J., & Abbas, A. J. (2021, February). Treatment of petroleum refinery effluents and wastewater in Iraq: A mini review. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1058, No. 1, p. 012072). IOP Publishing.
7. Лазорин С.Н., Папков Г.И., Литвиненко В.И. Обезвреживание отходов коксохимических заводов / С.Н. Лазорин, Г.И. Папков, В.И. Литвиненко.– М.: Металлургия. – 1977.– 241 с
8. Самохин В.Н. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика. / Н.И. Лизачев, И.И. Ларин, С.А. Хаскин и др. – 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
9. Radelyuk, I., Tussupova, K., Zhapargazinova, K., Yelubay, M., & Persson, M. (2019). Pitfalls of wastewater treatment in oil refinery enterprises in Kazakhstan—a system Approach. *Sustainability*, 11(6), 1618.
10. Стахов Е.А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий хранения и транспорта нефтепродуктов. – Л.: Недра, 1983. – 263 с.

11. Наказ, Інструкція, Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України. Про затвердження Інструкції про встановлення та стягнення плати за скид промислових та інших стічних вод у системи каналізації населених пунктів та Правил приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України №37, 19.02.2002. Посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0402-02#Text>
12. Водоотведение и очистка сточных вод / Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Учебник для вузов, Москва АСВ, 2004г.
13. Галимова, А. Р. (2020). Использование отстойников для очистки сточных вод от нефтепродуктов. In Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием «Оборудование пищевых производств в XXI веке» (pp. 126-128).
14. Макарьев, А. О. (2018). Обзор существующих методов очистки сточных вод от нефтепродуктов. Аллея науки, 4(6), 18-22.
15. Ксенофонов, Б. С. (2018). Очистка промышленных сточных вод от нефтепродуктов флотацией с доизвлечением микрофлотокомплексов. Водочистка, (10), 12-18.
16. Жуков, А.И., Монгайт, И.Л., Родзиллер, И.Д. Методы очистки производственных сточных вод[Текст] / А.И.Жуков, И.Л. Монгайт, И.Д. Родзиллер. Справочное пособие. - М.:Стройиздат, 1977. 446 с.
17. Айрапетян Т. С. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія очистки промислових стічних вод» – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 73 с.
18. Закон України "Про охорону праці" від 14 жовтня 1992 року N 2694- XII (ВВР 1992, N 49, ст.668) Із змінами і доповненнями, внесеними Законами України від 15 травня 1996 року N 196/96-ВР
19. Айрапетян Т. С. Програма навчальної дисципліни та робоча програма дисципліни «Особливості водопостачання і водовідведення різних промислових підприємств». – 2008. 96 с.

20. Вергун А. П., Мышкин В.Ф., Власов А. В. Ионнообменная технология разделения и очистки веществ: учебное пособие. Томск: Изд-во ТПУ, 2010. 110 с.
21. Бон О. Р., Коновальчик М. В. Підвищення ефективності очищення вод від завислих речовин за рахунок використання сучасних технологій. – 2010. 74 с.
22. Водний кодекс України. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1995, № 24, ст.189. Внесення змін (закон від 20.09.2019 N 124-IX /124-20/)
23. Міністерство з питань комунального господарства України. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2012 році. – Київ, 2013. – 450 с.
24. Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод. – М.: Мир, 2006. – 480 с.
25. Экологическая биотехнология / Под ред. К.Ф. Форстера, Д.А.Дж. Вейза. – Л.: Химия, 1990. – 384 с.
26. Лихачев Н.И. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика / Н.И. Лихачев, И.И. Ларин, С.А. Хаскин и др. Под ред. В. Н. Самохина. – 2 изд. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
27. Снежкін, Ю. Ф., Петрова, Ж. О., Пазюк, В. М., & Новікова, Ю. П. (2021). Стан технологій очищення стічних вод в Україні та світі. Теплофізика та теплоенергетика.–2021.–43 (1).–С, 5-12.
28. Sun X, Wang C, Li Y, Wang W and We J 2015 Treatment of phenolic wastewater by combined UF and NF/RO processes Desalination 355 68-74
29. Lakshmi S, Harshitha M, Vaishali G, Keerthana S and Rhea M 2016 Studies on different methods for removal of phenol in waste water- Review Int. J. of Science, Eng. and Technology Research 5(7) 2488-96
30. Cordova Villegas L G, Mashhadi N, Chen M, Mukherjee D, Taylor K E and Biswas N 2016 A Short Review of Techniques for Phenol Removal from Wastewater Current Pollution Reports 2 157-67

31. Nikolaeva, L. A., & Aikenova, N. E. (2021, March). Adsorption purification of phenol-containing wastewater from oil refineries. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1089, No. 1, p. 012022). IOP Publishing.
32. Кульский Л. А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. – К : Наукова думка, 1983. – 528 с.
33. Экологические аспекты современных технологий охраны водной среды / под ред. В. В. Гончарука. К. : Наукова думка, 2005. – 399 с.
34. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении / ДА. М. Когановский, Н. А. Клименко, Т. М. Левченко и др. – М. : Химия, 1983. – 288 с.
35. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод / А. К. Запольський, Н. А. Мішкова-Клименко, І. А. Астрелін та інші; за заг. ред. А. К. Запольського. – К. : Лібра, 2000. – 552 с.
36. Клименко Н. А. Коллоидно-химические аспекты формирования состава сточных вод текстильных предприятий и возможные методы их очистки / Н. А. Клименко, В. А. Кожанов // Химия и технология воды. – 1991. – 13. – № 7. – С. 579–592.
37. Запольский А. К. Очистка воды коагулированием : монография / А. К. Запольский. – Каменец-Подольский: ЧП «Медоворы–2006», 2011. – 296 67 с.
38. Саблій Л.А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод: Монографія. – Рівне: НУВГП, 2013. – 291 с.
39. Нилова, Т. А., and С. М. Рогачева. "Мониторинг состояния сточных вод Саратовского нефтеперерабатывающего завода." (2014).
40. Шлёкова, И. Ю. "Применение инновационных технологий очистки сточных вод на нефтеперерабатывающих предприятиях." Студент. Аспирант. Исследователь 3 (2016): 9.
41. Попова Т. В., Привалова Н. М. Анализ риска воздействия сточных вод нефтеперерабатывающих заводов на окружающую среду //Электронный

сетевой политематический журнал " Научные труды КубГТУ". – 2016. – №. 12. – С. 1-16.

42. Ветошкин А. Г. Процессы инженерной защиты окружающей среды (теоретические основы). Учебное пособие. – Пенза: из-во Пенз. гос. ун-та, 2004. – 325 с.

43. Кузубова Л. И., Морозова С. В. Очистка нефтесодержащих сточных вод.: Аналит. обзор СО РАН, ГПНТБ, НИОХ. – Новосибирск, 1992. – 72 с.

44. Voichenko S. V. et al. Оцінка екологічного впливу нафтопереробного підприємства на навколишнє середовище //POWER ENGINEERING: economics, technique, ecology. – 2016. – №. 4. – С. 109-122.

45. Поверхневі явища та дисперсні системи: лабораторний практикум / уклад.:Іванов С.В, Чумак В.Л., Максимюк М.Р.-К.: вид-во Нац.авіац. ун-ту «НАУ друк», 2009. – 64 с.

46. Bychkov, S. A., Kyriienko, P. G., Varlamov, Y. M., Betin, O. V., & Mirsultanova, L. R. (2021). Реконструкція очисних споруд для очищення зливових вод на підприємстві ДП «Антонов». Екологічна безпека та природокористування, 37(1), 35-43. 68

47. Роев Г.А., Юфин В.А. Очистка сточных вод и вторичное использование нефтепродуктов. – М.: Недра, 1987. – 224 с

48. Вознесенський В. Н., Лядов В. В, Кулішев А. В. Локальні очисні споруди з нафтовловлюючими пристроями. Екологія і промисловість: матеріали наук.-практ. конф., Москва, січень 2002 р. С. 20-22

49. Физико-химические методы очистки сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bookbk.net/book/129-technologiyazashhityokruzhayushhej-sredy-vetoshkin-ag/38-52-fiziko-ximicheskie-metodyochistkistochnyx-vod.html>

50. Долина Л.Ф. Современная технология и сооружения для очистки нефтесодержащих сточных вод. Монография. – Днепропетровск: Континент, 2005. – 296 с.

51. Смирнов В. О., Білецький В. С. Флотаційні методи збагачення корисних копалин. — Донецьк : Східний видавничий дім, 2010. — 496 с. — ISBN 978-966-317-054-1.
52. Третьякова, Н. А., Мороз, Ю. С., Никулин, А. В., & Кузнецова, Е. А. (2020). Флотационная очистка сточных вод. Система управления экологической безопасностью.—Екатеринбург, 2020, 201-205.
53. Карнаухов А. П. Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов. — Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1999. — 470 с.
54. Карманов, А. П. Технология очистки сточных вод [Электронный ресурс] : учебное пособие : самост. учеб. электрон. изд. / А. П. Карманов, И. Н. Полина ; Сыкт. лесн. ин-т. — Электрон. дан. — Сыктывкар : СЛИ, 2015. — Режим доступа: <http://lib.sfi.komi.com>. – Загл. с экрана.
55. Корнева, Д. А., & Куров, Л. Н. (2011). Адсорбционная очистка эффективный метод очистки сточных вод и подготовки воды для хозяйственно-питьевого водопользования. Успехи современного естествознания, (7), 129-129.
56. Двадненко, М. В., Привалова, Н. М., Кудаева, И. Ю., & Степура, А. Г. (2010). Адсорбционная очистка сточных вод. Современные наукоемкие 69 технологии, (10), 214-215/
57. Двадненко, М. В., Привалова, Н. М., Кудаева, И. Ю., & Степура, А. Г. (2010). Выбор адсорбента для очистки сточных вод. Современные наукоемкие технологии, (10), 213-214.
58. Нистратов А. В., Клушин В.Н., Мухин В.М., Колесников А.В., Беккерова Ю.В. 36 Особенности доочистки сточных вод гальванических производств от дизельного топлива современными активными углями // Сорбционные и хроматографические процессы.— 2014.— № 1.—С. 96–103
59. Rashid, R., Shafiq, I., Akhter, P., Iqbal, M. J., & Hussain, M. (2021). A state-of-the-art review on wastewater treatment techniques: the effectiveness of adsorption method. Environmental Science and Pollution Research, 28(8), 9050-9066.

60. Булатов М. И., Калинин И. П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа: изд 5-е, перераб. — Л.: «Химия», 1986. — С. 9. — 432 с.
61. Баранова В.И., Библик Е.Е., Кожевникова Н.М. Практикум по коллоидной химии / Под ред. И.С. Лаврова. — М.: Высш. шк., 1983. — 216 с.
62. Сборник санитарно-гигиенических нормативов и методов контроля вредных веществ в объектах окружающей среды. — М., 1991.
63. Айрапетян Т. С. Технологія очистки промислових стічних вод: конспект лекцій» /Харк. нац. акад. міськ, госп-ва. — Харків: ХНАМГ, 2008. 81
64. Рагзина, Д. В., & Кожухова, Н. Ю. (2020). СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДОВ. In *ББК 72 Всероссийская научно-практическая конференция студентов и молодых ученых «Современные тенденции развития химической технологии, промышленной экологии и техносферной безопасности»(Ч. 2)/ВШТЭ СПбГУПТД.-СПб., 2020.—71 с. (p. 59).*
65. Франчук Г. М. Аналіз даних про токсичність паливно-мастильних матеріалів для людини / Г. М. Франчук, М. М. Николяк // Вісник НАУ. — 2007. — №3—4(33). — С. 54–58.
66. Бойченко, С. В., Черняк, Л. М., Радомська, М. М., & Бондарук, А. В. (2015). Проблема очищення природних водойм, забруднених стічними водами об'єктів сфери нафтопродуктозабезпечення. *Наукоємні технології*, (4), 353-357.
67. Дмитриев Е. А. Миграция нефтепродуктов в системе вода – донные отложения / Е. А. Дмитриев, М. С. Коваленко, Т. В. Шевченко // Экотехнология и ресурсосбережение. — 2004. — №4. — С. 58–61.
68. Іщук Ю. Л. Біорозщеплюваність нафтопродуктів і проблеми біосфери / Ю. Л. Іщук, Є. В. Кобилянський, Б. Ф. Кочірко // Нафтова і газова промисловість. — 2004. — № 1. — С. 57–60.

69. Стан довкілля в Україні. Інформаційно-аналітичний огляд. [Електронний ресурс] / Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. — 2008. — Режим доступу : <http://iacmenr.rgdata.com.ua>
70. Овчинникова И. Н. Экологический риск и загрязнение почв / И. Н. Овчинникова. — М., 2003. — 364 с
71. Другов, Ю. С., & Родин, А. А. (2007). Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов. М.: *Бином. Лаборатория знаний*, 270, 3.
72. Іванченко, А. В., & Хавікова, К. Є. (2018). Дослідження процесу вилучення фенолів із промислових рідких середовищ. In *Наукова думка сучасності і майбутнього: зб. матеріалів доп. учасн. XXII Міжнар. наук.-практ. конф. Дніпро* (pp. 16-17).
73. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды.— Москва: Гидрометеиздат, 1984.—560 с. 3.
74. Вишневецкий В.Ю., Вишневецкий Ю.М. Влияние экологических факторов среды обитания на здоровье населения.—Таганрог: Экология, 2004.— 168 с.
75. *Абрамзон А. А.* Поверхностно-активные вещества. — Л.: Химия, 1981. — 304 с. (рос.)
76. Бондар, О. А., Нікітін, Г. О., & Шевченко, Л. О. (2007). Технологічні аспекти процесів очищення стічних вод промислових підприємств, що містять нафтопродукти та поверхнево активні речовини.
77. Унрод, В. І., & Хилик, Я. О. (2019). ОЦІНКА ЯКОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ В УМОВАХ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА. *Редакційна колегія*, 157.
78. Січевий, О. В., & Левицька, О. Г. (2016). Забруднення поверхневих вод нафтопродуктами та шляхи його зниження
79. Франчук, Г. М., Бойченко, С. В., Маджд, С. М., & Вовк, О. О. (2013). Удосконалення технології очищення стічних вод підприємств авіаційної галузі від нафтопродуктів.

80. Оксуюк О. П. Биоплато и его применение на каналах / О. П. Оксуюк, Г. Н. Олейник // Гидротехника и мелиорация. — 1990. — №8. — С. 66–70.
81. Петрушка І.М. Природні мінерали для використання в природоохоронних технологіях. Ефективні шляхи модифікування / І.М. Петрушка, М.С. Мальований // Хімічна промисловість України. – 2012. – №5(112). – С. 64– 67.
82. Соляник, В. О., & Сланченко, О. В. (2012). *Очищення стічних вод від ПАР та фосфатів* (Doctoral dissertation, Видавництво СумДУ).
83. Фабричний, Д. (2020). Проблеми хімічних відходів при виробництві миючих засобів. *Матеріали III Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання “*, 79-80.
84. Казначеев, О. С. (2020). *Очищення стічних вод від важких металів* (Master's thesis, КПІ ім. Ігоря Сікорського.).
85. Запорожець О. І., Протоєрейський О. С., Франчук Г. М., Боровик І. М. Основи охорони праці. Підручник. - К.: Центр учбової літератури, 2009. - 264 с.
86. ДСТУ 2293-99 «Охорона праці. Терміни та визначення основних понять».
87. Буріченко Л.А., Гулевець В.Д. Охорона праці в авіації: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / Буріченко Л.А., ред. – К.: Національний авіаційний університет, 2003. – 447 с
88. Струсевич О.С.. Організація робочого місця \Актуальні проблеми економічного та соціального розвитку виробничої сфери / Тезиси конференції. – Донецьк: ДонНТУ, 2008
89. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Київ, 1999.
90. Охорона праці в галузі: Конспект лекцій / укл.:Сівак В.К, Солодкий В.Д., Пантелю І.М. - Чернівці: Чернівецький нац.ун-т, 2010. - ...с
91. Посилання: <https://oppb.com.ua/news/yak-organizuvaty-ta-provesty-laboratorni-doslidzhennya-umov-praci>

92. Краснопольська О. І. Оцінювання якості дизельного палива. – 2006.
93. ДСТУ 7688:2015 Паливо дизельне Євро. Технічні умови
94. ДСТУ 4063-2001. Бензини автомобільні. Технічні умови
95. СНиП 23-05-95 Строительные нормы и правила. Естественное и искусственное освещение. – М., 1995.
96. Холоменюк, М.В. X 73 Компресорні установки: навч. посібник / М.В. Холоменюк – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 51 с.
97. Райко, В. Ф., Ільїнська, О. І., & Семенов, Є. О. (2022). Безпечна експлуатація посудин під тиском на підприємствах та організаціях.
98. В. Ц. Жидецький, В. С. Джигирей, О. В. Мельников — Вид. 2-е, стереотипне. — Львів: Афіша, 2000. — 348 с.
99. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Київ, 2000.
100. Керб Л. П. Основи охорони праці: Навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц. – К.: КНЕУ, 2001. – 252 с.
101. Посилання: <https://buklib.net/books/35195/#:~:text>
102. Посилання: <http://www.ukrreferat.com/index.php?referat=27041>
103. Посилання: <http://cde.nuft.edu.ua/mod/book/view.php?id=430290&chapterid=260204> (Безпека життєдіяльності та охорона праці працівників НУХТ).
104. Карнаух, Н.Н. Охорона праці, 2015.