

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
імені академіка В. Лазаряна



Друкується за згодою наукового керівника
Вчений секретар
На правах рукопису
Хочим В.Р.
БЕЗОВСЬКА МАРІНА СЕРГІЇВНА

На правах рукопису

УДК 656.2:[504.5:665.7]

**ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ПОВОДЖЕННІ З
ВІДПРАЦЬОВАНИМИ НАФТОПРОДУКТАМИ НА ЗАЛІЗНИЦІ**

21.06.01 – екологічна безпека

ДИСЕРТАЦІЯ

на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Науковий керівник
кандидат технічних наук
доцент Зеленько Ю.В.



Дніпропетровськ – 2014

d541

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ І МЕТОДИ ЇХ РЕГЕНЕРАЦІЇ ТА УТИЛІЗАЦІЇ	12
1.1 Особливості утворення відходів на підприємствах транспортної інфраструктури	12
1.2 Вивчення токсикологічних властивостей нафтовмісних відходів відповідно до міжнародних вимог екологічної безпеки	15
1.3 Загальні принципи поводження з нафтовмісними відходами на залізничному транспорті	19
1.4 Основні методи регенерації відпрацьованих оливо	21
1.4.1 Фізичні методи	22
1.4.2 Фізико-хімічні методи	25
1.4.3 Хімічні методи	30
1.4.4. Комбіновані методи	32
1.5 Основні методи утилізування технологічних шламів	39
1.5.1 Фізико-механічні методи	39
1.5.2 Термічні методи	40
1.5.3 Біологічні методи	42
1.5.4 Хімічні методи	44
1.5.5 Комбіновані методи	45
1.6 Постановка задач досліджень	53
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВІДПРАЦЬОВАНИХ МОТОРНИХ ОЛИВ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ЗАХОДІВ ПО ЇХ ВІДНОВЛЕННЮ	55
2.1 Характеристика оливо, що використовуються на підприємствах залізничного транспорту	55
2.2 Вивчення екологічної обстановки навколо підприємств залізничної	

інфраструктури з точки зору утворення оливовмісних відходів ...	58
2.3 Принципи технологічної класифікації олив, що використовуються на підприємствах залізничного транспорту	59
2.4 Методики оцінки якості моторних олив	72
2.5 Випробування та розроблення екологічно безпечних заходів по відновленню відпрацьованих моторних олив	80
2.5.1 Випробування методів відновлення для оливи М-14В ₂	80
2.5.2 Випробування методів відновлення для оливи М-14Г ₂ ЦС	96
2.6 Оптимізація запропонованої методики відновлення відпрацьованих олив	101
2.6.1 Оптимізація методики відновлення оливи М-14В ₂	102
2.6.2 Оптимізація методики відновлення оливи М-14Г ₂ ЦС	106
2.7 Підвищення екологічності відновлених олив	110
2.8 Висновки до розділу 2	112
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОЇ ЗАГАЛЬНОЇ СХЕМИ УТИЛІЗУВАННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МОТОРНИХ ОЛИВ ЗАЛІЗНИЦЬ	115
3.1 Існуючі технології та схеми регенерації відпрацьованих моторних олив на залізничному транспорті	115
3.2 Розробка загальної схеми та розрахунок апаратури для регенерації відпрацьованих моторних олив	117
3.3 Підбір та розрахунок основного обладнання для обраної схеми	119
3.3.1 Розрахунок обладнання для невеликих потужностей	121
3.3.2 Розрахунок обладнання для значних потужностей	135
3.4 Висновки до розділу 3	142
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОЇ ЗАГАЛЬНОЇ СХЕМИ УТИЛІЗУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ШЛАМІВ ЗАЛІЗНИЦЬ	143
4.1 Вивчення екологічної обстановки навколо підприємств залізничної інфраструктури з точки зору утворення технологічних шламів та їх	

характеристика	143
4.2 Підбір основної апаратури та реагентів для утилізуван­ня нафтош­ламів.....	145
4.3 Висновки до розділу 4	156
РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПО­НОВАНИХ ПРИРОДООХОРОННИХ ЗАХОДІВ	157
5.1 Техніко-економічний розрахунок обладнання	157
5.1.1 Розрахунок складових загальної схеми відновлення відпра­цьованих моторних олиव	157
5.1.2 Розрахунок складових загальної схеми стилізування техноло­гічних шламів	160
5.2 Розрахунок еколого-економічних збитків від антропогенного впливу на довкілля	161
5.3 Розрахунок платежів (зборів) за розміщення відходів	164
5.4 Розрахунок еколого-економічної ефективності природоохоронних заходів	167
5.5 Висновки до розділу 5	173
ВИСНОВОК	174
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	176
ДОДАТОК А. Акти випробування і опубліковані праці апробаційного характеру	194
ДОДАТОК Б. Результати фізико-хімічних і триботехнічних випробувань олив	200
ДОДАТОК В. Орієнтовні граничні значення концентрації продуктів зносу і забруднювачів для різних типів дизелів	202
ДОДАТОК Д. Технічні умови на поверхнево-активні речовини	204

ВСТУП

Актуальність теми. Значний техногенний вплив, що здійснюється сьогодні на навколишнє природне середовище, призводить до розуміння факту необхідності зменшення шкоди, нанесеної природі виробничою діяльністю людини. Одним із найважливіших аспектів негативного впливу техносфери є утворення відходів виробництв. Нафтовмісні відходи займають значну частину у загальній їх кількості. Зокрема, за оцінками експертів, у світі щорічно виробляється близько 39 млн. т різноманітних олив, Україна використовує близько 400 тис. т; згодом до 80 % з цих об'ємів олив перетворюються на відходи. Тому розробка методів утилізації відходів, що включає повторне використання і повернення цінних компонентів у технологічний процес є одними із пріоритетних напрямків раціонального природокористування для підприємств різних галузей економіки.

Практично всі структурні підрозділи залізничного транспорту є джерелами утворення відходів. Поміж інших відходів значними об'ємами утворення відрізняються нафтошлами (технологічні шлами) та відпрацьовані оливи. Так, на Придніпровській залізниці за рік утворюється близько 300 т нафтовмісних відходів, серед яких нафтошлами та відпрацьовані оливи складають 90 %. Враховуючи сучасні прагнення до ресурсозбереження відпрацьовані оливи та інші нафтовмісні відходи потребують уваги спеціалістів. Такі відходи найчастіше відносять до третього класу токсичності, тобто до помірно небезпечних. Вони мають невисоку ступінь біорозкладання (10-30 %), здатні накопичуватись у довкіллі та поступово викликати зміни в екологічній рівновазі, саме тому потребують спеціальних заходів щодо їх знешкодження та ізоляції. Основну потенційну небезпеку при поводженні з нафтовмісними відходами становлять недосконалі термічні процеси утилізації нафтошламів, що супроводжуються викидами бенз(α)пірену та важких металів, а також розповсюджені на залізниці нераціональні принципи поводження з відпрацьованими оливами, що є виразним прикладом безвідповідального поводження із цінними невідновлювальними

ресурсами. Саме тому створення сучасних раціональних та екологічних схем утилізації та рекуперації нафтовмісних відходів є науково-прикладним завданням, що вирішується у дисертаційній роботі та призведе до зменшення техногенного навантаження, пов'язаного з накопиченням, поводженням та мінімізацією відходів третього класу небезпеки.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

У дисертаційній роботі наведено результати досліджень, які виконані відповідно до “Основних напрямків державної політики України в галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки”, визначених Постановою Верховної Ради України; робота відповідає основним планам наукових досліджень Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна; науково-дослідною роботою НДР № 51.07.06.07. «Розробка технології та апаратури для ліквідації наслідків транспортних аварій з нафтопродуктами» (2007 р., номер держреєстрації 0106U005701).

Метою дисертаційної роботи є підвищення рівня екологічної безпеки та забезпечення раціонального поводження з нафтовміщуючими відходами.

Для досягнення поставленої мети в дисертації вирішені **завдання**:

- вивчити особливості утворення нафтовмісних відходів на залізниці та надати оцінку небезпечності відбракованих олив і відходів нафтошламів з точки зору їх впливу на навколишнє середовище та людину, дослідити сучасні методи поводження з відпрацьованими оливами і технологічними шламами з метою розробки екологічно безпечного оптимального для умов залізничних підприємств;
- дослідити існуючі технології регенерації відпрацьованих олив, зокрема метод з використанням сульфатної кислоти, розробити новий метод регенерації відпрацьованих моторних олив з використанням принципів ресурсозбереження та технологічності;
- запропонувати новий метод очистки олив, для якого встановити залежності ступеню освітлення моторних олив від кількості та співвідношення реаге-

нтів, а також отримати кінетичні залежності освітлення моторних олив після використання запропонованого методу;

- запропонувати метод розділення нафтовмісних технологічних шламів, а також отримати кінетичні залежності ступеню розділення технологічних шламів після використання запропонованого методу;

- розробити загальну еколого-хіммотологічну схему поводження з нафтопродуктами на залізниці та виконати техніко-економічне обґрунтування обраних технологій.

Об'єкт дослідження – процеси утилізації та відновлення нафтовмісних відходів.

Предмет дослідження – екологічна безпека залізниць та раціональне поводження з нафтовміщуючими відходами.

Методи дослідження. У роботі застосовувались наступні методи: теоретичні методи дослідження були засновані на системному підході до аналізу об'ємів утворення та складу нафто- та оливовміщуючих відходів на залізничному транспорті, що дало змогу обрати відповідні методи відновлення якості відпрацьованих олив та поводження з технологічними шламами. Для проведення експериментальних досліджень використовувались стандартні методики, що викладені у ДСТУ.

Положення, що захищаються. Запропоновано метод відновлення та регенерації моторних олив марок М-14В₂ та М-14Г₂ЦС з високими показниками ефекту очищення та виходу продукту, які перевищують показники існуючих технологій та є екологічно безпечнішими на відміну від традиційних. Отримано кінетичні залежності освітлення моторних олив марок М-14В₂ та М-14Г₂ЦС, що дозволяє визначити мінімальний час освітлення, найефективнішу ПАР, моделювати процеси відновлення, забезпечивши тим самим ресурсоощадність процесів очистки. Вперше запропонований метод розділення нафтовмісних технологічних шламів за допомогою ПАР та ПАА, який забезпечує ефективність розділення фракцій з отриманням вуглеводневміщуючого продукту, що обумовлює маловідходність процесу утилізування. Розроблено загальну функціона-

льну еколого-хіммотологічну схему поводження з моторними оливами на залізничному транспорті, в основу якої покладено принципи ресурсозбереження та раціонального поводження з нафтовміщуючими відходами.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у зменшенні екологічного навантаження внаслідок створення нової комплексної схеми поводження з відпрацьованими оливами і технологічними шламами залізниць, впровадження якої забезпечує збільшення ефективності процесу відновлення та ресурсозбереження, підвищує екологічність процесів нафтообігу. Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

1. Вперше встановлена залежність ступеня освітлення моторних олив від співвідношення концентрацій алкілбензосульфоїкислоти (АБСК) та поверхнево-активних речовин (ПАР), яка дає змогу обрати оптимальний спосіб відновлення.

2. Вперше отримано кінетичні залежності освітлення моторних олив марок М-14В₂ та М-14Г₂ЦС, що дозволяє визначити мінімальний час освітлення, найбільш ефективну ПАР, моделювати процеси відновлення та забезпечує екологічність і ресурсощадність процесів очистки.

3. Вперше розроблено загальну функціональну еколого-хіммотологічну схему поводження з моторними оливами на залізничному транспорті, впровадження якої дозволяє мінімізувати кількості таких відходів та повернути цінну сировину (оливи) у технологічний процес у вигляді відновленої моторної оливи чи промивної рідини для оливних систем тепловозів.

4. Удосконалено метод відновлення та регенерації моторних олив марок М-14В₂ та М-14Г₂ЦС із застосуванням оксіетильованого моноалкілфенолу та алкілбензосульфоїкислоти, що забезпечують ефективність очищення до 96 % та вихід продукту до 94 % і є екологічно безпечними на відміну від традиційних.

5. Удосконалено метод розділення нафтовмісних технологічних шламів шляхом використання сульфонолу та поліакриламідів з отриманням якісно очищеного вуглеводневміщуючого продукту у кількості 46 %, що забезпечує раціональне поводження та маловідходність процесу стилізування. Отримані

кінетичні залежності ступеня розділення нафтовмісного технологічного шламу на фракції після додавання ПАР та ПАА.

Практичне значення отриманих результатів.

- Визначені особливості утворення нафтовмісних відходів на залізниці та надана оцінка небезпечності відбракованих олив і відходів нафтошламів з точки зору їх впливу на навколишнє середовище та людину;

- Випробувані різні технологічні схеми регенерації відпрацьованих олив і досліджена динаміка змін основних експлуатаційних властивостей олив після використання різних схем відновлення;

- Показана можливість отримання олив експлуатаційної якості після впровадження запропонованого методу;

- Запропонована технологічна схема відновлення якості відпрацьованих моторних олив локомотивних депо залізниць з отриманням в результаті відновленої оливи та промивної рідини для оливних систем тепловозів. Технологія була випробувана на реальних об'єктах в умовах тепловозних цехів локомотивних депо на станціях Дніпропетровськ та Нижньодніпровськ-Вузол Придніпровської залізниці;

- Виконаний підбір основного технологічного обладнання і допоміжних засобів для проведення регенераційних заходів;

- Досліджені сучасні методи поводження з технологічними шламами та розроблений оптимальний для умов залізничних підприємств;

- Запропонований метод реагентної переробки технологічного шламу із застосуванням декантера і теплообмінника з отриманням вуглеводнів, води, твердого залишку, яка була випробувана на реальному об'єкті в умовах тепловозного цеху локомотивного депо на станції Нижньодніпровськ-Вузол Придніпровської залізниці. Впровадження такої схеми надає можливість використовувати отриманий після переробки вуглеводневмісний продукт як мастильний матеріал для вузлів тертя тепловозів та дизель-поїздів;

- Виконане техніко-економічне обґрунтування обраних технологій.

Особистий внесок здобувача. Отримання експериментальних даних, їх критичний аналіз, узагальнення результатів, проведення розрахунків, підготовка публікацій та доповідей виконано безпосередньо здобувачем. Обговорення результатів, постановка задачі та формулювання висновків виконано спільно з науковим керівником.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались на:

- II Міжнародній Конференції з питань поводження з відходами виробництва та споживання, – Київ, 2007 р.;
- 67 Міжнародній науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту», ДНУЗТ, – Дніпропетровськ, 2007 р.;
- I та II Міжнародній науково-практичній конференції студентів, магістрантів і аспірантів, – Одеса, ОДЕУ, 2008 р., 2009 р.;
- Міжнародній науково-практичній конференції «Екологічні проблеми техногенно-навантажених регіонів», – Дніпропетровськ, НГУ, 2008 р.;
- II Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми хімотології», – Київ, НАУ, 2008 р.;
- четвертій Міжнародній молодіжній науковій конференції «Довкілля – XXI» – Дніпропетровськ, Інститут природокористування, 2008 р.;
- Всеукраїнській науковій конференції студентів та аспірантів «Екологічна безпека держави», – Київ, НАУ, 2009 р.;
- VI Всероссийской НТК «Политранспортные системы», – Новосибирск: Изво СГУПСа, 2009 г.;
- I міжнародному конгресі «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування», – Львів, НУ «Львівська політехніка», 2009 р.;
- III Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми хімотології», – Одеса, Астропринт, 2010 р.;

- V Международной научно-практической конференции «Проблемы безопасности на транспорте», – Гомель: БелГУТ, 2010 г.;
- X Міжнародній науково-технічній конференції «Авіа-2011» , – Київ, НАУ, 2011 р.;
- The fifth world congress “Aviation in the XXI-st century. Safety in Aviation and Space Technologies”, - Kyiv, 2012;
- Международной научно-практической конференции «Академическая наука – проблемы и достижения», - Москва, 2013 г.

Публікації. Результати дисертаційної роботи опубліковані в 26 друкованих наукових роботах, у тому числі 9 статей у наукових фахових виданнях України, 15 – в матеріалах і тезах конференцій (з них 1 одноосібна). Отриманий патент України на винахід та корисну модель.

Структура та об’єм дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, п’яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Вона містить 206 сторінок, із них 168 сторінок основного тексту, 84 рисунки і 26 таблиць, список використаних джерел зі 143 найменувань на 18 сторінках, 4 додатків на 10 сторінках.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ І МЕТОДИ ЇХ РЕГЕНЕРАЦІЇ ТА УТИЛІЗАЦІЇ

1.1 Особливості утворення відходів на підприємствах транспортної інфраструктури

За оцінками експертів світові об'єми виробництва змащувальних оливо різних марок на сьогодні складає близько 38,5 млн. т на рік. Незначна їх частина (10-20 %) безповоротно втрачається у процесі використання на випаровування, розливи, угар, витік. Основна ж їх маса (80-90 %) [1] поступово забруднюється різноманітними металевими, мінеральними та органічними домішками, зазнає термічного розкладення через взаємодію з нагрітими частинами обладнання, окиснення під дією кисню повітря, на них діють такі фактори навколишнього середовища, як тиск, електричне поле та природне освітлення. Як результат, відпрацьована олива повністю змінює свої характеристики і стає дуже густою ілоподібною речовиною чорного або темно-коричневого кольору, густою сумішшю різного роду рідин з добавками твердих речовин - оксидів металів, продуктів зносу.

Свої особливості має робота та поступове забруднення моторних оливо, що працюють на тепловозах і дизель-поїздах підприємств залізничного транспорту. Мазильні матеріали, що використовуються у вузлах тертя локомотивів, знижують втрати потужності на тертя, відводять тепло і захищають вузли тертя від корозії та у багатьох випадках є ущільнюючим середовищем. Двигуни внутрішнього згоряння, що встановлені на тепловозах і дизель-поїздах, працюють у широкому діапазоні частоти обертання колінчастого валу при змінних навантаженнях і різноманітних температурних режимах.

Особливо негативним явищем є потрапляння до оливи навіть у незначній кількості палива або води. При потрапленні дизельного палива в оливу в першу чергу знижується її в'язкість, адгезія і температура спалаху. Неповне згоряння

палива викликає потрапляння у картер смолисто-сажистих часток, що забруднюють оливу та інтенсифікують лако- і нагароутворення. При потрапленні води руйнується оливна плівка в підшипниках колінчастого валу і антифрикційний шар підшипників, посилюється зношення і корозія деталей двигунів, з'являються згустки, які забивають оливопровід та ускладнюють потрапляння оливи до деталей [2]. Також вода утворює стійку емульсію з оливою, що не тільки погіршує якість оливи, а й ускладнює її подальшу регенерацію. Такі відпрацьовані оливи по закінченні строку роботи видаляють із системи змащування та замінюють свіжими. Їх кількість дорівнює приблизно 31 млн. т на рік. Через вищезазначені зверх нормативні втрати, розливи, витіки реальна кількість зібраних відпрацьованих олив у світі складає 19 млн. т на рік, тобто половину від прогнозованої цифри.

Світове використання моторних олив складає більше 30 млн. т на рік, приблизно 80 % з цієї кількості складають базові оливи групи I, тобто традиційного селективного очищення (за класифікацією API). Також оливи саме цієї групи у найбільшій кількості виготовляють в країнах ЄС, необхідну якість одержують шляхом додавання до базових олив різноманітних присадок. За прогнозами експертів, у найближчі роки очікується зростання виробництва олив III групи з більшими значеннями індексу в'язкості, а також синтетичних олив, що мають такі переваги, як меншу залежність в'язкості від температури та низьку температуру застигання, низьку випаровуваність та менше використання і втрати оливи (як результат, економія оливи), кращу стійкість до окиснення та термічну стабільність і т.п. [3]. Україна на сьогодні використовує за різними оцінками більше 1 млн. т свіжих олив на рік і збирає за офіційними даними близько 50 тис. т на рік (5 % від загальної кількості) [1].

Нафтошлами очисних споруд на зовнішній вигляд представляють собою густу, в'язку пастоподібну масу з окремими включеннями механічних домішок, згустків важких олив та консистентних олив. Шлами достатньо обводнені (вміст води від 20 до 70 %). У більшості випадків вони вміщують в середньому 30 % і більше нафтопродуктів та мають теплоту згоряння 3000-5000 ккал/кг.

Хімічний склад нафтошламів дуже складний. Крім того, далеко не всі їх фракції можна спалити або переробити. Нафтошлами відрізняються різноманітним складом; в них присутні нафта, вода, нафтові емульсії, асфальтени, гудрони, іони важких металів, різноманітні механічні домішки та радіоактивні елементи. При тривалому зберіганні вони розшаровуються: верхній шар - емульсія нафти з водою, середній - освітлена вода з нафтопродуктами, нижній - тверда фаза (70 %), просочена нафтопродуктами. У нижньому шарі (донний осад) міститься 26–45 % смолистоасфальтенових речовин і 15–30 % парафінів, а також зв'язана нафта, глина, пісок, вода, продукти корозії. Утилізування технологічного шламу дещо ускладнюється через суттєву різницю складу та властивостей трьох фракцій технологічного шламу, а саме нафтової, водної та твердої. Утилізувати нафтошлами можливо кількома методами механічними, фізико-механічними, термічними, за допомогою біо- та хіміотехнологій [4, 5].

Відповідно до прийнятих рішень, відпрацьовані нафтопродукти підлягають обов'язковому збору та утилізуванню, а в окремих випадках і знищенню. Найбільш ефективним способом утилізування є регенерація - вторинна переробка відпрацьованих олив з метою повного відновлення їхніх первинних властивостей, яке здійснюється, як правило, шляхом складної багатостадійної переробки на спеціалізованих підприємствах. Постійна поява нових способів і засобів рішення завдань утилізування, створення все досконаліших, безвідхідних методів регенерації відпрацьованих мастильних матеріалів, питання екології та охорони здоров'я людини викликають необхідність постійної уваги до даної проблеми, що перебуває на стику техніки, екології та економіки.

Для більшості держав регенерація з отриманням кондиційних мастильних матеріалів є найкращою можливістю організувати в країні на власній сировинній базі виробництво цієї важливої для багатьох сфер народного господарства продукції. Крім того, регенерація дозволяє ефективно позбутися від небезпечних відходів виробництва, уникнувши при цьому витрат на їхнє знищення, заощадити природні й трудові ресурси, капіталовкладення, матеріали й електрое-

нергію, підвищити ступінь забезпеченості держави власними ресурсами за рахунок використання вторинних.

1.2 Вивчення токсикологічних властивостей нафтовмісних відходів відповідно до міжнародних вимог екологічної безпеки

Відпрацьовані нафтопродукти є токсичними відходами, які мають невисокий ступінь біорозкладання (10-30 %). Токсичність нафтопродуктів визначається сполученням вуглеводнів, які входять до їх складу. Зокрема ацени є найсильнішими канцерогенами у складі нафтопродуктів, також значну токсичну дію мають олефіни, сполуки сірки, азоту та кисню. Особливо негативну дію відпрацьовані нафтопродукти мають на центральну нервову та серцево-судинну системи людини, ендокринний апарат організму, знижують гематологічні показники, викликають ураження печінки та щитовидної залози [6-9, 10, 11].

Велику шкоду відпрацьовані нафтопродукти спричиняють і навколишньому природному середовищу і особливо водним ресурсам. Так, за оцінками експертів один літр відпрацьованої оливи може забруднити близько семи мільйонів літрів ґрунтових вод.

Головним чином, токсичність відпрацьованих олив зростає через поступове збільшення вмісту бенз(а)пірену, і це у значній мірі визначає третій клас токсичності цих відходів. Вміст у відпрацьованих оливах бенз(а)пірену в більшості країн служить показником їхньої небезпеки, оскільки сумарна токсична дія бенз(а)пірену приблизно в 10000 разів вище, ніж в оксидів азоту, що також утворюються у працюючих оливах. Вміст бенз(а)пірену може збільшуватися до 15 мг/кг (загальний вміст поліциклічних аценів до 482 мг/кг), а частка від загальної канцерогенності відпрацьованої оливи становить 18 %.

Саме тому відпрацьовані нафтопродукти були віднесені світовим співтовариством до категорії небезпечних відходів.

Відпрацьовані оливи містять у своєму складі за різними оцінками близько 38 хімічних сполук, що мають мутагенну та канцерогенну дію. Серед цих спо-

лук, крім бенз(α)пірену, треба виділити фурану, діоксини, поліхлордіфеніли та інші. Останні дві сполуки включені Стокгольмською конвенцією у список дванадцяти найтоксичніших стійких органічних забруднювачів планети [9, 11].

Тому на своїй третій нараді конференція сторін Стокгольмської конвенції, яка пройшла з 30 квітня по 4 травня 2007 року в Дакарі (Сенегал), своїм рішенням прийняла оновлений проект керівних принципів по найкращим наявним методам (ННМ) і попереднім вказівкам по найкращим видах природоохоронної діяльності (НВПД).

Хімічні речовини, що були зазначені в Стокгольмській конвенції, включають: поліхлорований дібензо-*p*-діоксини (ПХДД), поліхлоровані дібензофурану (ПХДФ), поліхлоровані біфеніли (ПХБ) і гексахлорбензол (ГХБ). Ці речовини, крім того, що вони є речовинами з документованою токсичністю, є достатньо стійкими, здатні до біоаккумуляції і перенесення на великі відстані. У керівних принципах і вказівках вказані процеси, які ведуть до ненавмисного утворення і викиду цих речовин, а також їх вплив на людину і навколишнє середовище. Крім того, перераховані ефективні заходи для запобігання викидам цих речовин. Так, серед інших до них віднесені:

- використання маловідхідної технології;
- використання менш небезпечних хімічних речовин;
- сприяння розповсюдженню практики рекуперації і рециркуляції відходів і речовин, які утворюються і використовуються в межах того або іншого процесу;
- заміна матеріалів в тих випадках, коли вони є стійкими органічними забруднювачами або коли є безпосередній зв'язок між матеріалами і викидами стійких органічних забруднювачів з джерела;
- раціональне господарювання і програми в області профілактичного ремонту;
- удосконалення методів регулювання відходів в цілях припинення відкритого або іншого неконтрольованого спалювання відходів, включаючи спалювання звалищ сміття. При розгляді пропозицій про будівництво нових устано-

вок по видаленню відходів увагу слід приділяти таким альтернативам, як заходи щодо максимального скорочення утворення різних типів відходів, включаючи відновлення ресурсів, повторне використання, рециркуляцію, розділення відходів і сприяння використанню продуктів, які приводять до утворення меншого об'єму відходів. На основі цього підходу повинні ретельно розглядуватися питання охорони здоров'я людини;

- максимальне скорочення цих речовин, присутніх в продуктах у вигляді забруднювачів;
- необхідність уникати використання елементарного хлору або хімічних речовин, що включають елементарний хлор.

Окрім Стокгольмської конвенції існує також ще одне глобальна угода, а саме Базельська конвенція щодо контролю за транскордонним перевезенням небезпечних відходів і їх видаленням, яка була прийнята в 1989 році і набрала чинності 1992 року. Базельська конвенція накладає на країни-учасниці зобов'язання, поміж інших, по мінімізації виробництва небезпечних відходів; забезпеченню адекватних установок по утилізуванню; а також забезпеченню екологічно безпечного управління відходами.

Конференція сторін Базельської конвенції на своєму восьмому засіданні в грудні 2006 року прийняла оновлений варіант загальних технічних вказівок по екологічно обґрунтованому управлінню відходами, що складаються із стійких органічних забруднювачів, а також оновлений варіант вказівок по екологічно обґрунтованому поводженню з відходами, що складаються з поліхлорованих біфенілів, поліхлорованих терфенілів або полібромованих біфенілів, відходами, що містять ці речовини, або відходами, забрудненими цими речовинами [12].

Підприємства по переробці відпрацьованих олив наводяться в Стокгольмській конвенції як потенційне джерело утворення і викидів хімічних речовин. Виявилось, що відпрацьовані оливи можуть бути забруднені поліхлорованим дібензо-п-діоксином (ПХДД), поліхлорованими дібензофуранами (ПХДФ) і поліхлорованими біфенілами (ПХБ).



d541

Зазначено, що в даний час немає свідомств того, що на підприємствах по переробці відпрацьованих олив відбувається новоутворення ПХДД/ПХДФ або ПХБ. Наявні дані свідчать, що викиди ПХДД/ПХДФ і ПХБ підприємствами по переробці відпрацьованих олив або підприємствами по їх транспортуванню і утилізуванню відбуваються в результаті промислового, спеціального виробництва ПХБ або хлорбензолів, які потрапляють у відпрацьовані оливи як забруднювачі або в процесі синтезу (цих хімічних речовин), або в процесі використання або попередньої рециркуляції. У цьому сенсі підприємства по переробці відпрацьованих олив є не джерелом формування хімічних речовин, а швидше джерело їх розповсюдження.

Згідно наявної інформації, варіанти утилізування відпрацьованих олив включають: повторне використання або регенерацію, термічний крекінг, і спалювання або використання як паливо. Слід зазначити, що в багатьох країнах також практикується скидання на звалище і відкрите спалювання.

Так як на підприємствах по переробці відпрацьованих олив саме відпрацьовані оливи є основними джерелами забруднення ПХДД/ПХДФ і ПХБ, єдиною основною мірою по скороченню емісій ПХДД/ПХДФ і ПХБ на таких підприємствах є переробка відпрацьованих олив з низькими концентраціями ПХДД/ПХДФ і ПХБ. Регенована олива має містити не більше 50 мільйонних часток (мг/л) полі хлорованих біфенілів та трифенілів.

Європейська асоціація промисловості повторного очищення (Groupement Europeen de l'Industrie de la Regeneration; GEIR) рекомендує, щоб при регенерації перевага віддавалася тим видам відпрацьованих олив, що не містять хлор [12].

У країнах Європейського Союзу на сьогодні діє директива Ради 75/439/ЕЕС, спрямована на утворення уніфікованої системи збирання, переробки, зберігання та видалення відпрацьованих олив. Директива дозволяє країнам-членам ЄС компенсувати компаніям витрати на збирання та видалення відпрацьованих олив. Найбільш пріоритетним вважається регенерація відпрацьованих олив, а не їх спалення; менш пріоритетним - їх знищення, контрольоване збері-

гання або заховання. Країни-члени ЄС мають забезпечувати безпечне збирання та видалення відпрацьованих олив. Заборонено скидати такі відходи у водні об'єкти або дренажні системи.

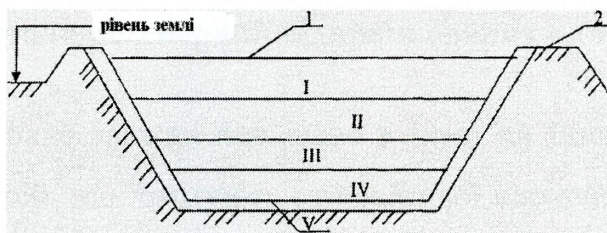
Будь-яке підприємство, що займається видаленням відпрацьованих олив, повинне отримати дозвіл від компетентного органу. А підприємства, що займаються збиранням відпрацьованих олив, мають проходити реєстрацію та контролюватися.

1.3 Загальні принципи поводження з нафтовмісними відходами на залізничному транспорті

Використання такої вторинної сировини як відпрацьовані оливи і технологічні шлами, що включає їх збирання, зберігання, очищення, регенерацію та повернення у технологічний процес, зумовлені рядом екологічних та економічних потреб. Це складна кількарівнева процедура, регламентована відповідними законодавчими актами, розпорядженнями і ухвалами Міністерств і відомств [13]. Ними затверджуються певні норми збору відпрацьованих олив, які обчислюються у відсотках від витрати свіжих олив, згодом на їх основі розробляють плани збору і регенерації відпрацьованих олив для підприємств різних галузей.

Для отримання позитивного результату від регенерації, тобто отримання високоякісного продукту, необхідно чітко дотримуватись вимог до проведення попередніх заходів. До них відносять збирання відпрацьованих олив різних марок та різного ступеню забруднення в окремих резервуарах з відповідним маркуванням, зберігання їх з дотриманням необхідної температури (з використанням теплоізоляції та засобів підігрівання), транспортування до пунктів регенерації. На рис. 1.1 наведений типовий нафтошламонакопичувач та його пошарова структура [14].

При зберіганні відпрацьованих олив і нафтошламів підприємства мають дотримуватись вимог ДСТУ 4454:2005 [15].



1 - рівень нафтопродукту; 2 - обвалування; I - шар нафтопродукту, що прогрівается у літній період; II - шар застиглого нафтопродукту; III - шар води; IV - осад; V - основа нафтошламонакопичувача

Рисунок 1.1 - Типовий нафтошламонакопичувач [14]

Крім того, підприємства зобов'язані дотримуватись технічних умов на відпрацьовані нафтопродукти, а також ретельно перевіряти справність і особливо герметичність резервуарів і арматури для попередження потрапляння вологи та сторонніх предметів, періодично очищувати ємкості від осаду, що утворюється в результаті відстоювання оливи [16]. Місця зберігання відпрацьованих оливи мають бути забезпеченими протипожежними засобами у відповідності до норм та правил, що діють на підприємстві. Як приклад резервуару для зберігання темних нафтопродуктів можна навести двостінний горизонтальний циліндровий резервуар (РДГ) (рис. 1.2), призначений для зберігання нафтопродуктів зі щільністю до 10 кН/м^3 , робочим тиском до $0,07 \text{ МПа}$ і допустимим вакуумом до $0,001 \text{ МПа}$; його технічні характеристики наведені у таблиці 1.1.

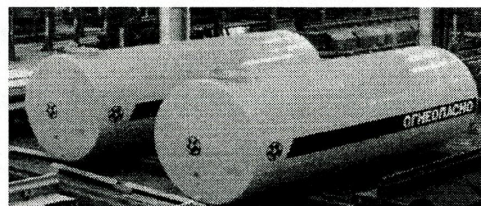


Рисунок 1.2 - Загальний вид резервуару РДГ ТУ У 24607422.002-99

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики резервуару РДГ ТУ У 24607422.002-99

Найменування	РДП 11-0.04 НМ	Рав 22-2-0.04 НМ	РДП 1-1-0.07 НМ	Рав 22-2-0.07 НМ
Місткість резервуару загальна, м^3	11	22	11	22
Місткість модуля резервуару, м^3	11	11	11	11
Кількість модулів, Дор.	1	2	1	2
Довжина, мм	2500+20	5000+40	2500+20	5000+40
Ширина, мм	2430±20	2430±20	2430+20	2430+20
Маса, т	1,92±0,05	3,74+0,1	1,92±0,05	3,74±0,1

1.4 Основні методи регенерації відпрацьованих олив

Використання олив завжди пов'язане з тими чи іншими змінами фізико-хімічних властивостей, що лімітують строк їхньої корисної праці. Але досліді показали, що в основному груповий хімічний склад оливи змінюється у незначній мірі. Продукти фізико-хімічних перетворень олив, а також шкідливі домішки, що потрапляють ззовні та роблять оливи непридатними для подальшої роботи, складають лише незначну частину загальної їх маси та за допомогою деяких методів переробки можуть бути видалені. Після вилучення забруднюючих речовин поновлюються первісні властивості олив і їх можна використовувати повторно у суміші зі свіжими оливами.

Основними напрямками переробки відпрацьованих олив є спільна переробка у суміші з нафтою на нафтопереробних заводах та цільова їх переробка з отриманням компонентів олив (регенерація).

Спільну переробку відпрацьованих олив у суміші з нафтою можна проводити на нафтопереробних заводах по повній технологічній схемі, кількість олив, що додаються при цьому, не повинно перевищувати 1 % від об'єму сирової нафти. Але наявність забруднень та присадок у відпрацьованих оливах негативно впливає на роботу електрознесолюючих пристроїв, погіршує процес розділення нафти, підвищує вміст нафтопродуктів у стічних водах [17, 18].

Основним методом на сьогодні вважається регенерація відпрацьованих олив; цей спосіб є економічно рентабельним, тому що при правильній організації процесу вартість відновленої оливи на 40-70 % нижча за ціну свіжих олив при практично однаковій їхній якості. За деякими оцінками для виробництва 1 л нової високоякісної мастильної оливи необхідно 67,2 л сирової нафти і лише 1,6 л відпрацьованої оливи.

Регенерація олив здійснюється або безперервним їх очищенням під час роботи у циркуляційних системах промислового обладнання та двигунів за допомогою фільтраційних пристроїв та центрифуг, або відновленням відпрацьованих олив, що зливаються із різноманітних агрегатів та обладнання, на оливоре-

генераційних приладах, як правило, у стаціонарних умовах (спеціальні оливо-регенераційні станції, цехи, заводи). Методи регенерації можна поділити на фізичні, фізико-хімічні, хімічні та комбіновані. На практиці найбільш поширеними є комбіновані методи, які у найбільшій мірі забезпечують якісне очищення відпрацьованих олив [19].

1.4.1 Фізичні методи

До фізичних відносять такі методи, при використанні яких видаляють лише механічні домішки, тобто пил, пісок, частинки металу, воду, смолянисті, асфальтоподібні, коксоподібні і вуглисті речовини, а також пальне, не зачіпаючи при цьому хімічної основи олив, що очищуються. До них належать відстоювання, фільтрація, сепарація (центрифугування), промивка водою; також при необхідності проводиться відгін легких паливних фракцій.

Відстоювання - перша і обов'язкова операція процесу регенерації. Механічні домішки і вода, що знаходяться в оливі в зваженому стані, осідають при спокійному стоянні оливи протягом 2–18 годин у залежності від температури нагріву та висоти стовпа рідини. Відстій заснований на принципі осадження частинок під дією їх сили тяжіння. Швидкість осадження (з рівняння Стокса) частинок тим більше, чим більше їх розмір і питома вага і менше в'язкість рідини. В першу чергу випадають в осад металеві частинки, кокс і смолянисті речовини. Згодом верхній шар відстояної оливи забирають через верхній приймач, а нижній шар води із залишком оливи потрапляє у інший відсік, де за допомогою жировловлювачів проходить остаточне видалення оливних залишків [16, 20].

Таким методом очищають оливи з невисоким вмістом води. Відстоювання відпрацьованих олив від механічних домішок та води і при підігріві не завжди приводить до бажаного результату: іноді навіть при тривалому процесі значна кількість домішок залишається в зваженому стані, тобто практично олива не відстоюється. Це відноситься до відпрацьованих дизельних і автомобільних

олив з диспергуючими (миючими) присадками, а також до інших олив, забруднених дрібнодисперсними домішками.

Сепарація дозволяє більш глибоко провести очищення відпрацьованої оливи. Це процес центрифугування, коли під впливом відцентрових сил продукти розділяються у відповідності до густини: найбільш важкі забруднюючі домішки відтісняються до стінок ємкості, утворюючи кільцевий шар відкладень; наступний шар складається з води, що виділяється, а третій кільцевий шар, розташований біля осі обертання, є очищеною оливою. Вода та механічні домішки осідають на кожусі барабану та видаляються з нього у шламоприймач. Оливу при необхідності подають на повторну сепарацію або відправляють на подальше очищення за допомогою інших методів.

Є спосіб очищення відпрацьованої оливи шляхом магнітної сепарації, центрифугування та фільтрації [21], при цьому як реагент, що змішують з водою 1:1, використовують суміш: ортофосфорна кислота 60...95 %, ізопропіловий спирт 4,7...39,7 %, метилетилкетон 0,3...10 %. Перемішування проводять 30...40 хвилин, після чого суміш відстоюють 15...60 хвилин до повної прозорості. Технічним результатом використання реагенту є зниження кислотного числа відпрацьованої оливи не менш ніж удвічі [22]. Також використовують метод, при якому оливу нагрівають до 65...70°C, центрифугують при атмосферному тиску, потім зібрану оливу нагрівають до температури 90...100°C, охолоджують до 65...70°C багаторазово центрифугують під вакуумом [23].

Фільтрація – процес розділення неоднорідних систем за допомогою пористих перегородок, які затримують одні фази цих систем і пропускають інші. До таких процесів відноситься розділення суспензій на чисту рідину і вологий осад, наприклад, відділення від оливи механічних домішок або вибілюючої глини. Метод фільтрації відносять до найбільш раціональних методів регенерації, бо його можливо використовувати безпосередньо в процесі експлуатації, коли у оливні системи двигунів та приладів включені фільтри спеціальних конструкцій. Тип таких конструкцій визначається умовами використання оливи та характером забруднення. Для регенерації олив найчастіше застосовують пат-

ронні фільтри [24]. Недолік цього способу - низька ефективність очищення у зв'язку з тим, що мікрочастинки забруднень розміром до 1 мкм проходять через пори фільтрів. Крім того, фільтрація лише усуває механічні домішки і ніяк не впливає на ті процеси, що призводять до змін фізико-хімічних властивостей оливи, а тому необхідна подальша обробка хімічними реагентами [16, 20].

На сучасному ринку апаратів для очищення відпрацьованих олив відомим є устаткування системи Purifiner, що включає в себе бавовняний фільтр з нагрівальним елементом для зменшення в'язкості оливи, що видаляє забруднення дисперсністю до 1 мкм, та випарник, який видаляє воду до вмісту 0,01-0,02 % (рис. 1.3) [25]. Недоліком запропонованої технології є вузьке коло типів олив, які можуть відновлюватись на подібному обладнанні; значна забрудненість відпрацьованих моторних тепловозних олив не дозволяє використати такий прилад на лінійних підприємствах залізниці.

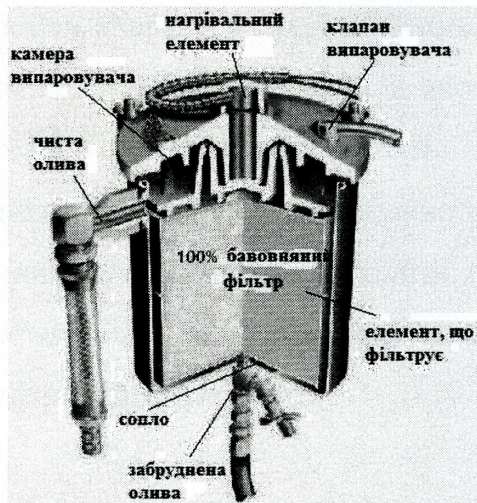


Рисунок 1.3 - Прилад для очищення гідравлічних та мастильних олив Purifiner

При регенерації відпрацьованих олив з двигунів внутрішнього згорання, крім видалення продуктів старіння, необхідний також відгін легких паливних фракцій, без чого неможливо отримати оливи з первинною в'язкістю і температурою спалаху. Процес заснований на різниці температур кипіння палива і оливи.

При нагріванні відпрацьованої оливи в першу чергу з нього випа-

ровується паливо, оскільки температура його кипіння значно нижче температури кипіння оливи [20]. Відпрацьовані оливи промивають водою для видалення з них кислих продуктів – водорозчинних низькомолекулярних кислот, а також мил – солей органічних кислот, розчинних у воді. Також цей метод частково використовують і для видалення механічних домішок (наприклад, вуг-

листих часточок) [16]. Промивка водою не забезпечує повного відновлення олив при глибокому їх старінні. Цим методом часто користуються при експлуатації турбінних олив, для видалення з них розчинених у воді низькомолекулярних кислот. Вода з розчиненими в ній кислотами може бути відокремлена від оливи сепарацією при підігріві до температури близько 60 градусів.

Загалом, якщо говорити по всім вищезазначеним фізичним методам, то їх треба віднести до попереднього способу очищення, який потребує подальших операцій по корегуванню інших фізико-хімічних властивостей відпрацьованої оливи, адже його суттєвим недоліком є низька ступінь очищення.

Окрім вище зазначених методів, які відносять до переліку фізичних, слід також відзначити термічні методи, що дозволяють отримати теплову енергію, але утворюють додаткові проблеми через встановлення високовартісного обладнання та додаткового устаткування для очищення продуктів згорання. Існують розробки апаратів і технологічних схем в області опалення промислових та побутових приміщень, у яких в якості пального пропонується використовувати, зокрема, і відпрацьовані моторні оливи, що дозволяє скоротити витрати та підвищити рентабельність особливо великих виробництв. Також окремо серед термічних методів можна виділити технології крекінгу та перегонки, описані, наприклад у [26]. Зокрема, вакуумна перегонка вважається найбільш ефективною серед фізичних методів.

1.4.2 Фізико-хімічні методи

До фізико-хімічних методів відносять коагуляцію та адсорбцію. Під час коагуляції злипаються та збільшуються часточки колоїдної системи з утворенням дірчастих агрегатів, тим самим пришвидшується процес осадження забруднюючих речовин. Адсорбенти діють таким чином, що поглинають та утримують на своїй поверхні значну кількість асфальто-смолистих речовин, кислотних сполук, ефірів та інших продуктів старіння.

На даний час коагуляція служить основним методом для поліпшення фільтрування олив, що не фільтруються, а також для видалення з продуктів окиснення тих смолянистих і асфальтенових речовин, які разом з механічними домішками і елементами присадки, що спрацьовуються, знаходяться в оливі в зваженому (близькому до колоїдного) стані і не можуть бути видалені за допомогою фізичних методів. Коагуляцію можуть викликати: введення в колоїдну систему різних за своєю природою агентів (додавання електролітів і неелектролітів); механічна дія (перемішування або струшування); нагрівання або, навпаки, сильне охолодження, пропускання електричного струму і, нарешті, дія променевої енергії. У всіх випадках причиною коагуляції є зменшення зв'язку частинок з оточуючим їх дисперсійним середовищем. Для регенерації олив, що не фільтруються, як коагулянти використовують різні синтетичні миючі засоби, поверхнево-активні речовини [20].

Речовини, що використовують для коагуляції, можна розділити на чотири типи: 1. електроліти – кальцинована сода, натрій ортофосфат і т.п.; їх дія заснована на створенні подвійного електричного шару на поверхні частинок; 2. іоногенні ПАВ з активним органічним катіоном або аніоном (органічні електроліти); 3. неіоногенні ПАВ (неелектроліти); 4. поверхнево-активні колоїди і гідрофільні високомолекулярні сполуки.

Ефективними коагулянтами є сульфатна кислота (H_2SO_4), кальцинована сода (Na_2CO_3), натрій ортофосфат (Na_3PO_4), різноманітні миючі речовини. Процес відбувається таким чином: оливу нагрівають до 75...90 градусів і обробляють при перемішуванні протягом 20...30 хвилин 10 %-м водним розчином кальцинованої соди, ортофосфата, після чого вона відстоюється протягом необхідного часу (до 48 годин). Після того, як необхідний час відстою мине, олива подається на відповідну установку для подальшої регенерації по прийнятій технологічній схемі. Як правило, це схема олива–глина–вода.

У таблиці 1.2 наведені результати очищення відпрацьованої моторної оливи М-14Г₂ЦС, що мало забрудненість більше 1200 см^{-1} , очищена олива контролювалася на залишкову забрудненість та диспергуючу здатність [27]. Крім кар-

баміду використовують: суміш води (0,5...0,7 мас. %) та етанолу (3...4 мас. %) [28] або 5...10 мас. % та 35...45 мас. % відповідно [29], отриману суміш витримують під дією змінного струму; етаноламіни (у кількості 0,1...5,0 мас. %) з додаванням етанолу чи 2-пропанолу (до 10 мас. %) або ацетону (до 15 мас. %), у подальшому оброблену оливу відстоюють та доочищають [30].

Таблиця 1.2 - Порівняльна характеристика якості очищеного оливи від типу коагулянту

№	Забрудненість вихідної оливи, см ⁻¹	Склад коагулянту, тривалість обробки, температура	Якість очищеної оливи	
			Забрудненість, см ⁻¹	Диспергуюча здатність
1	242	Етанол - 4 % Вода - 0,5 % Температура - 70-75°C Тривалість процесу - 1 година	18,6	0,34
2	1220	Те саме (див. п. 1)	15,5	0,3
3	1220	Карбамід - 1 % (водний розчин 50:50)	420	не контр.
4	585	Карбамід - 1 % (водний розчин 50:50) Етанол - 2 % Температура - 70-75 °C Тривалість процесу - 1 година	15,4	0,38
5	1220	Те саме (див. п. 4)	7,8	0,37

Недоліками методу є складнощі з підбором коагулянтів та умов, за яких процес коагуляції пройде успішно (температури, необхідності та інтенсивності перемішування). Так іноді коагуляція забруднень може не відбутися через, наприклад, велику загущеність оливи або значну кількість диспергуючих присадок, або час контакту реагенту з оливою, що очищується, може виявитись за великим.

Адсорбція - це процес концентрації речовин на поверхні адсорбенту. При обробці адсорбентами може відбуватися хімічна взаємодія між різними кисневмісними сполуками продуктів старіння оливи і адсорбентом. Високий ефект очищення при умілому використанні адсорбентів і порівняльна простота всіх операцій дають можливість використовувати цей метод для відновлення більшості відпрацьованих олив. Важлива умова адсорбційного очищення - інтенсивність та час контакту оливи з адсорбентом, що зазвичай досягається двома ме-

тодами. При першому адсорбент засипають в оливу при інтенсивному перемішуванні 1000...1400 об./хв., яке іде протягом не менше ніж півгодини; далі використаний поглинач відділяють відстоюванням. Другий метод – це фільтрація через шар крупнозернистого адсорбенту.

Адсорбенти – силікагель (гідрат кремнієвої кислоти, аморфний кремнезем), діалюмінію триоксид, алюмосилікатний каталізатор, вибілюючі глини (з попередньою обробкою сильними мінеральними кислотами або коагулянтами-аміноспиртами з подальшою фільтрацією) - бентоніти (монтморілоніт, кліноптілоліт, асканіт, палигорскіт та ін.). Вибілюючі глини застосовуються найчастіше, оскільки всі штучно приготовані адсорбенти дефіцитні і дорого коштують, а вибілюючі глини – природний адсорбент, дешевий і доступний, такий, що має достатньо високу адсорбційну здатність. Цеоліти по своїй хімічній структурі є водними алюмосилікатами з помітним вмістом окислу заліза і невеликим вмістом окислів лужноземельних металів і лугів, газоподібного аміаку, кальцинованої соди. Їх скелетна структура вміщує порожнини, що зайняті крупними іонами та молекулами води. Це приводить до іонного обміну та зворотній дегідратації. У результаті розбіжностей у розмірах та формах кристалів кожний цеоліт має здатність поглинати лише певні групи компонентів. Завдяки цій здатності, а також прекрасним іонообмінним якостям і розвинутій питомій поверхні з'являється можливість проведення виборчої адсорбції різних домішок, починаючи з розчинених органічних сполук різного походження до важких металів і радіонуклідів [31]. Найбільше розповсюдження отримало використання таких природних цеолітів, як кліноптілоліт, палигорскіт, шунгіт, морденіт, монморілоніт та шабазіт. В Україні є свої запаси природних цеолітів, так широко відомі родовища кліноптілоліту с. Сокірниця в Закарпатській області, а також монтморілоніту с. Дашуківка в Черкаській області.

Дослідження, які проводились спеціалістами ВАТ «Дашуківські бентоніти», по вивченню адсорбційних та каталітичних властивостей палигорскітових глин показали, що ці природні мінерали проявляють високу ступінь регенерації різних типів відпрацьованих мінеральних олив (трансформаторних, турбінних,

трансмисійних). При цьому мінерали зберігають основні корисні властивості олив та видаляють з них присадки (наприклад, таку розповсюджену антиокисну присадку як «Іонол»). Треба зауважити, що додавати вибілюючі глини як адсорбенти краще за все у кислу оливу, тобто попередньо оброблену сульфатною кислотою, бо очевидним при цьому стає посилення ефекту очищення. Також як сорбенти використовують відходи біомаси виробництва антибіотиків пеніцилінового ряду у кількості 3...15 мас. % [32].

Були проведені дослідження по адсорбції з окисом алюмінію (алюмогелем), але так як він має малу механічну міцність і сильно руйнується при температурі більше 100°C та безперервному перемішуванні, то це ускладнює процес фільтрації оливи крізь шар адсорбенту і значно подовжує час фільтрації, крім того виключається можливість повторного використання адсорбенту. Запропонований метод здійснювали наступним чином: відпрацьовану оливу нагрівали, додавали до нього у розрахунковій кількості (у залежності від забруднення та в'язкості оливи) 5...20 мас. % прогартованого силікагелю (технічного гранульованого крупнозернистого) та включали перемішування. При постійно працюючій мішалці піднімали температуру до 120...125°C і при цій температурі доводили час контакту оливи з силікагелем до 3...4 годин. Далі відфільтровували адсорбент від оливи під вакуумом. Для оптимізації технологічного процесу очищення операцію фільтрації здійснювали у три етапи (1 - металічна сітка, 2 - нутч-фільтр, 3 - тонка фільтрація на металокерамічних фільтруючих елементах МКФ) [33]. Досліджувалась можливість використання як адсорбентів природних вибілюючих глин типу Кумертауського родовища Башкортостану, що за властивостями близькі до гумбрину. Регенерацію здійснювали наступним чином: оливу після фільтрації обробляли лугом та обробляли природним адсорбентом, після центрифугували та за допомогою електрогідроциклону та адсорбера доочищували оливу [34].

Загальним недоліком адсорбційного методу є необхідність видалення відпрацьованих адсорбентів та шламів, які в подальшому не підлягають утилізуванню, а просто викидаються, що веде до забруднення навколишнього середови-

ща. Крім того, деякі адсорбенти через недостатньо високі механічні властивості (міцність, опір до стирання) погіршують роботу фільтрів, що в цілому ускладнює процес очищення.

Також до фізико-хімічних методів відносять спосіб очищення та регенерації відпрацьованої моторної оливи, який включає його обробку озонованим повітрям при 40...70°C з наступним очищенням за допомогою 0,1 н розчину гідрозинхлориду та 2 %-ного розчину полівінілового спирту. Іноді додатково для очищення оливи використовують ультразвук [35]. Таким чином олива очищається від смолянистих сполук, але через окиснення компонентів оливи озonom зростає його кислотне число та корозійна активність, що призводить до зростання кількості відходів [36].

1.4.3 Хімічні методи

Сульфатнокислотне очищення – найстаріший і до цих пір найбільш розповсюджений на ряді підприємств нафтової промисловості метод видалення з оливних дистилатів асфальтосмолянистих речовин, кисневмісних і сірковмісуючих сполук та інших небажаних домішок. Для проведення очищення в оливу поступово при постійному перемішуванні додають 4...16 % (по масі) сульфатної кислоти, після чого суміш відстоюють. При цьому утворюються дві рідкі фази – верхній і нижній шари: верхній – кисла олива, що складається з вуглеводнів, вільної сульфатної кислоти і сульфосполук; нижній – кислий гудрон, що складається з вільної сульфатної кислоти, сульфосполук і асфальтосмолянистих речовин. Сульфатна кислота як хімічний реагент в першу чергу діє на більш реакційноспроможні речовини, що знаходяться у відпрацьованій оливі, такі як смоли і асфальтени, карбонові та оксикислоти, феноли та інші продукти окиснення. Під дією сульфатної кислоти частина нейтральних смол полімеризується з утворенням асфальтенів і сульфоокислот. Деяка частина асфальтенів розчиняється в сульфатній кислоті. Основна ж їх частина ущільнюється з утворенням кислого гудрону – важкого в'язкого осаду. При очищенні відпрацьова-

них олив сульфатна кислота видаляє з них неграничні вуглеводні, асфальтосмолянисті сполуки та деякі інші продукти старіння. Всі шкідливі речовини, за винятком органічних кислот, видаляються з відпрацьованих олив з кислим гудроном, основна ж частина вуглеводнів оливи залишається майже без зміни. Для деяких сортів олив, де необхідне більш глибоке очищення, користуються кислотою високої міцності, олеумом, сірки діоксидом, які потребують спеціальних умов та спеціального обладнання для використання. Також важливим для будь-якого з методів сірчанокислого очищення є температурний режим, який обирають окремо для різних груп олив у залежності від їх властивостей та для забезпечення найбільш повного осадження кислого гудрону.

Недоліком використання сульфатної кислоти є присутність в очищеній оливі залишків кислоти та сульфосполук, які негативно впливають на фізико-хімічні характеристики оливи та збільшують його корозійну активність. Крім того утворюється кислий гудрон, що важко утилізується. Видалення кислих сполук потребує значної витрати часу та коштів, а також супроводжується втратою до 50 % оливи. Також для отримання нейтральної реакції до оливи необхідно додавати лужні реагенти [16, 20].

Лужне очищення може бути завершальним етапом після сірчанокислотного очищення, первинним етапом лужноземельного очищення, а також самостійним процесом при регенерації відпрацьованих олив. Для лужного очищення зазвичай застосовують каустичну соду (NaOH), кальциновану соду (Na_2CO_3), натрій ортофосфат (Na_3PO_4), аміноспирти. Тут також уважно слідкують за температурним режимом, який залежить від марки оливи та знаходиться в межах $70\text{...}90^\circ\text{C}$ і обумовлений різною в'язкістю олив. Відомий метод, коли як лужний агент використовують розчин лужного рідкого скла у кількості $0,5\text{...}2,5$ мас. % [37]. Також у відпрацьовану оливу вводять такі лужні реагенти як аміноспирти ($0,5\text{...}1,0$ мас. %) з додаванням водооливорозчинної алкілбензолсульфокислоти ($0,5\text{...}1,0$ мас. % на вихідну оливу) [38] або водний розчин поліетиленоксиду з концентрацією $0,001\text{...}0,01$ мас. % ($0,5\text{...}1,0$ мас. %) [39], далі суміш центрифугують; за рахунок таких додатків підвищується ефективність процесу

в цілому та розширюється асортимент олив. В результаті утворюються натрієві солі (мила), які легко переходять у водний лужний розчин. Мило добре розчиняється у воді, особливо гарячій. Відстоювання оливи після лужного очищення є обов'язковою операцією. При цьому спускають лужні відходи, що відстоялися, а мила, що залишилися в оливі (в основному в зваженому стані), видаляють шляхом промивки гарячою водою. Промивання деяких видів олив іноді замінюють контактною обробкою вибілюючою глиною. Зневоднення оливи проводять після видалення основної кількості води при температурі 110°C або продуванням сухого гарячого повітря до припинення піноутворення [16, 19].

Більш ефективним методом хімічного очищення вважається використання різних селективних розчинників та їх сумішей (фенолу, пропану, суміші фенолу з пропаном), що використовують для очищення залишкових олив, які відносились до незворотньо втрачених. Іноді таке селективне очищення поєднують з сірчаноокислотним. Таким чином кількість відновлених олив суттєво збільшується. Недостатня ступінь очищення відпрацьованих олив при лужному методі обробки пов'язана з присутністю у багатьох оливах різних типів присадок, які суттєво послаблюють коагуляційну та флокуляційну дію лужних реагентів. Тож для кожного типу оливи необхідно підбирати окремі умови для успішної регенерації.

1.4.4 Комбіновані методи

З вище сказаного стає очевидним той факт, що основні методи регенерації відпрацьованих олив не можуть бути застосовані окремо. На практиці часто треба застосовувати різні комбінації способів, щоб забезпечити найкращий ефект очищення та отримати високоякісний продукт. При виборі комбінації методів регенерації необхідно враховувати всі характеристики продуктів старіння відпрацьованих олив, а також вимоги, що пред'являються до регенованих олив, і кількість зібраних олив. Необхідно чітко уявляти екологічні наслідки тих або інших способів регенерації і вибирати найбільш прийнятні в даних

умовах методи. Володіючи цими даними, можна визначити, які фізико-хімічні властивості оливи вимагають виправлення та обрати відповідний спосіб його відновлення.

Наведемо кілька основних схем, що застосовують для регенерації олив різних сортів: відстоювання, зневоднення та фільтрація; відстоювання, обробка ПАР, відгін пального, обробка адсорбентом та фільтрація; відстоювання, обробка ПАР, адсорбентом, відгін пального та фільтрація; відстоювання, обробка кислотою, лугом, відгін пального, обробка адсорбентом та фільтрація. Обов'язковою стадією для кожного методу регенерації, як вже було зазначено вище, є попереднє відстоювання; подальші складові схеми залежать від конкретного типу оливи, ступеня її забруднення, видів забруднюючих речовин, вимог до ступеню очищення оливи, умов регенерації на конкретному підприємстві. Для кожної схеми характерним є свій тип отриманого продукту очищення та побічних продуктів [20].

Так Національним університетом «Львівська політехніка» запропонована комплексна технологія регенерація відпрацьованих олив (ВО), різних за початковим вмістом води, та універсальну блок-схему (рис. 1.4). При цьому можна реалізувати різні технологічні схеми регенерації для відпрацьованих олив мало і значно заводнених (у залежності від передісторії їх використання та зберігання) [40].



Рисунок 1.4 - Блок-схема регенерації відпрацьованої оливи

Установка УВР-0,1 виробництва ТОВ «Завод Укрбудмаш» призначена для очищення від механічних домішок, освітлення і регенерації мінеральних, моторних, дизельних, тепловозних, трансмісійних, гідравлічних, змащувальних, індустріальних, електроізоляційних, трансформаторних, турбінних та інших олив, в'язкість яких при температурі 50°C не перевищує 70 мм²/с (сСт). Загальна схема модуля регенерації очисної установки УВР-0,1 приведена на рис. 1.5. Технічна характеристика установки регенерації мінеральних олив УВР-0,1 приведені в таблиці 1.3 [41].

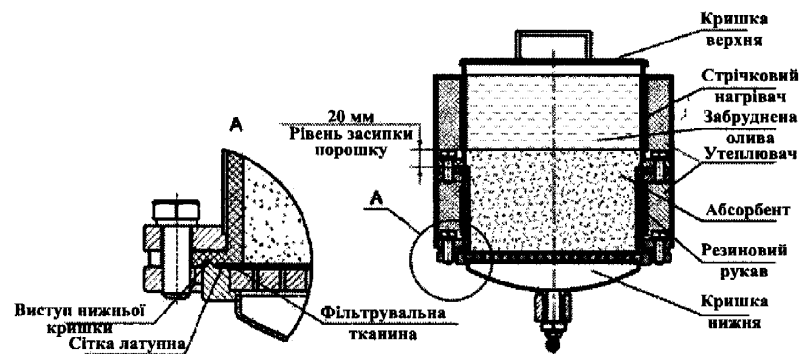


Рисунок 1.5 - Модуль регенерації очисної установки УВР-0,1

Таблиця 1.3 - Технічна характеристика установки регенерації олив

№	Найменування параметра	Показник
1	Продуктивність регенерації, м ³ /год:	
	- трансформаторних олив	0,05
	- турбінних олив	0,05
	- індустріальних олив	0,08
2	- моторних олив	0,05
	Втрати оливи в % від початкового об'єму оливи	
	- трансформаторних олив	3-5
	- турбінних олив	3-5
3	- індустріальних олив	3-5
	- моторних олив	3-5
3	Встановлена потужність, кВт	4,2
4	Тонкість фільтрації фільтрів, мкм	
	- вхідного	25
5	- вихідного	5
	Габаритні розміри, мм не більш	
	- довжина	1900
6	- ширина	1080
	- висота	1750
6	Маса, кг не більш	760

ВАТ „Всеросійський науково-дослідницький інститут по переробці нафти” пропонує ще один спосіб утилізування олив, що полягає у введенні відпрацьованої оливи до складу мазуту з наступним спалюванням отриманої суміші в промислових казанах. Якщо температура горіння нижче 1200°C , у продуктах згоряння палива при наявності слідів хлору можуть утворитися поліхлоровані дифеніли і терфеніли. Тому необхідно було експериментально визначити температуру горіння мазуту, що містить 10 % відпрацьованої оливи в промислово-му казані залежно від витрати повітря. Температура горіння й сполука продуктів згоряння мазуту і його суміші з 10 % відпрацьованої оливи визначали розрахунковим і експериментальним методами.

Термодинамічні розрахунки на підставі даних по повному хімічному елементарному аналізу відпрацьованої оливи і мазуту показали, що при стехіометричній подачі повітря, температура продуктів згоряння суміші дорівнює 2337°K . Розрахунки показали, що при введенні відпрацьованої оливи в мазут кількість таких шкідливих сполук, як окисли важких металів, окисли сірки і азоту, а також газ, зменшуються в продуктах згоряння. Експериментальні дані по сполуці газів підтвердили отримані результати [42].

Наведемо деякі методи регенерації відпрацьованих олив, що застосовуються зараз в світі. Кислотно-адсорбційне очищення - це дуже простий і старий метод, але до сьогодні використовується в багатьох країнах, оскільки не вимагає вкладання великих коштів і не потребує накопичення великої кількості оливи в одному місці. Недоліками процесу є сильне забруднення навколишнього середовища через утворення великої кількості кислого шламу і викиду кислих газів в атмосферу, а також низький вихід регенованого продукту.

При тонкоплівковому випаровуванні олива після видалення води і легких фракцій випаровується в тонкоплівковому випарнику при дуже високому тиску і температурі. Частина, що не випарувалася, складається з твердих забруднень, смолянистих речовин, бітуму і металів і видаляється знизу випарника і може використовуватися у виробництві асфальту. Випарник працює під тиском 1...2 мм ртутного стовпа і температурі до 350°C . Дистилят і фракції або обробляють

фуллеровою землею (різновид глинозему), або вони проходять гідроочищення. Недоліки методу є дуже високий тиск і температура, при яких працює випарник, крім того елементи, що обертаються, необхідно часто міняти. Нагрів випарника до дуже високої температури також проблематичний і вимагає спеціальних підігрівачів.

У процесі екстракції розчинниками для видалення з оливи металів і смол як розчинник використовується пропан. Пропан володіє високою селективністю до вуглеводнів, відокремлюючи метали та інші забруднювачі, які залишаються в осаді. Пропан потім відганяють від оливи для повторного використання, а оливу розганяють під вакуумом на дизельне паливо, базові оливи і важку фракцію. Для стабілізації і очищення використовується адсорбція на вибілюючих глинах або гідроочищення. Недоліками процесу є те, що пропан – розчинник з низькою точкою кипіння; робочий тиск достатньо високий, а це вимагає спеціального устаткування для насосів і змішувачів. Також пропан достатньо небезпечний для роботи і зберігання через постійну небезпеку вибуху пропану. У більшості процесів для кінцевої обробки олив та поліпшення кольору використовується фуллерова земля. Гідроочищення, що проводиться при високій температурі і каталізаторі, забезпечує кращу якість оливи по стабільності та кольору. Але процес стає вигідним тільки при великих потужностях, оскільки вимагає високих інвестиційних витрат. Додаткові проблеми виникають при виробництві водню і роботі з ним.

Наприклад, відомий спосіб регенерації відпрацьованих олив, суть якого полягає в нагріві, відгоні води і легких вуглеводневих фракцій, обробці поліметилсилоксановими розчинниками з подальшою вакуумною розгонкою в тонкоплівковому випарнику [43]. Недоліком процесу є висока вартість розчинника і складність його видалення з суміші з оливою. Якість оливи після стадії екстракції не дозволяє використовувати її для виробництва моторних олив і вимагає проведення додаткової стадії вакуумної дистиляції.

Дослідження проведені на кафедрі хімії й технології оливних матеріалів і хімотології РДУ нафти та газу ім. І.М. Губкіна, показали технологічну можли-

вість реалізації виробництва пластичних мастил на основі відпрацьованих олив. Незважаючи на те, що внаслідок експлуатації в складі відпрацьованих олив збільшується кількість окислених вуглеводнів, смол, асфальтенів, карбонів, а також механічних та інших домішок, і їхнє нагромадження перешкоджає подальшій роботі олив у циркуляційних системах мащення двигунів внутрішнього згоряння, експлуатаційні властивості олив, що збереглися, цілком достатні для їхнього використання в складі консистентних мастил [10, 44].

РДУ нафти та газу ім. Губкіна разом з компанією „Комбінат екологічного обслуговування” був розроблений метод одержання гідратованих кальцієвих мастил на основі відпрацьованих олив. У ході спеціальних досліджень була показана біологічна безпечність, як самих мастил, так і процесу їхнього виробництва. Були визначені класи небезпеки відпрацьованих моторних та індустріальних олив і отриманих на їхній основі продуктів – консистентних мастил. При розрахунку класу небезпеки відпрацьованих олив приймалося, що основним фактором, який визначає їх канцерогенність, є ріст вмісту бенз(α)пірену. При виробництві консистентних мастил відбувається не тільки механічне очищення й зниження концентрації бенз(α)пірену за рахунок використання мінеральних сорбентів, які, у свою чергу, є штатними компонентами консистентних мастил. Дослідження, що були виконані на дослідних партіях консистентних мастил, отриманих з використанням відпрацьованих олив, показали, що їхня небезпека для людини й навколишнього природного середовища відповідає рівню, передбаченому для оливних матеріалів, отриманих по стандартним технологіям. Оцінка їхніх експлуатаційних характеристик, виконана в дослідній лабораторії нафтопродуктів РДУ нафти й газу ім. І.М. Губкіна, свідчить про перевагу отриманих мастил над мастилами, виготовленими за стандартною технологією по трибологічним показникам [45, 46].

За висновками міжурядової групи експертів, існуючі європейські схеми по переробці відпрацьованих олив виробляють оливи як основи, а також деякі побічні продукти та відходи. Легкі фракції останніх можна використовувати як

паливо, а більш важкі з добавками вуглевмісних сполук - як компоненти при виробництві дорожніх покриттів.

На сьогодні такі підприємства працюють за п'ятьма основними технологіями (рис. 1.6-1.10) [12]:

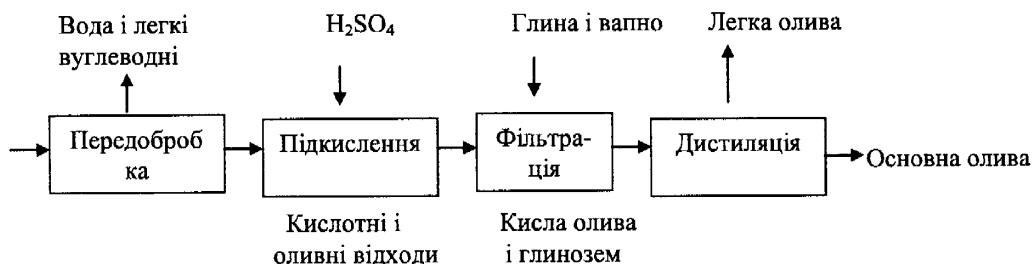


Рисунок 1.6 - Вакуумна дистиляція та обробка глиноземом

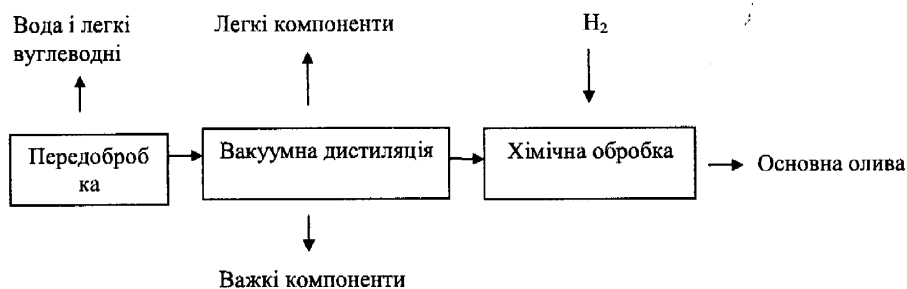


Рисунок 1.7 - Вакуумна дистиляція та хімічна обробка

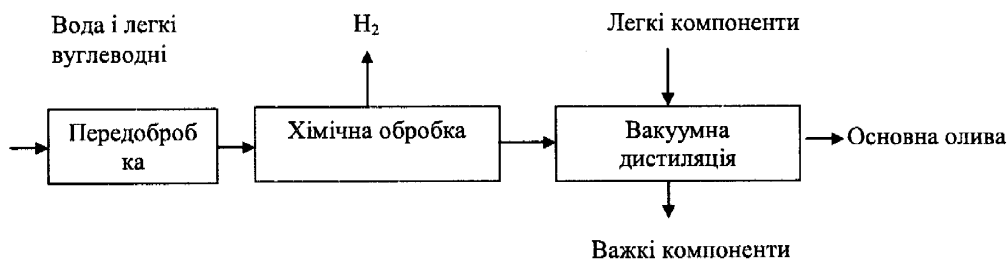


Рисунок 1.8 - Передобробка воднем та вакуумна дистиляція



Рисунок 1.9 - Випаровування в тонкому шарі та екстракція

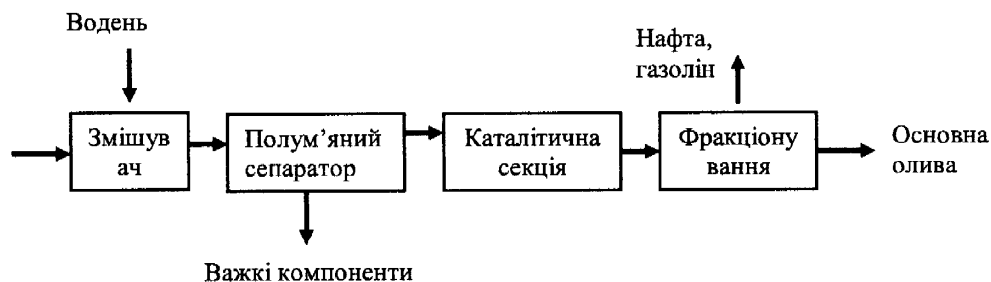


Рисунок 1.10 - Пряме контактне гідрування (UOP-DCH процес)

Окрім того, Європейська асоціація промисловості повторного очищення (Groupement Européen de l'Industrie de la Régénération; GEIR) рекомендує, щоб при регенерації олив надавалась перевага таким видам відпрацьованих олив, як машинна олива без хлору, гідравлічна олива без хлору, нехлоровані мінеральні діатермічні оливи.

1.5 Основні методи утилізування технологічних шламів

Для утилізування технологічних шламів, що утворюються на підприємствах залізничного транспорту найчастіше користуються фізико-механічними та термічними методами, що пояснюється специфічним складом таких нафтошламів; також відомими є різноманітні біо- та хіміотехнології.

1.5.1 Фізико-механічні методи

Найпростішими методами є захоронення нафтовмісних відходів на спеціалізованих полігонах. Але такі методи не вирішують основних проблем, а лише можуть використовуватись як допоміжні попередні заходи. Поміж інших фізико-механічних методів найбільш простим, технологічним та економічним методом утилізування технологічного шламу з максимальною вологістю до 80 % є спосіб кубової відгонки по фракціях, що являє собою поступове випаровування,

при якому пара, що утворюється, відводиться постійно по мірі виділення; у системі залишається тільки рідка фаза, яка знаходиться в рівновазі з парою.

Процес поступового випаровування зазвичай проводять у кубових приладах періодичної дії. Найчастіше як основний продукт відгонки виступає фракція з температурою кипіння, що відповідає парафінам. Цей спосіб достатньо енерговитратний, але отриманий продукт має високу ціну. Недоліком цього методу можемо назвати небезпеку при створенні та роботі з вакуумом, який «прискорює» відгін фракцій.

Відомі також дослідження та розробки устаткування для утилізування нафтошламів під впливом високочастотного електромагнітного поля (ВЧ ЕМ); зокрема у роботі [47] показано, що при впливі ВЧ ЕМ руйнування та нагрів нафтошламів та нафтозабруднених ґрунтів є достатньо швидким, енергетично та економічно виправданим, розроблена конструкція ВЧ ЕМ чвертьхвильового резонатора для утилізування нафтових шламів у промислових масштабах.

1.5.2 Термічні методи

З термічних методів найбільш універсальним, надійним та ефективним є вогняний метод. Стічна або шламівмісна вода у розпиленому стані вводиться у високотемпературні (більше 1000°C) продукти згоряння органічного палива. При цьому краплі води повністю випаровуються, а органічні домішки розкладаються та окислюються за рахунок кисню пічної атмосфери, утворюючи продукти повного згоряння. Мінеральні домішки утворюють тверді або розплавлені часточки, що вловлюються в робочій камері та виводяться на зовні у вигляді розплаву або уносяться з димовими газами.

Для цього застосовують печі та реактори різних конструкцій. Технологічні схеми установок обирають у залежності від типу стічної або шламівміщуючої води. Так останню можемо віднести до великого класу стічної води, що вміщує органічні та мінеральні речовини або тільки органічні речовини, але такі, що утворюють при своєму згоранні мінеральні сполуки [48].

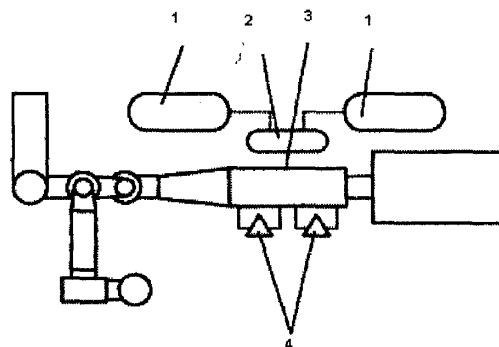
Негативним моментом при використанні термічного методу є виникнення димових газів, які треба згодом очищувати для попередження забруднення атмосферного повітря. Також необхідно зауважити, що спалювання нафтошламів, не дивлячись на його значну популярність і розповсюдженість серед інших методів утилізування, має велику вартість, крім того цінна вуглеводнева складова при спалюванні може бути повністю втраченою.

Для підвищення ефективності спалювання та зменшення викидів канцерогенних речовин застосовуються нові високотемпературні технології (наприклад, вищеописаний вогняний метод). Але такі технології потребують значних додаткових фінансових витрат. Крім того, треба витримати певні умови, у тому числі фізико-хімічні властивості самих нафтошламів; наприклад, підвищити їх вологість до 20 % (за умови, що молекула води буде знаходитись всередині паливної оболонки) для гарного спалахування та високої щільності спалення. Для цього необхідно використовувати схему «олива-вода», що потребує додаткової підготовки.

У Архангельській області основна кількість нафтошламів накопичується на нафтобазах, залізничних (локомотивних і вагонних депо) і машинобудівних підприємствах. Зокрема, на підприємстві «Роснафта-Північнафтосервіс» в бетонаних шламосховищах було накопичене близько 5000 т нафтошламів. Для знешкодження було запропоновано здійснювати їх спалювання в діючих промислових казанах-утилізаторах на ТЕС АТ «Архангельський гідролізний завод». У 1994-1999 р.р. таким чином було утилізовано близько 500 т нафтошламів ВАТ «Роснафта-Північнефтосервіс» і близько 300 т нафтошламів локомотивного депо Няндомі ПЗ. Спалювання проводилося з використанням палива, на якому в звичному режимі працюють казани, - мазуту, кам'яного вугілля і гідролізного лігніну. Перед спалюванням нафтошлами піддавали відстоюванню. Водна фракція за своїми показниками істотно не відрізнялася від загальнозаводських стічних вод і скидалася в каналізаційний колектор. У процесі спалювання рідкої нафтової фаз, а також тієї, що загущується, утилізується додаткова

кількість теплоти, а механічні домішки при цьому піддаються термічному знешкодженню, зола уловлюється в батарейних циклонах [49].

Відомим є прилад для термічної переробки нафтошламів (рис. 1.11), що включає завантажувальний бункер, камеру піролізу, що пов'язана з камерою згоряння, систему подачі повітря в камери і патрубки відводу газоподібних продуктів горіння, вентилятор, 2 циклони, пов'язаний із завантажувальним бункером та сполучений із піролізною камерою конвеєр. Піролізна камера виконана у вигляді U-подібної труби, що має електроди та пов'язана з інжектором, який у свою чергу пов'язаний із камерою згоряння та приєднаним до неї патрубком для відводу газоподібних продуктів горіння [50]. Недоліком всіх термічних методів є значні фінансові витрати, що необхідні для встановлення таких приладів; крім того, незворотно втрачається цінна вуглецева фракція, проблемними є викиди газоподібних продуктів, для знешкодження яких необхідно пропонувати додаткові очисні споруди.



1 - компресор; 2 - повітряний ресивер; 3 - система подачі повітря; 4 - електроди
Рисунок 1.11 - Схема приладу для термічної переробки нафтошламів в плані

1.5.3 Біологічні методи

Біологічні методи засновані на наукових розробках в галузі прискорення природних процесів самовідновлення та самоочищення ґрунтів та водоймищ, тобто ці методи пристосовані для використання на природних об'єктах: земляних шламосховищах, при розливах нафтопродуктів на ґрунт та водні системи. За останні роки були випробувані різноманітні біопрепарати на основі мікроорганізмів, для яких нафтопродукти є поживним середовищем, наприклад, «Путідойл», «Деваройл», «Руден», «Формазан» та інші; наприклад, розроблений ДержНДІсинтезбілком (Росія) нафтоокиснюючий біопрепарат «ОЛЕОВОРИН»,

що складається із висушених нафтоокиснюючих мікроорганізмів [51]. Застосування таких препаратів гарантує 100-% очищення біологічних об'єктів.

Біоремедіаційні технології, що реалізують можливості мікроорганізмів для розкладання вуглеводнів та дозволяють проводити підконтрольне людині біокомпостування нафтовмісних відходів, набувають все більшого поширення поміж інших методів знешкодження нафтошламів. Окрім знешкодження технологічних шламів такі методи дозволяють відновлювати і ґрунти земляних шламмосховищ. Зокрема дослідження у цьому напрямі проводились у 2007 році аспірантами Самарського ДТУ і науковими співробітниками ТОВ «НПП Мелиорация» (Росія) [52]. Також дослідження по залишковому вмісту нафти і нафтопродуктів у ґрунтах та нафтошламах після проведення біоремедіаційних заходів, а саме застосування комплексної технології з використанням промивки їх ПАР, обробки нафтоокиснюючими препаратами та додавання біопрепаратів («Біотріну») викладені у дисертації Ягафарова І.Р. «Удосконалення методів і засобів для знешкодження і ліквідації нафтошламових накопичувачів» [53]. Запропонований винахід по отриманню суспензій часток воску, парафіну або смоли і може використовуватися в біотехнології, а саме у виробництві емульсій і суспензій тугоплавких органічних сполук, наприклад, важких нафтошламів, придатних для подальшої мікробіологічної деградації. Поставлена у патенті за-

дача вирішується наступним чином (рис. 1.12): речовину поміщають у воду при температурі нижче за температуру плавлення і одночасно надають ультразвукову дію, що нагріває поверхню речовини до температури плавлення. Акустичні потоки виносять емульсію, що утворилася, в зону із зниженою температурою, де вона перетворюється на суспензію [54].

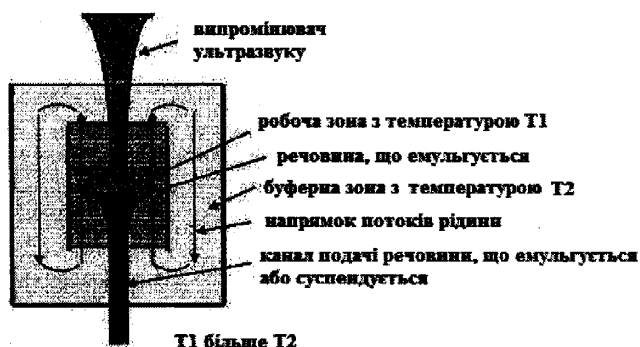


Рисунок 1.12 - Ультразвуковий прилад для отримання емульсій та суспензій [53]

Лабораторні і мікропольові дослідження, що проводилися науковими співробітниками Башкирського державного університету (Росія), показали ефективність

використання композиції целюлозовмісних субстратів для біоремедіації нафтошламів. Вона складалася з суміші активного мула целюлозно-паперових виробництв і вуглеводно-мінеральної добавки в співвідношенні 1:1, що використовуються в даний час для підвищення нафтовіддачі пластів. В результаті компостування за 360 діб їм вдалося добитися значного зниження вмісту вуглеводнів у нафтовмісних субстратах і токсичності для компонентів системи. Органічні і мінеральні речовини композиції целюлозовмісних субстратів, потрапляючи в шлам, служили енергетичним матеріалом для мікробіоти, завдяки чому збільшувалась чисельність вуглеводеньокиснюючих мікроорганізмів і посилювалась активність мікробіологічних процесів, під впливом яких відбувалась мобілізація живильних речовин і очищення шламу [55].

Застосування біологічних методів для знешкодження технологічних шламів залізничних підприємств є неприйнятним через відносно незначні об'єми утворення таких відходів; тобто капіталовкладення по організації такого типу знешкодження нафтошламів на лінійних підрозділах залізниць значно перевищуватимуть отримані прибутки.

1.5.4 Хімічні методи

Хімічні способи засновані на використанні реагентів, що викликають окиснювальний розпад нафтових вуглеводнів. Хімічні речовини і продукти розкладання (канцерогенні і мутагенні речовини - бенз(а)пірени, феноли, поліциклічні вуглеводні та інші небезпечні сполуки), що утворюються, як правило, представляють навіть більшу небезпеку, ніж первинне нафтове забруднення. Тим не менш, вони знайшли своє застосування.

Одним із перспективних хімічних методів є спосіб знешкодження, що полягає в обробці нафтооливодходів негашеним вапном з додаванням модифікатора шляхом перемішування з використанням обладнання «ИНСТЭБ». При цьому оксид лужноземельного металу утворює з водою гідроксид, у результаті чого нафтопродукти рівномірно ним адсорбуються з отриманням сухої, стійкої

при зберіганні порошкоподібної речовини, яка по хімічному складу являє собою дрібні частинки нафтооливодходів, що вміщуються у вапняні гранули-капсул. Суміш вапна та модифікатора являє собою препарат «Еконафт»; отриманий мінеральний порошок «ПУН» рекомендований виробником як добавка до асфальтобетонних сумішей, теплоізоляційних шарів автодоріг та ін.. Докладний опис технології, необхідного устаткування та отриманого продукту наведені у ряді робіт [56-58].

Далі наведемо деякі комбіновані методи і технології утилізування нафтошламів, що використовуються або пропонуються для використання деяким підприємствам-утворювачам таких відходів.

1.5.5 Комбіновані методи

Широке застосування знаходять різноманітні технології використання нафтошламів у будівництві. Наприклад, як спучуючої добавки при виробництві керамзиту [59]; для приготування асфальтобетонних сумішей шляхом додаванням спіненого при температурі 80-95°C нафтошламу у кількості 18...20 % від маси бітуму до мінерального компонента (нагрітого до 150-160°C) та бітуму (нагрітого до 140-150°C) [60].

Однією з новітніх розробок є плазменна конверсія, основу якої складає термохімічна конверсія органічних компонентів відходів в синтез-газ, що ефективно очищується та вміщує в якості корисних компонентів CO і H₂, які можна використовувати як чисте енергетичне паливо або сировину для технології органічного синтезу. У процесі конверсії пригнічується утворення NO_x, а S, Cl, F- вміщуючі компоненти видаляються в формі, яка набагато активніше зв'язується адсорбентами, чим при спалюванні. Висока температура в конвертері (1300-1500°C) забезпечує повну руйнацію діоксинів, фуранів та інших небезпечних речовин. Важкі метали із відходів зв'язуються рідким шлаком і не вимиваються ґрунтовими водами.

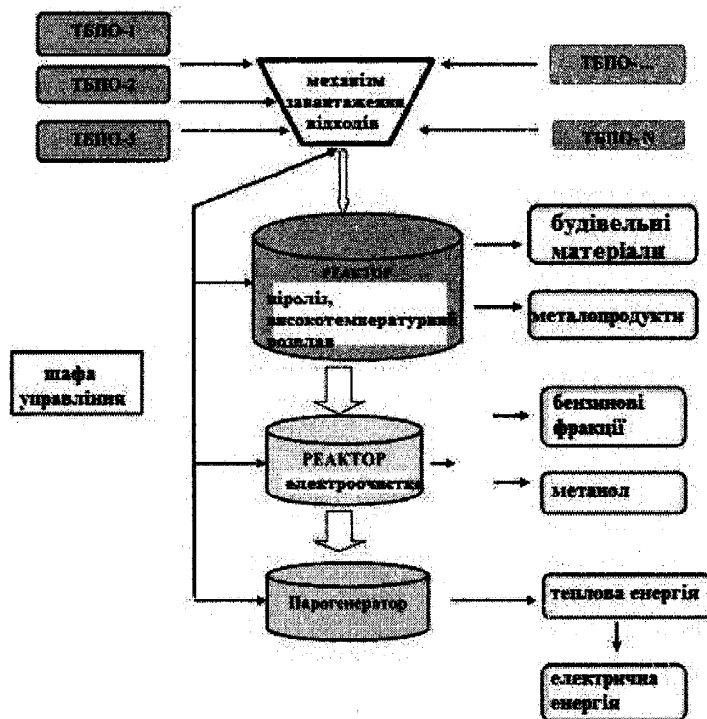


Рисунок 1.13 - Принципова схема переробки відходів

На основі цієї технології запропоновані технологічна схема (рис. 1.13) та приблизний варіант компонування устаткування заводу по переробці твердих промислових та побутових відходів (ТБПО). Запропонована технологія показала високу ефективність переробки майже всіх типів побутових і промислових відходів, зокрема нафтошламів, відходів НПЗ, гудронів, смоли та ін. [61].

Останніми роками величезний інтерес для дослідників представляє можливість очищення стічних вод за допомогою магнітних рідин (МР), які є трьохкомпонентною системою, що складається з дисперсійного середовища, магнітної фази і стабілізатора. У основі процесу лежить принцип омагнічення нафтопродуктів шляхом додавання МР у стічні води і подальшого відділення омагнічених нафтопродуктів з використанням спеціальних магнітних систем.

У Кубанському державному технологічному університеті (м. Краснодар) була розроблена нова технологія отримання МР: змішування солей двовалентного заліза і міді з подальшим осадженням магнетиту аміаком; введення ПАР (олеїнова кислота); додавання рідини-носія (гасу) і розділення фаз; випаровування води. Була здійснена спроба використовувати МР, одержану за новою технологією, для виділення вуглеводнів з нафтошламу. Виходили з того, що для виробництва бітумів найбільший інтерес представляє верхній шар нафтошламів, який за багатьма показниками відповідає ТУ на сировину.

Для зручності дослідження нафтошлам був приготований в лабораторії. Висушений пісок змішали з мазутом, потім - з МР і направили до магнітного сепаратора на розділення. У сепараторі під дією сильного магнітного поля твердий залишок відділяється від МР (водно-вуглеводнева емульсія). Пісок, змочений МР, поступає на відмивання водним розчином ПАР, а водно-вуглеводневу емульсію знову направляють до магнітного сепаратора на розділення (рис. 1.14).

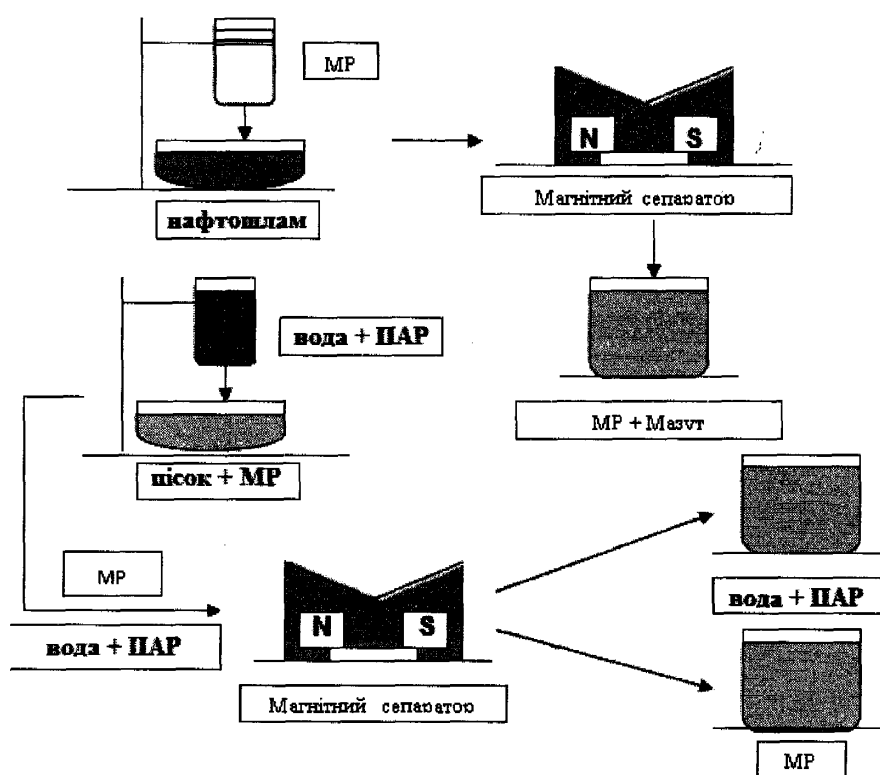


Рисунок 1.14 - Принципова схема виділення вуглеводнів з нафтошламу

Щоб дізнатися вміст твердої фази (піску) у виділеному мазуті, його спалюють в печі. Результати дослідів приведені в таблиці 1.4 (маса зразка 100 г, об'єм МР 500 мл). З даних таблиці видно, що витягання нафтопродуктів за пропонуваною технологією проходить достатньо ефективно [62].

Таблиця 1.4 - Залежність чистоти мазуту від його вмісту в нафто шламах і густини МР

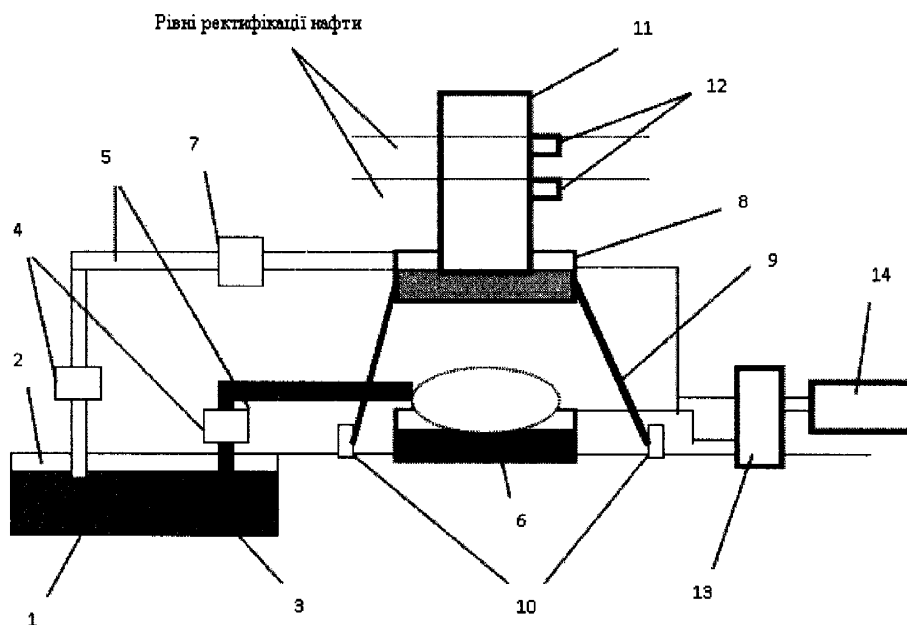
Вміст складової в зразку, %		Густина МР, кг/м ³	Вміст твердої фази в мазуті, %
Мазут	Пісок		
20	80	0,9	0,35
		1	0,31
		1,2	0,3
40	60	0,9	0,19
		1	0,15
		1,2	0,13
50	50	0,9	0,1
		1	0,09
		1,2	0,06

Також у напрямку утилізування нафтошламів працює Російська екологічна академія. Суть запропонованої автором (В.Д. Дудишевим) електровогняної технології спалювання будь-яких речовин полягає в створенні практично ідеальних умов горіння полум'я спалюваних будь-яких токсичних відходів, у зв'язку з чим значно полегшується задача остаточного очищення газів, що відходять. У основі цієї технології лежить каталітична дія електричного поля на процес горіння будь-яких речовин і газів: воно на атомарно-молекулярному рівні взаємодіє з радикалами будь-яких вуглеводневих речовин і одночасно впливає на будь-які вуглеводневі ланцюжки, зокрема на бенз(α)пірен, таким чином, що вони розщеплюються на водень, що згорає в полум'ї, і вуглець, який швидко доокислюється в електричному полі до нешкідливого вуглекислого газу.

При електровогняному пошаровому спалюванні залишків конкретних нафтошламів можна регулювати параметри активізуючого горіння електричного поля (напруженість, частоту високої напруги) залежно від складу і кількості нафтошламів для забезпечення оптимальної швидкості горіння і досягнення мінімальної токсичності газів, що відходять. У ряді випадків для інтенсифікації процесу горіння залишки нафтошламів спалюють в змінному електричному полі певної частоти, обраної по критерію максимально чистого їх спалювання. Для утилізування нафтової і водонафтоемульсійної складових нафтошламів необхідно паралельно із спалюванням залишків нафтошламів здійснювати ректи-

фікацію зібраної з поверхні нафтошламів нафти шляхом використання теплової енергії від спалювання залишків нафтошламів для отримання бензину, гасу. Прилад спалювання залишків нафтошламів виконаний у вигляді спеціальної електрифікованої печі, в якій передбачено пристрій подачі нафтошламів в зону горіння і вивантаження золи, а також чаша для спалювання нафтошламів. Над нею розміщений електроізолюваний електрод з коронуючими голками, причому цей електрод приєднаний електрично до одного з виходів високовольтного блоку напруги, другий вихід якого приєднаний до чаші зі спалюваними нафтошламами [4].

Для проведення комплексного утилізування нафтошламів у шламосховищах, необхідно використовувати комбінований пристрій з нафтовловлюючим пристроєм (рис. 1.15).



1 - шламосховище; 2 - шар нафти; 3 - нафтошлами; 4 - насоси; 5 - трубопроводи; 6 - прилад для спалення залишків нафтошламів; 7 - ротаційний сепаратор; 8 - прилад для ректифікації нафти; 9 - опорні колони; 10 - електроізолятори; 11 - ректифікаційна колона; 12 - патрубки для відведення товарних нафтопродуктів (бензин, гас); 13 - блок регулювання високої напруги; 14 - електромережа (автономна або стаціонарна)

Рисунок 1.15 - Комбінований прилад електровогняного спалювання нафтошламів

За допомогою насосів подають по трубопроводах нафту і важкі фракції нафтошламів у відповідні резервуари, причому нафту фільтрують від води в ротаційному сепараторі. Пристрій ректифікації нафти кріпиться на спеціальних опорах з ізоляторами. Залишки нафтошламів потрапляють в пристрій спалювання, при цьому одночасно створюють електричне поле для управління полум'ям. В процесі реалізації даного процесу підбирають напруженість поля по критерію оптимуму інтенсивності горіння полум'я і мінімуму токсичності газів, що відходять. Одержану теплову енергію використовують для випаровування і ректифікації нафти. Сітчасті електроди сполучають з високовольтним перетворювачем напруги. В установках є датчики рівня токсичності газів, що відходять, які пов'язані з пристроєм управління параметрами високовольтного перетворювача напруги.

Корисні фракції нафти (бензин, гас) відводять з колони по патрубках. Залишки нафтошламів поступають по трубопроводу в нижню чашу з нафтошламами, що горять [2].

Протягом останніх років було розроблено значну кількість мобільних приладів, які підприємства можуть купувати для своїх потреб та використовувати без залучення додаткового спеціально навченого персоналу. До таких розробок можна віднести мобільну установку розділення нафтошламів ТЕРРА-21 компанії Huning, яку пропонує ЗАТ «Таурус Груп», на основі трифазового декантера-центрифуги ZA 21-4 продуктивністю 9 м³/год. (рис. 1.16), яка призначена для виділення із забруднених нафт і нафтошламів вуглеводневої фази з відділенням води та механічних домішок [63].

Процес проходить за рахунок розділення суміші на три фази на основі розбіжностей у їх щільностях із застосуванням різних діапазонів високих швидкостей та моментів, що обертаються. Сировина подається через трубу механізму подачі в ту частину шнекового конвеєра, що обертається, де під дією відцентрової сили відбувається розділення на освітлений продукт (фугат) і осад. Фугат виводиться із циліндричної частини ротору, а осад за рахунок різниці швидкостей шнека і ротора потрапляє до конічної частини, де проходить його

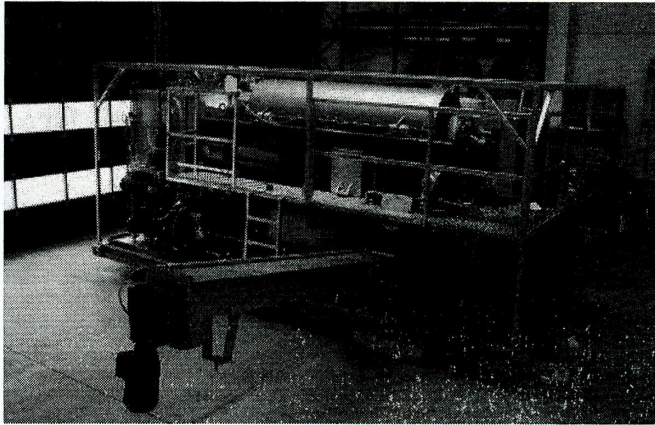
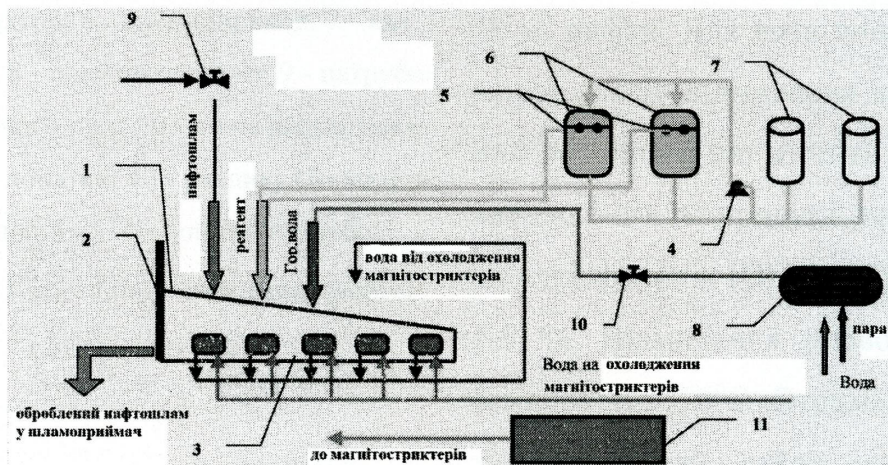


Рисунок 1.16 - Мобільна установка розділення нафтошламів ТЕРРА-21

зневоднення. Зневоднений осад вивантажується у вузькому кінці конічної частини через спеціальні порти і за допомогою транспортера може вивантажуватися в самоскиди або контейнери для відходів.

Комплексні технології утилізування нафтошламів були розроблені у дисертаційних роботах деяких авторів.

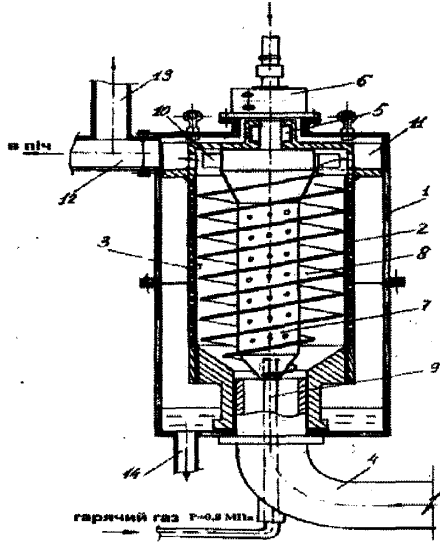
Зокрема Фердманом В.М. [64] запропонований метод утилізування нафтошламів під впливом ультразвуку з отриманням товарної нафти (рис. 1.17) та біологічної деструкції залишкових нафтопродуктів із застосуванням комбінації препаратів Деворойл, Бациспектин, Біотрин у співвідношенні 2:1:1. Розроблена технологічна схема полігону утилізування нафтошламів дозволяє ліквідувати промислові шламонакопичувачі та повернути площі, які вони займають у господарське використання.



1 - ультразвукова ванна; 2 - шиберна засувка; 3 - магніострикційні випромінювачі; 4 - насос; 5 - прилад дозування реагентів; 6 - витратні ємкості для реагентів; 7 - ємкості реагентів; 8 - теплообмінники; 9, 10 - регулювальні засувки; 11 - блок ультразвукових генераторів

Рисунок 1.17 - Технологічна схема приладу утилізування нафтошламу [64]

Нову схему переробки нафтошламів запропоновано в дисертаційній роботі Жантахова С.А. [65]. Переробка може здійснюватися двома способами: розробленим для цієї мети відцентровим нафтосепаратором або на установці для відмивання нафти з шламів, характеристика якої приведена далі. Вдосконалений нафтосепаратор використовує відцентрові сили у поєднанні з підігріванням і газовим підпором (рис. 1.18).



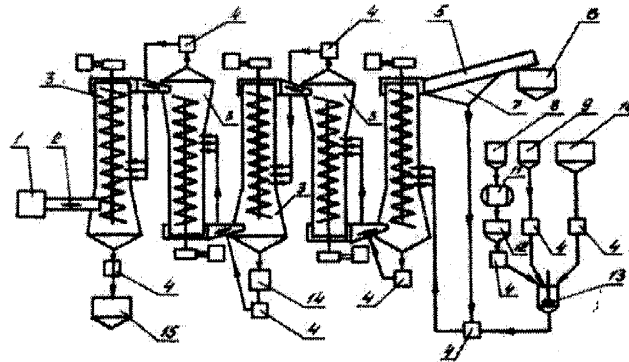
1- корпус; 2 - центрифуга; 3 - фільтр, що знімається; 4 - живлячий патрубок; 5 - демпферний редуктор; 6 - пневмопривод; 7 - вал трубчастий; 8 - шнекова стрічка; 9 - патрубок подачі гарячого газу; 10 - вікна розвантажувальні; 11 - лопатки; 12 - равлик; 13 - патрубок вихлопний; 14 - донний патрубок

Рисунок 1.18 - Пневмовідцентровий сепаратор [64]

Нафтосепаратор включає циліндровий корпус, в якому встановлена циліндрова центрифуга з перфорованими стінками. При середньому вмісті нафти в загущеному осаді при очищенні нафтовідстійників 30 % з кожного 1 м^3 матеріалу, що переробляється, віджимається до 300 л нафти. За годину безперервної роботи нафтосепаратора за розрахунком може бути віджате і повернене в оборот порядку 18 м^3 нафти. Для витягання нафти обраний спосіб відмивання водним лужним розчином, що містить метасилікат натрію 5-10 %; продукт оксіетилювання алкілфенолів (ОП-7, ОП-10, ОП-20) 1-5 %. Відмивання проводиться при температурі 70°C . Отримані результати досліджень стали основою для

розробки технології очищення нафтовмісних осадів і забруднених нафтою ґрунтів. Установка очищення нафтовмісних осадів зображена на рис. 1.19. Як стверджує автор [65], при відмиванні однієї навіски нафтовміщуючого осаду декількома порціями миючого розчину витягання нафти на кожній подальшій стадії відмивання збільшується в порівнянні з попередніми. Число стадій від-

мивання при очищенні нафтовмісних осадів від нафти недоцільно приймати більше шести, оскільки при подальших стадіях відмивання витягання нафти з осаду зменшується до 20-25 %. Технологічну схему очищення нафтовмісних осадів і забруднених нафтою ґрунтів доцільно компоувати за принципом протитечії.



1, 6 - бункер; 2 - прилад для перекачування нафтовмісного осаду; 3 - спіральний класифікатор; 4 - насос; 5 - конвеєр; 7 - збірник для миючого розчину; 8 - бункер для силікат-грантуляту; 9 - ємкість для ПАР; 10 - ємкість для води; 11 - автоклав; 12 - ємкість для розчину рідкого скла; 13 - контактна ємкість з мішалкою; 14 - центрифуга; 15 - ємкість

Рисунок 1.19 - Технологічна схема відмивання нафти з нафтошламів [65]

1.6 Постановка задач досліджень

Одними з найактуальніших проблем сучасного розвитку науково-технічного прогресу є проблема охорони навколишнього середовища від забруднень, утворення відходів виробництва та споживання і раціонального використання природних ресурсів.

Аналіз сучасного стану проблеми показав, що вона гостро постала і перед лінійними підрозділами залізниць України. Так, згідно статистичних даних залізничних підприємств, поміж інших відходів значними об'ємами утворення відрізняються відпрацьовані оливи і технологічні шлами, які є небезпечним джерелом аренів, важких металів, бенз(а)пірену, олефінів, сполук сірки, азоту та ін.. Відсутність на залізницях устаткування для утилізації цих відходів та зменшення їх негативного впливу на довкілля вказує на необхідність розроблен-

ня сучасної адаптованої до умов виробничого процесу технології, за допомогою якої можна було б скоротити обсяги цих відходів і тим самим зменшити масштаби їх впливу на навколишнє природне середовище. В результаті її впровадження можна отримати значні як екологічні, так і економічні ефекти.

Аналіз існуючих напрямків підвищення рівня екологічної безпеки при поводженні з відпрацьованими оливами і технологічними шламами та узагальнення робіт, присвячених розробленню природоохоронних заходів з метою зниження техногенного навантаження, спричиненого їх впливом на довкілля, дали можливість сформулювати задачі, вирішення яких дозволить реалізувати поставлену мету роботи:

- визначення особливостей утворення на залізниці та оцінка небезпечності олив після відбракування і відходів технологічних шлаків з точки зору їх впливу на навколишнє середовище та людину;
- випробування різних технологічних схем регенерації відпрацьованих олив і дослідження динаміки змін їх основних експлуатаційних властивостей після використання різних схем відновлення;
- виконання підбору основного технологічного обладнання і допоміжних засобів для проведення регенераційних заходів;
- дослідження сучасних методів поводження з технологічними шламами та розроблення оптимального для умов залізничних підприємств;
- розроблення загальної схеми поводження з нафтопродуктами на залізниці;
- виконання техніко-економічного обґрунтування обраних технологій.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВІДПРАЦЬОВАНИХ МОТОРНИХ ОЛИВ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ЗАХОДІВ ПО ЇХ ВІДНОВЛЕННЯ

2.1 Характеристика олив, що використовуються на підприємствах залізничного транспорту

Оливи для дизельних двигунів налічують більше 50 сортів різних груп та підгруп, тому що дизелі відрізняються від інших ДВС значно більшим різноманіттям типів, конструкцій, способів сумішоутворення, призначення та умов експлуатації. Експлуатаційні характеристики цих олив змінюються у широких межах залежно від умов використання, наприклад, в'язкість цих олив складає від 8 до 20 мм²/с (сСт) при 100°C, температура застигання - від -10 до -43°C, індекс в'язкості - від 80 до 100. Основою для дизельних олив є дистилатні, залишкові та компаундовані базові оливи селективного очищення, що виготовляють з малосірчистих або сірчистих нафт.

На сьогодні найбільш розповсюдженими оливами, що використовують для легкового автотранспорту, є стандартні М-10Г₂к, М-10В₂, М-8В та деякі інші сучасні оливи різних експлуатаційних груп [66].

На підприємствах залізничного транспорту в двигунах тягового рухомого складу найчастіше застосовують дизельні оливи груп В₂ та Г₂, а для деяких типів рухомого складу - групи Б₂. У таблиці 2.1 наведені марки олив, що допускаються до застосування в двигунах тепловозів і дизель-поїздів; застосування олив інших марок та змішування олив різних марок дозволяється лише у виняткових випадках із дозволу Укрзалізниці [2].

Оливи групи В₂ вміщують такі композиції присадок, які забезпечують надійне змащення автотракторних дизелів без наддування, а також судових, тепловозних, стаціонарних і транспортних дизелів середнього рівня форсування при роботі на дистилатних дизельних паливах із невеликим вмістом сірки (масова частка до 0,5 %).

Таблиця 2.1 - Моторні оливи для двигунів тягового рухомого складу

Марка оливи	Державний стандарт	Серії тепловозів та дизель-поїздів
М-14В ₂	ГОСТ 12337-84	Типу ТЕ10, ТЕП60, М62, 2М62, Д1, ДР-1, ТГМ4, ТГМ4А, ТГМ6А, ЧМЕ-3, ТЕМ-7, ТЕМ2, ТЕМ2У
М-14Г ₂ ЦС	ГОСТ 12337-84	2ТЕ116, ТЕП70, ТЕМ7, ТГМ6А
М-14Б	ГОСТ 12337-84	ТЕМ2, ТЕМ2У, ЧМЕ-3

Всі оливи групи Г₂ вміщують значно більшу кількість ефективніших присадок, ніж моторні оливи групи В₂. Оливи групи Г₂ застосовуються в автотракторних дизелях без наддування і з наддуванням, а також в судових і тепловозних дизелях з підвищеним рівнем форсування; ці оливи призначені для використання у більш складних жорстких умовах, де необхідні високі експлуатаційні показники і характеристики (термічна стабільність, покращені антиокислювальні, миюче-диспергуючі, нейтралізуючі і протизношувальні властивості), завдяки високому ступеню легування. Високооборотні дизелі, що змащуються моторними оливами групи Г₂, експлуатують на дистильатних паливах із вмістом сірки до 0,5 % (масова частка), а середньо- і малооборотні судові дизелі з більшим діаметром циліндра - до 1,5 % (масова частка). Моторні оливи групи В₂ призначені для автотракторних, транспортних, судових, тепловозних і стаціонарних дизелів, які працюють на паливах з невеликим вмістом сірки.

Оливу М-14В₂ [67, 68] отримують із сірчистих нафт змішуванням дистильатного та залишкового компонентів з композицією присадок та використовують для двох- та чотирьохтактних тепловозних та судових дизелів тронкового типу при їх експлуатації на паливі із вмістом сірки до 0,5 %, а також двигунів кар'єрних автосамоскидів. Олива М-14Г₂ЦС [67, 68] складається із суміші дистильатного і залишкового компонентів, що виробляються із сірчистих нафт та композиції присадок, їй властиві висока вологостійкість та мала імовірність утворення емульсій з водою. Її використовують в тепловозних дизелях типу ЧН26/26, стаціонарних дизель-генераторах з двигунами типу ЧН40/48, дизель-редукторних агрегатах з двигунами типу ЧН40/46 [68]. Оливу М-14Б [67] отримують з малосірчистих та сірчистих нафт компаундуванням дистильатного

та залишкового компонентів з додаванням присадок. Застосовують на двох- та чотирьохтактних тепловозних двигунах типів 2Д100, Д-50 та подібних ним по рівню форсування двигунах маневрових і промислових тепловозів [69].

Таблиця 2.2 - Норми ГОСТ 12337-84 для оливо типів М-14В₂ та М-14Г₂ЦС

Найменування показника	М-14В ₂	М-14Г ₂ ЦС
Густина при 20 °С, кг/м ³ , не більше	910	910
В'язкість кінематична при 100 °С, мм ² /с	14±0,5	13,5-15
Індекс в'язкості, не менше	85	92
Температура спалаху, визначена у відкритому тиглі, °С, не нижче	210	215
Температура застигання, °С, не вище	-12	-10
Масова частка активних елементів, %, не менше:		
кальцію	0,15	0,28
цинку	0,045	0,045
фосфору	0,04	0,04
Колір на колориметрі ЦНТ, одиниць ЦНТ, не більше	4,0	4,0
Масова частка води, %, не більше	сліди	сліди
Масова частка механічних домішок, %, не більше	0,02	0,01
Лужне число, мг КОН/г, не менше	4,8	9,0
Зольність сульфатна, %, не більше	1,2	1,5
Корозійність на пластинках із свинцю, г/м ² , не більше	відсутня	відсутня
Трибо логічні характеристики при температурі (20±5) °С:		
Індекс задиру, кгс, не менше	37	34
Критичне навантаження, Н, не менше	784	823
Показник зношування, мм, не більше, при постійному навантаженні 196 Н	0,4	0,4
Стабільність по індукційному періоду осадко утворення (ІПО), витримує, год	50	50
Число деемульсації, хв., не більше	-	20

У таблиці 2.2 наведені норми ГОСТ 12337-84 [67] для оливо типів М-14В₂ та М-14Г₂ЦС, що найчастіше використовуються на залізничних підприємствах у двигунах тягового рухомого складу.

2.2 Вивчення екологічної обстановки навколо підприємств залізничної інфраструктури з точки зору утворення оливовмісних відходів

По використанню моторних олив та палив на першому місці в Україні знаходиться Дніпропетровська область, крім неї великими користувачами олив також є Донецька, Івано-Франківська, Одеська та Львівська області. Якщо аналізувати по галузях економіки, то перше місце належить сільському господарству (на нього приходить 35,4 % від загального використання різних типів олив), залізничний транспорт разом з автомобільною промисловістю та транспортними засобами знаходиться на четвертому місці (13 %). В цілому по оцінкам експертів використання олив суттєво зростає з кожним роком [66].

По кількості олив, що виробляються основними підприємствами галузі для різних областей народного господарства, залізничний транспорт разом з флотом знаходиться на другому місці (приблизно 45-50 тис. т на рік). Основними виробниками олив в Україні є Кременчуцький НПЗ (ЗАТ «Укртатнафта»), ВАТ «Азмол» (м. Бердянськ), Львівський ОНМЗ, «Аріан» (м. Фастов), «Маст» (м. Стебник) та деякі інші підприємства.

На підприємствах залізничного транспорту нафто- та оливовмісні відходи складають значну частину серед загального об'єму всіх відходів. Це можна дослідити, наприклад, з динаміки утворення різних типів відходів, які утворювались на підприємствах різних служб залізниці.

Зокрема найбільшими вкладниками в процес утворення цих відходів є підприємства локомотивної служби, тому на рис. 2.1 наведені дані по утворенню всіх типів відходів підприємств цієї служби Придніпровської залізниці у 2009 році, а на рис. 2.2 і 2.3 - по двох підприємствах цієї ж служби, а саме локомотивні депо Нижньодніпровськ-Вузол (ТЧ-1) і Дніпропетровське депо (ТЧ-8) [70-72]. З рис. 2.1 чітко видно, що в цілому для підприємств локомотивної служби залізниці саме відпрацьовані оливи складають основну групу відходів; технологічні шлами знаходяться на четвертому місці після акумуляторних батарей.

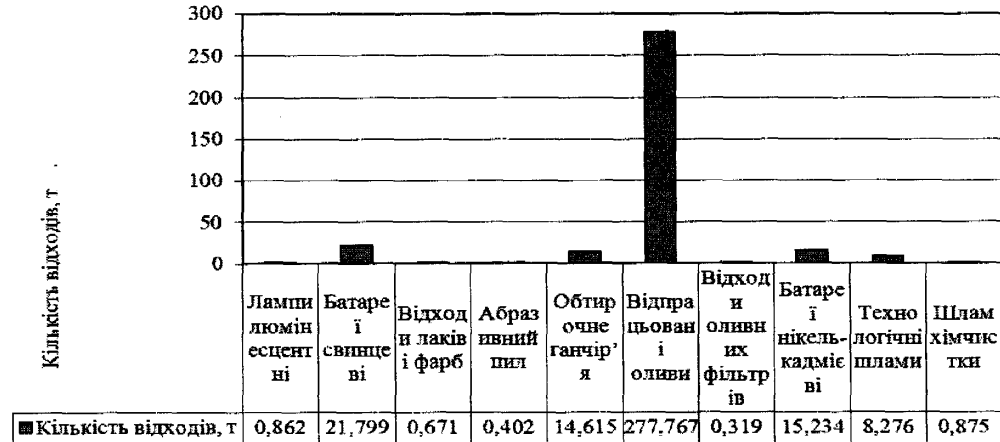


Рисунок 2.1 - Утворення відходів на підприємствах локомотивної служби

Придніпровської залізниці у 2009 р., т/рік

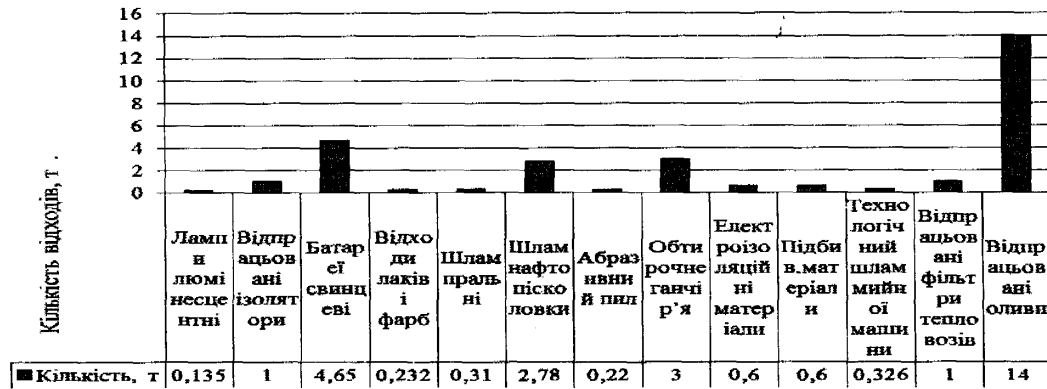


Рисунок 2.2 - Утворення відходів у локомотивному депо Нижньодніпровськ-

Вузол ТЧ-1 Придніпровської залізниці у 2009 р., т/рік

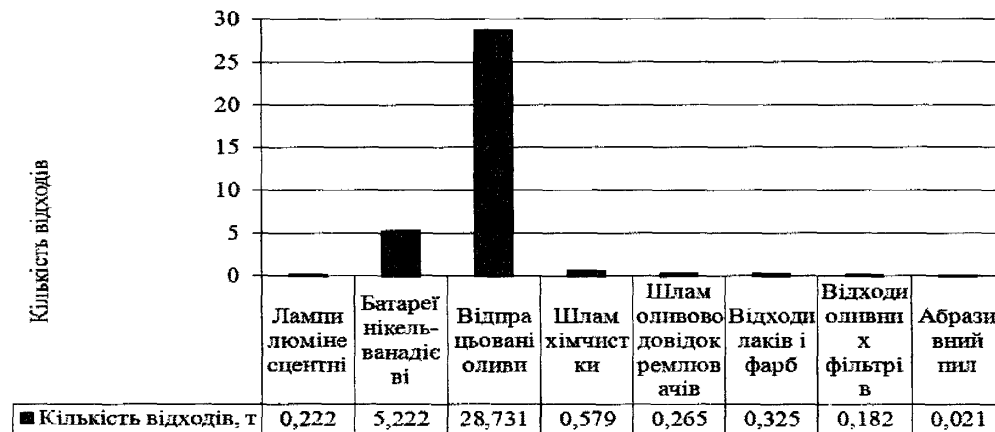


Рисунок 2.3 - Утворення відходів у локомотивному депо Дніпропетровськ ТЧ-8

Придніпровської залізниці у 2009 р., т/рік

При заміні оливи з одного тепловоза зливають близько 550 кг відпрацьованої моторної оливи (для тепловозів типу ЧМЭЗ). У залежності від кількості одиниць рухомого складу, що обслуговуються в локомотивному депо, та об'ємів виробництва залізничного підприємства за рік в депо може утворюватися до 100 т відпрацьованої оливи. Наприклад, у 2008 р. в ТЧ-8 - локомотивному депо Придніпровської залізниці - було здійснено 23 заміни моторної оливи, при цьому злито з картера 23,65 т відпрацьованої оливи. Моторні оливи є дорогими дефіцитними матеріалами, за їхньою витратою на кожний тепловоз і дизель-поїзд встановлений суворий контроль подібно тому, як це робиться по відношенню до дизельного палива. Загальний контроль за витратою олив здійснюється теплотехніками депо, які заводять облікові картки на кожний тепловоз і дизель-поїзд і щомісяця подають звіт начальнику депо та в Управління залізниці на розгляд для вжиття заходів по раціональній витраті моторних олив як окремими локомотивами і дизель-поїздами, так і в цілому по депо. Дані з втрат моторної оливи по депо подаються в Управління залізниці.

Крім того, хіміко-технічні лабораторії кожного депо проводять дослідження на придатність олив для подальшого використання, звіряючи отримані результати аналізів з бракувальними показниками. Після заміни відпрацьовану моторну оливу зберігають на підприємстві з дотриманням вимог ДСТУ 4454:2005 [15] у спеціальних резервуарах. Нафто- та оливовмісні відходи також характерні для структурних підрозділів пасажирських і вагонних служб залізниць України; на рис. 2.4 і 2.5 відображена динаміка утворення таких відходів на прикладі підприємств цих служб Придніпровської залізниці у 2006 році.

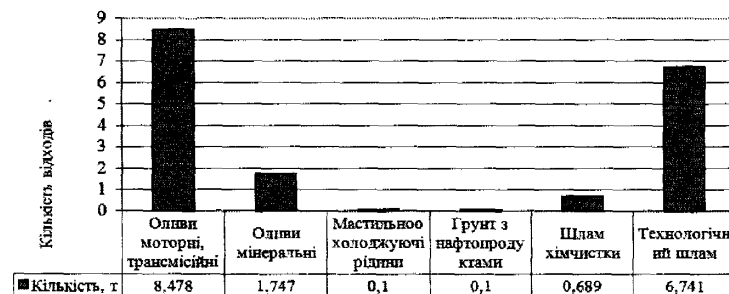


Рисунок 2.4 - Утворення нафто- та оливовмісних відходів на підприємствах пасажирської служби Придніпровської залізниці у 2006 р., т/рік



Рисунок 2.5 - Утворення нафто- та оливовамісних відходів на підприємствах вагонної служби Придніпровської залізниці у 2006 р., т/рік

З рисунків чітко видно, що саме відпрацьовані оливи найбільший за об'ємами утворення тип відходів на підприємствах цих служб; нафтошлами (технологічні шлами) складають значну за кількістю групу відходів на підприємствах вагонної і пасажирської служб.

2.3 Принципи технологічної класифікації олив, що використовуються на підприємствах залізничного транспорту

Моторна олива - це один із найважливіших елементів у конструкції двигуна, який призначений для довгострокової та надійної підтримки його роботи, забезпечення заданого ресурсу двигуна. Виконання цих функцій можливе лише при точній відповідності її властивостей тим термічним, механічним і хімічним впливам, яким олива піддається в процесі роботи, а саме в оливній системі двигуна, на поверхнях, що змащуються та охолоджуються. Взаємна відповідність конструкції двигуна, умов його експлуатації і властивостей оливи - одна з найважливіших умов досягнення високої надійності двигунів. Сучасні моторні оливи повинні відповідати багатьом вимогам, а саме мати:

- високі миюче-диспергуючі, стабілізуючі, пептизуючі та солубілізуючі властивості по відношенню до різноманітних нерозчинних забруднень, тобто забезпечувати чистоту деталей двигуна;

- високу термічну і термоокислюючу стабільність, які б дозволяли використовувати оливу для охолодження поршнів, підвищувати граничне нагрівання оливи в картері, збільшувати строк заміни;
- достатні протизношувальні властивості, які проявляються у високій міцності оливної плівки, потрібній в'язкості при високій температурі та високому градієнті швидкості зрушення, здатності хімічно модифікувати поверхню металу при граничному терті й нейтралізувати кислоти, що утворюються при окислюванні оливи та згорянні палива;
- високу корозійну стійкість при взаємодії з матеріалами деталей двигуна як у процесі роботи, так і при тривалих перервах;
- стійкість до старіння, здатність протистояти зовнішнім впливам з мінімальним погіршенням властивостей;
- пологість в'язкісно-температурної характеристики;
- сумісність із матеріалами ущільнень, каталізаторами системи нейтралізації відпрацьованих газів;
- високу стабільність при транспортуванні та зберіганні в регламентованих умовах;
- малу спінюваність при високій і низькій температурах;
- малу летючість, низьку витрату на вигар.

Крім того, олива повинна забезпечувати холодний пуск, прокачуваність при холодному пуску й надійне змащування в екстремальних умовах при високих навантаженнях і температурі навколишнього середовища [69].

Свіжа моторна олива на вигляд являє собою прозору, в'язку рідину, що складається з базової сировини і присадок до неї.

У процесі роботи олива поступово забруднюється різноманітними металевими часточками, що потрапляють у неї в результаті стирання металевих поверхонь деталей, мінеральними домішками, які опиняються в оливній системі через повітря та можуть викликати інтенсивне зношування обладнання, розріджується паливом, що значно знижує її температуру спалаху, адгезію та в'язкість.

Неповне згоряння палива викликає потрапляння у картер смолисто-сажистих часток, що забруднюють оливу та інтенсифікують лако- і нагароутворення.

Крім того, в оливу із продуктів згоряння палива, навколишнього повітря, нещільності у водяних охолоджуючих приладах може потрапляти вода; присутність її дуже негативно впливає на такі властивості олив, як корозійна стійкість, стійкість до окиснення. При потрапленні води руйнується оливна плівка в підшипниках колінчастого валу і антифрикційний шар підшипників, посилюється зношення і корозія деталей двигунів, з'являються згустки, які забивають оливопровід та ускладнюють потрапляння оливи до деталей [2]. Також вода утворює стійку емульсію з оливою, що не тільки погіршує якість оливи, а й ускладнює її подальшу регенерацію.

Через взаємодію з нагрітими частинами обладнання олива зазнає термічного розкладання, також вона окислюється під дією кисню повітря. Деякі метали, наприклад, залізо, свинець, цинк та інші, можуть виступати каталізаторами процесу окиснення. Пришвидшувати окиснення може і вода. Окрім процесів розкладання та окиснення паралельно можуть іти вторинні процеси полімеризації та конденсації (рис. 2.6).

Деякі продукти окиснення та ущільнення (асфальтени, карбоїди) нерозчинні в оливі; вони можуть утворювати колоїдні системи та випадати в осад у вигляді шламоподібних продуктів і поступово забруднювати оливопроводи, порушувати циркуляцію оливи, викликати утворення нагару [20, 73].

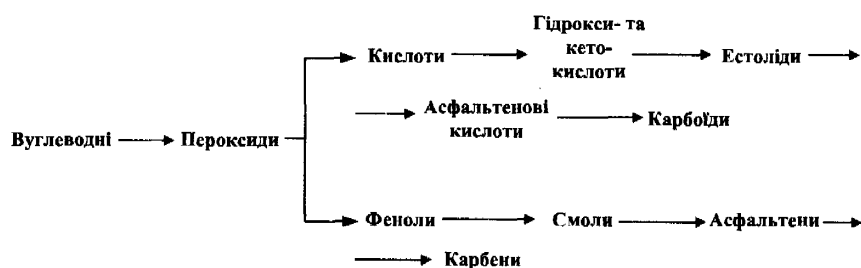


Рисунок 2.6 - Процеси окиснення, що протікають у процесі роботи олив

Також на оливу діють такі фактори навколишнього середовища, як тиск, електричне поле та природне освітлення.

Як результат, олива повністю змінює свої характеристики, втрачає основні експлуатаційні властивості і стає дуже густою мулоподібною речовиною чорного або темно-коричневого кольору, густою сумішшю різного роду рідин з добавками твердих речовин - оксидів металів, продуктів зносу.

Показники якості мастильних матеріалів (експлуатаційні норми) - ряд фізико-хімічних параметрів, які характеризують їх експлуатаційні властивості. До основних експлуатаційних характеристик олив відносять в'язкісно-температурні властивості, стабільність до окиснення, рухливість при низьких температурах.

На підприємствах залізничного транспорту для тягового рухомого складу існує певний перелік бракувальних норм - числових значень параметрів якості, при досягненні яких мастильні матеріали втрачають функціональні властивості (таблиця 2.3) [2].

Дані аналізів порівнюють з бракувальними показниками і таким чином оцінюють експлуатаційну придатність оливи. Олива, що не набула бракувальних параметрів може використовуватись у подальшому; до того моменту, доки хоча б один із бракувальних показників не буде перевищений таку оливу вважають експлуатаційною, тобто такою, що в повній мірі забезпечує надійну роботу двигуна. Якщо параметри бракування (відповідно до таблиці 2.3) не досягнуті, таку оливу можна застосовувати повторно для проведення реостатних випробувань. Також повторно використовують оливу, яка повністю досягла бракувальних норм, але пробіг, що залишився до планової заміни оливи в магістральних тепловозів і дизель-поїздів не перевищує 10...15 тис. км, а в маневрових і вивізних тепловозів - 30...40 діб.

Таблиця 2.3 - Норми бракування оливи

Фізико-хімічні властивості	Значення параметра	Нормативний документ, за яким визначають
Температура спалаху, яка визначається у відкритому тиглі, °С, нижче	170,00	ГОСТ 4333-87
В'язкість кінематична при 100 °С, мм ² /с, оливи М-14Б, М-14В ₂ , М-14Г ₂ ЦС, більше М-14Б, М-14В ₂ , М-14Г ₂ ЦС, менше	16,50 11,50	ДСТУ ГОСТ 33-2003
Забрудненість оливи, см ⁻¹ , Для тепловозів типів ТЕ10, ТЕП60, М62, ЧМЕЗ, дизель-поїздів, більше Те ж для тепловозів 2ТЕ116, ТЕП70, ТЕП75 і ТЕМ7, більше Те ж для інших серій тепловозів, більше	1300,00 1500,00 650,00	ГОСТ 24943-81
Значення водневого показника Оливи М-14В ₂ , менше Те ж для оливи М-14Б, М-14Г ₂ ЦС, менше	5,50 5,00	Рекомендації з [48]
Загальне лужне число, мг КОН на 1 г оливи М-14Б, при вмісті сірки в паливі до 0,2 %, менше Те ж до 0,35 %, менше Те ж до 0,5 %, менше	0,30 0,45 0,60	ДСТУ 5094:2008
Загальне лужне число, мг КОН на 1 г оливи М-14В ₂ , М-14Г ₂ ЦС, при вмісті сірки в паливі до 0,2 %, менше Те ж до 0,35 %, менше Те ж до 0,5 %, менше	0,60 0,90 1,2	ДСТУ 5094:2008
Вміст води якісно	наявність	ГОСТ 1547-84
При позитивній якісній пробі масова частка води, % більше	0,06	ГОСТ 2477-65
Диспергуюча здатність, менше	0,35	Рекомендації з [48]

При досягненні хоча б одним із показників бракувальних значень, проводять ряд передбачених інструкцією операцій, а саме - перевіряють роботу апаратури та обладнання і замінюють оливу. Крім того, проводять і планову заміну моторної оливи в тепловозних дизелях залежно від типу тепловоза (таблиця 2.4).

Відбракована і злита з картера при плановій заміні олива підлягає передачі на регенерацію.

Після заміни моторної оливи оливну систему дизеля ретельно продувають повітрям, промивають і протирають картер або оливний бак. Частково замінювати («оновлювати») оливу не дозволяється, тому що процеси старіння ідуть більш інтенсивно, оливу частіше доводиться оновлювати; крім того, знижується

ресурс роботи дизеля, який постійно працює на оливі, експлуатаційні показники якої близькі до бракувальних [2].

Таблиця 2.4 - Типи тепловозів та час перевірки олив

Типи тепловозів	Час перевірки і можливої заміни оливи
ТЕ10, ТЕП60, М62, 2М62	На поточних ремонтах ПР-2 і ПР-3
2ТЕ116, ТЕП70	Через 100 тис. км пробігу на чергових поточних ремонтах або технічному обслуговуванні
ТЕМ7, ТЕМ1, ТЕМ2, ТЕМ2А, ТЕМ2У, ТЕМ3, ЧМЕ всіх індексів, ТГМ, дизель-поїзди	На поточних ремонтах всіх типів за бракувальними показниками
Гарантійні тепловози і дизель-поїзди	Відповідно до заводських інструкцій

Робота та поступове забруднення моторних олив, що працюють на тепловозах і дизель-поїздах підприємств залізничного транспорту, має свої особливості. Оливна система дизеля на тепловозі (рис. 2.7) виконує декілька функцій; найважливішими є, по-перше, підтримка необхідного тиску оливи для забезпечення рідинного режиму тертя у підшипниках колінчастого валу та інших вузлах тертя дизеля, по-друге, змащення циліндро-поршневої групи дизеля. Крім того, оливна система забезпечує охолодження та відвід тепла від поршнів дизеля та інших його вузлів тертя і агрегатів, їх захист від корозії, видалення з робочих поверхонь вузлів тертя дизеля продуктів їх зношення.

Для виконання цих функцій система створена як замкнена та циркуляційна; вона складається із внутрішньої змащувальної системи (рис. 2.8 а), яка підводить оливу у необхідній кількості до всіх вузлів тертя, та зовнішньої (рис. 2.8 б), яка забезпечує циркуляцію, охолодження та очистку оливи [74-76]. На рис. 2.9 наведена зовнішня змащувальна система тепловозів типу ЧМЭЗ [77, 78], олива з яких і досліджувалась нами.

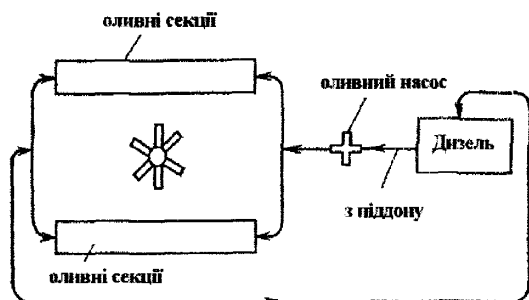
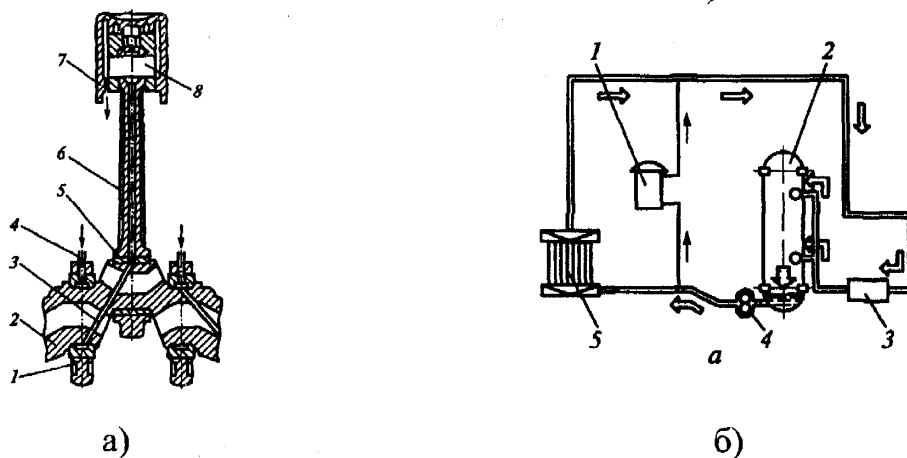


Рисунок 2.7 - Схема оливної системи тепловозу [78]

Двигуни внутрішнього згорання, що встановлені на тепловозах і дизель-поїздах, працюють у широкому діапазоні частоти обертання колінчастого валу при змінних навантаженнях і різноманітних температурних режимах. Так температура оливи в картері складає від 60 до 80°C, зрідка до 85°C,

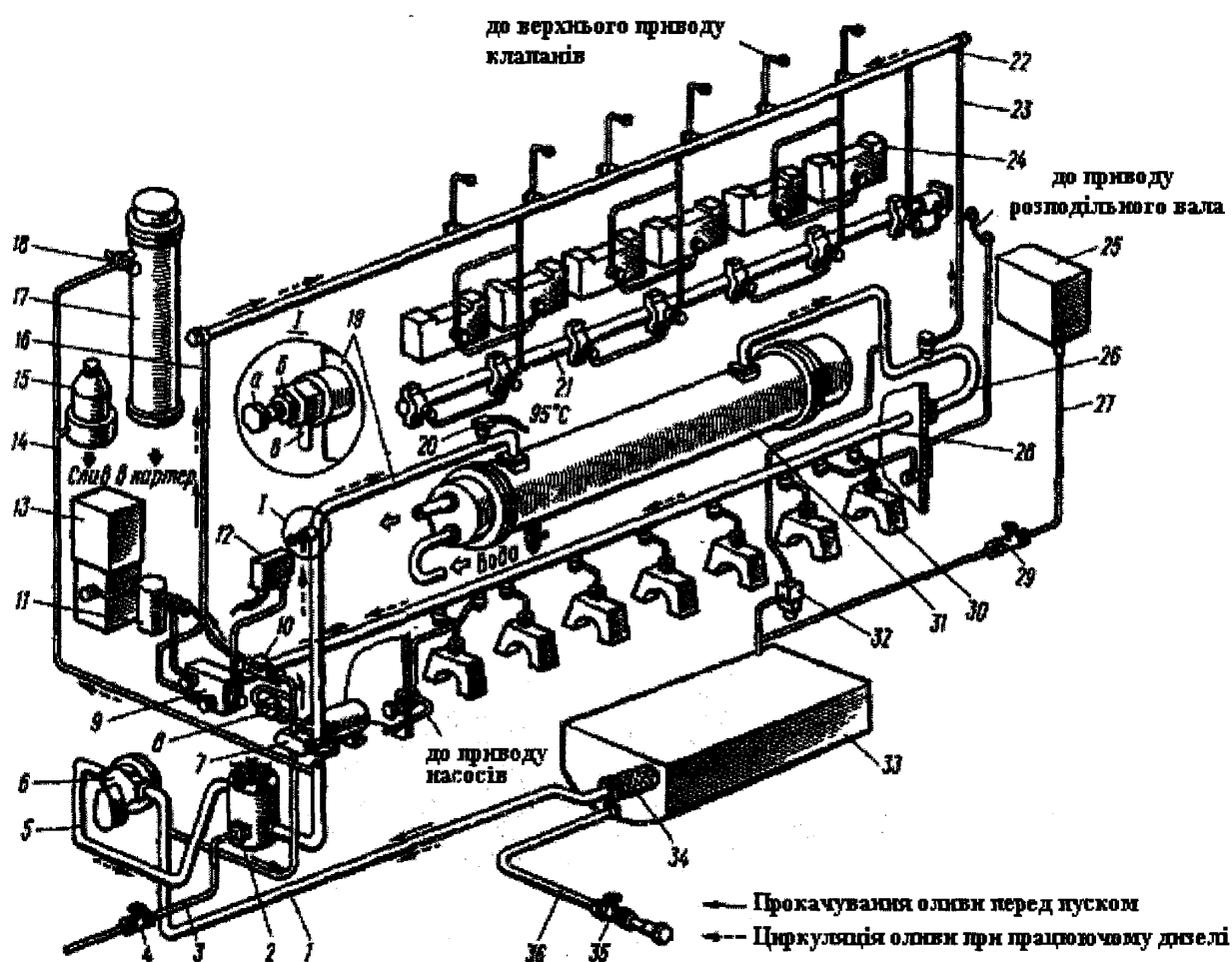
тому тут протікають в основному процеси окиснення і утворення низькотемпературних шламів, які випадають на дно картера, оливопроводах, фільтрах і т.п..



а - внутрішня: 1 - підвішування кореневого підшипника; 2 - колінчастий вал; 3 - трубка для перетікання оливи від кореневого підшипника до шатунного; 4 - підвід оливи із колектора до кореневого підшипника; 5 - шатунний підшипник; 6 - шатун; 7 - поршень; 8 - поршневий палець; б - зовнішня з одним насосом: 1 - фільтр тонкого очищення оливи; 2 - дизель; 3 - фільтр грубого очищення оливи; 4 - оливний насос; 5 - охолоджуючий пристрій

Рисунок 2.8 - Змащувальні системи дизелів [76, 77]

При взаємодії ж оливи, наприклад, з деталями циліндро-поршневої групи, температура яких досягає 300-400°C, нагрітими газами з температурою до 1700-2000°C окрім інтенсивного окиснення іде процес термічного розкладання з утворенням лаків, нагарів і частковим згоранням оливи.



1 - всогуючи труба; 2 - фільтр грубого очищення; 3, 14, 16, 19, 23, 26, 27 - трубопроводи; 4, 29, 35 - вентилі; 5 - нагнітальний труба; 6 - оливний насос; 7 - оливопрокачуючий насос; 8, 10 - зворотні клапани; 9 - оливо розподільча коробка; 11 - фільтр об'єднаного регулятора дизеля; 12 - реле тиску оливи; 13 - об'єднаний регулятор дизеля; 15 - відцентровий фільтр; 17 - фільтр тонкого очищення; 18 - перепускний клапан; 20 - термореле; 21 - розподільчий вал; 22, 28 - верхній та нижній оливні колектори; 24 - корпус штовхачів; 25 - запасний бак; 30 - кришка кореневого підшипника; 31 - водооливний теплообмінник; 32 - розвантажувальний клапан; 33 - оливний бак; 34 - сітчастий фільтр; 36 - зливна труба; а - болт; б - контргайка; в - кран

Рисунок 2.9 - Зовнішня змащувальна система тепловозів типу ЧМЭЗ [77]

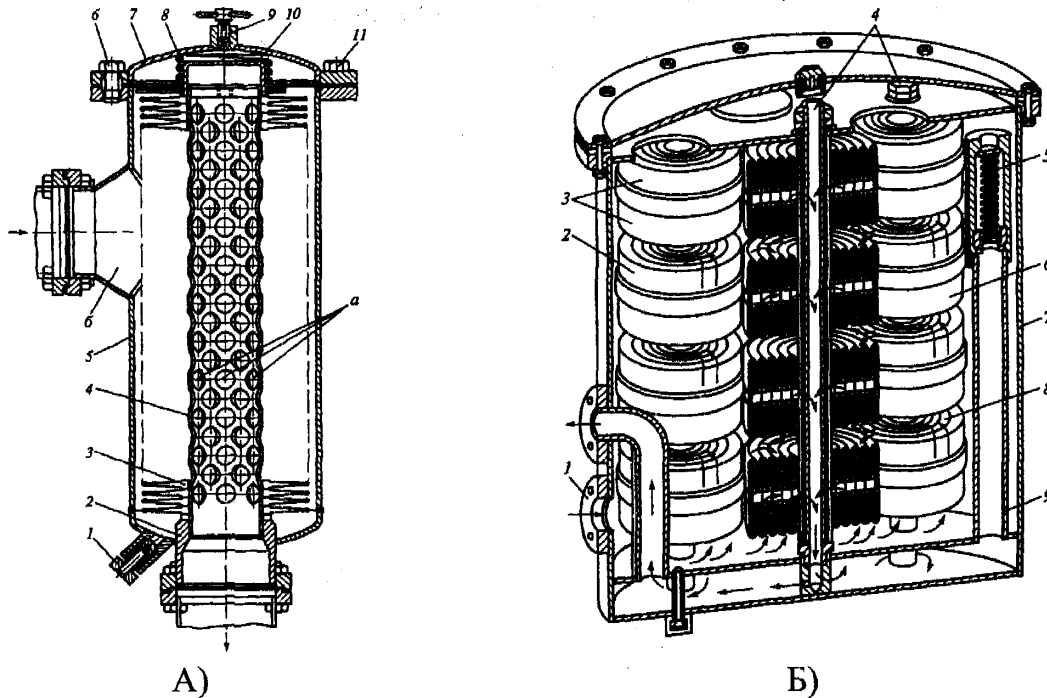
Тонкі плівки лаків (середньотемпературних відкладень), які утворюються на деталях, нагрітих до 250°C, характерні для внутрішніх та зовнішніх стінок поршня, поршневих кілець, голівок шатунів; процеси лакоутворення інтенсифікуються при жорсткому тепловому режимі роботи двигуна та значному зношуванні поршневої групи.

Через високотемпературні режими роботи у дизелях саме нагари складають найбільшу частину поміж інших типів відкладень [74, 75]. У багатьох випадках інтенсифікатором процесів утворення різних типів осадів може стати низька якість використовуваної оливи. Тому одними із найважливіших показників для оливи, що використовуються на рухомому складі залізниць, є термоокиснювальна стабільність та миючі властивості [11, 20, 79, 80]. Нагар у вигляді твердого вуглецевмісного шару (високотемпературні відкладення) може утворюватись на стінках камери згорання, дні поршня, свічах запалення, форсунках та ін., тобто у широкому температурному діапазоні від 200 до 2000°C; його склад та структура залежить від складу та властивостей палива і оливи, забрудненості повітря.

При роботі дизеля часточки нагару, коксу, попелу, сажі під тиском камери згорання потрапляють до картерної оливи через зазори між гільзами, поршнями та поршневими кільцями та накопичуються у ній. Крім того, олива, яка у процесі циркуляції стікає з поршнів до картеру, розбризкується і в дрібнодисперсному стані окислюється через взаємодію із картерним повітрям; також експлуатаційні властивості оливи погіршуються через потрапляння до неї мілких металевих часток, які є результатом зношення та стирання поверхонь деталей дизеля та його агрегатів. Всі тверді часточки різного походження, що накопичуються в оливі, мають високу дисперсність - їх розмір зазвичай не перевищує 1-2 мкм [78]. Для подовження строку роботи оливи необхідно постійно очищувати її від забруднень. Для цього в зовнішніх оливних системах дизелів застосовуються фільтри грубого (для очищення від часток розміром більше 0,15 мм - рис. 2.10-А) та тонкого очищення (для очищення від часток розміром до 0,15 мм - рис. 2.10-Б); схема їх розміщення у тепловозі наведена на рис. 2.11. Для очи-

щення оливи від часток розміром менше 2 мкм на деяких тепловозах, зокрема і на ЧМЭЗ, застосовують відцентрові оливні фільтри (рис. 2.12) [76-78].

Температурні умови, замкненість оливної системи унеможливають знаходження води у «працюючій» дизельній оливі: навіть при її потраплянні в оливну систему вона не встигає утворити стійких емульсій з оливою, так як олива постійно циркулює і неминуче контактує з високонагрітими деталями. Вищезазначені особливості роботи двигунів тепловозів та дизель-поїздів обумовлюють присутність у дизельних оливах значної кількості миюче-диспергуючих, антиокислювальних, антипінних присадок.



- А - фільтр грубого очищення оливи: 1 - клапан; 2 - патрубок; 3 - фільтруючий елемент;
4 - труба; 5 - корпус; 6, 11 - болти; 7 - кришка; 8 - пружина; 9 - клапан; 10 - опора; а - отвір;
б - порожнина; Б - паперовий фільтр тонкого очищення оливи: 1 - вхідний патрубок;
2 - картонна смужка; 3 - фільтрувальний папір; 4 - пустотілі стрижні; 5 - перепускний клапан;
6 - картонна стрічка з отворами; 7 - зварний циліндричний корпус; 8 - фільтруючий елемент;
9 - перегородка

Рисунок 2.10 - Фільтри для очищення оливи [76]

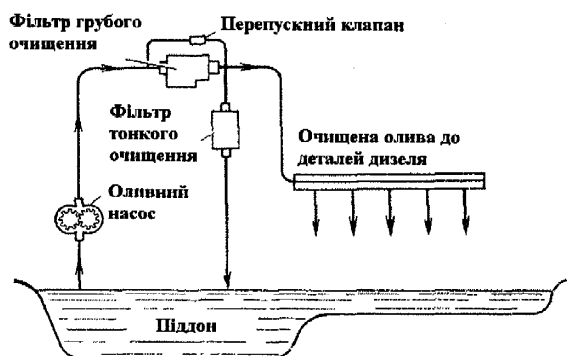
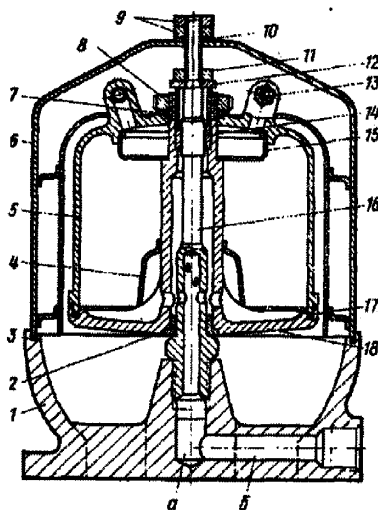


Рисунок 2.11 - Схема розміщення фільтрів грубого та тонкого очищення у тепловозі [78]



1 - основа корпусу; 2, 14 - втулки; 3, 17 - резинові ущільнюючі прокладки; 4 - відбивний кожух; 5 - кришка ротора; 6 - кришка фільтра; 7, 10 - мідні ущільнюючі кільця; 8, 9, 11 - гайки; 12 - шайба; 13 - сопло; 15 - сітка; 16 - вісь; 18 - днище ротору; а - центральний отвір;

б - горизонтальний канал

Рисунок 2.12 - Відцентровий оливний фільтр [77]

Останні відіграють не менш значну роль, так як умови роботи оливи у двигунах тепловозів (потрапляння повітря, підвищення в'язкості через поступове забруднення смолисто-асфальтовими речовинами) можуть провокувати спінювання, а значить можливість викиду оливи з оливної системи.

Наявність пакетів присадок підтримує основні експлуатаційні показники моторних оливи (загальне лужне число, температуру спалаху, значення водневого показника) у нормі. Але неминуче утворення продуктів окиснення у вигляді зважених домішок поступово зменшує оптичну прозорість оливи. Саме тому забрудненість, яка безпосередньо пов'язана з оптичною густиною, стає найчастіше першим показником, за яким і відбраковують такі оливи. Виключенням може стати потрапляння до оливи пального: тоді автоматично знижується температура спалаху і в'язкість, і саме вони стають визначальними бракувальними показниками.

2.4 Методики оцінки якості моторних оливо

Оптичний показник забруднення моторних оливо визначається відповідно до ГОСТ 24943-81 «Масла моторные. Фотометрический метод оценки загрязненности работавших масел», що встановлює прискорений метод оцінки забруднення відпрацьованих моторних оливо для тепловозних, автотракторних і судових дизелів загального призначення продуктами, що утворюються при експлуатації двигунів [81].

Сутність методу полягає в розчиненні проби випробуваної оливи в бензині, визначенні оптичної густини розчину на фотоелектроколориметрі та обчисленні фотометричного коефіцієнта забруднення.

Аналіз здійснюється в такий спосіб. Відібрану для аналізу оливу витримують 30 хвилин у сушильній шафі при температурі 60-70°C, потім 5 хвилин перемішують струшуванням. Від підготовленої проби піпеткою із грушею відбирають 1,0 см³ оливи й переносять в мірний циліндр, куди також додають бензин-розчинник з розрахунку 20-кратного розведення оливи. Розчин ретельно перемішують. Отриманим розчином заповнюють чисту кювету, поміщають в прилад і вимірюють оптичну густину розчину (при довжині хвилі $\lambda=540$ нм - зелений світлофільтр).

Фотометричний коефіцієнт забруднення (τ) у см⁻¹ обчислюють за формулою:

$$\tau = 2,303 \cdot \frac{i}{\sigma} \cdot D, \quad (2.1)$$

де 2,303 - основа натурального логарифма;

i - ступінь розведення оливи розчинником:

$$i = \frac{V_o + V_p}{V_o}, \quad (2.2)$$

V_p - об'єм розчинника, см³;

V_0 - об'єм оливи, см³;

σ - відстань між робочими гранями кювети (товщина шару), см;

D - оптична густина оливи, визначена по фотоелектроколориметру.

За результат аналізу приймають середнє арифметичне двох паралельних визначень.

Температура спалаху у відкритому тиглі визначається згідно методики ГОСТ 4333-87 «Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле» за методом Клівленда [82].

Сутність методів полягає в нагріванні проби відпрацьованої оливи у відкритому тиглі зі встановленою швидкістю доти, поки не відбудеться спалах пари (температура спалаху) нафтопродукту над його поверхнею від запального пристрою і поки при подальшому нагріванні не відбудеться загоряння продукту (температура запалення) із тривалістю горіння не менше 5 с.

Випробування проводиться в апараті для визначення температури спалаху у відкритому тиглі типу ТВО наступним чином. Тигель заповнюють нафтопродуктом так, щоб верхній меніск точно збігався з міткою, а також видаляють пухирці повітря з поверхні проби.

Тигель із пробною оливи нагрівають за допомогою електрообігрівання. Запалюють полум'я запального пристрою (діаметр полум'я приблизно 4 мм). Починаючи з температури не менш ніж на 28°C нижче температури спалаху, щораз застосовують запальний пристрій при підвищенні температури проби на 2°C. Полум'я запального пристрою переміщують у горизонтальному напрямку, не зупиняючись над краєм тигля, і проводять ним над центром тигля в одному напрямку протягом 1 с. При наступному підвищенні температури переміщують полум'я запалювання у зворотному напрямку.

За температуру спалаху приймають температуру, що показував термометр з появою першого синього полум'я над частиною або над всією поверхнею випробуваного нафтопродукту. Додатково вона має бути підтверджена наступним спалахом через 2°C.

Визначення в'язкості олив проводять за вимогами ДСТУ ГОСТ 33-2003 «Нафтопродукти. Прозорі і непрозорі рідини. Визначення кінематичної в'язкості і розрахунок динамічної в'язкості», який встановлює метод визначення кінематичної в'язкості п рідких нафтопродуктів, прозорих і непрозорих рідин виміром часу витікання певного об'єму рідини під дією сили ваги через калібрований скляний капілярний віскозиметр [83].

Сутність методу полягає у вимірюванні каліброваним скляним віскозиметром часу витікання, у секундах, певного об'єму випробуваної рідини під впливом сили ваги при постійній температурі. Кінематична в'язкість є добутком обмірюваного часу витікання на постійну віскозиметра.

Випробування проводять наступним чином. Беруть два чистих сухих каліброваних віскозиметри з межами виміру, що відповідають передбачуваній в'язкості. Зразок наливають у скляну колбу місткістю 100 см³ у кількості, достатній для заповнення двох віскозиметрів, і нещільно закупорюють. Занурюють колбу на 30 хвилин у лазню з киплячою водою. Далі колбу виймають із лазні, щільно закупорюють і струшують 1 хвилину. Заповнюють два попередньо нагрітих у шафі віскозиметра й поміщають у лазню відповідно до конструкції апарата.

Заповнений віскозиметр витримують у лазні доти, поки він не прогріється до температури випробування. Час, потрібний для проходження зразка від першої риски віскозиметра до другої, реєструють. Із двох визначень розраховують середнє арифметичне значення кінематичної в'язкості n , мм²/с.

Кінематичну в'язкість n , мм²/с, розраховують за формулою:

$$n = C \cdot t, \quad (2.3)$$

де C - калібрована постійна віскозиметра, мм²/с²;

t - середнє арифметичне значення часу витікання, с.

Визначення вмісту води проводиться згідно вимог ГОСТ 1547-84 «Масла и смазки. Методы определения наличия воды» та ГОСТ 2477-65 «Нефть и нефте-

продукты. Метод определения содержания воды» [84, 85]. По-перше, проводиться якісний аналіз оливи на наявність води. Дослідження проводиться наступним чином. Оливну банку заповнюють циліндровою оливою, нагрівають та поміщають у неї пробірку з досліджуваним зразком. Далі вивчають поведінку оливи у пробірці, доки температура у ній не сягне 130°C. Вміст води вважають встановленим, якщо при кожному дослідженні кожного зразка чутний малопомітний тріск зі спізненням (підтверджений при повторному дослідженні).

Для визначення кількості води в оливі використовують методику ГОСТ 2477-65. Сутність методу полягає в нагріванні проби нафтопродукту з нерозчинним у воді розчинником і вимірі об'єму сконденсованої води.

Дослідження проводиться в такий спосіб. Змішують у колбі пробу з розчинником (толуолом). Включають нагрівач, вміст колби доводять до кипіння і далі нагрівають так, щоб швидкість конденсації дистилату в приймач була від 2 до 5 крапель в 1 с. Пальник поступово піднімають і стежать за швидкістю дистилляції, щоб вона не перевищувала 5 крапель на 1 с. Перегонку припиняють, як тільки об'єм води в приймачі-уловлювачу перестає збільшуватися і верхній шар розчинника стає зовсім прозорим. Крапельки води, що залишилися на стінках трубки холодильника, зіштовхують у приймач-уловлювач скляною паличкою. Далі очікують охолодження колби (доки температура розчинника і води стає кімнатною), апарат розбирають й зіштовхують скляною паличкою крапельки води зі стінок приймача-уловлювача.

Потім записують об'єм води, що зібралася в приймачі-уловлювачі, з точністю до однієї верхньої поділки нижньої частини приймача-уловлювача. Масову (X) або об'ємну (X_1) частку води у відсотках обчислюють за формулами:

$$X = \frac{V_0}{m} \cdot 100, \quad (2.4)$$

$$X_1 = \frac{V_0}{V} \cdot 100, \quad (2.5)$$

де V_0 - об'єм води в приймачі-уловлювачі, см^3 ;

m - маса проби, г;

V - об'єм проби, см^3 .

За результат випробування приймають середньоарифметичний результат двох визначень. Якщо об'єм води в приймачі-уловлювачу при кожному дослідженні кожного зразка складає $0,03 \text{ см}^3$ і менше, вміст води вважають слідами.

Визначення лужного числа проводять за вимогами ДСТУ 5094:2008 «Нафтопродукти. Оливи мастильні, присадки і пакети присадок. Визначання загального лужного числа методом потенціометричного титрування» [86], попередньо визначивши рН відповідно до вимог Інструкції з використання мастильних матеріалів на тяговому рухомому складі залізниць України ЦТ-0060 [2]. А саме, у стаканчик беруть наважку аналізованої оливи масою 5 г і розчиняють в 50 мл розчинника (спиртово-толуольній суміші). Далі вимірюють рН за допомогою рН-метра зі скляними електродами.

Аналіз проводять в такий спосіб. У стаканчик для титрування беруть наважку аналізованої оливи (відповідно до вимог ДСТУ маса становить 5 г) і розчиняють в 50 мл розчинника (спиртово-толуольній суміші). Стаканчик встановлюють на титрувальний стенд, опускають в розчин електроди, включають мішалку й визначають початкову величину ЕРС. Для визначення загального лужного числа титрування продовжують до величини ЕРС, встановленої в кислому буферному розчині. Визначення проводять прямим титруванням. Далі проводять контрольний дослід з тим же об'ємом розчинника, але без аналізованого продукту (проводять титрування до величини ЕРС, установленої в кислому буферному розчині). Загальне лужне число (Щ) у міліграмах КОН на 1 г продукту, визначене прямим титруванням, обчислювали за формулою:

$$\text{Щ} = \frac{(V-V') \cdot T}{m}, \quad (2.6)$$

де V - об'єм 0,1 н розчину соляної кислоти, що була витрачена на титрування контрольного досліду до величини ЕРС у кислому буферному розчині, мл;

V' - об'єм розчину соляної кислоти, що була витрачена на титрування до величини ЕРС у кислому буферному розчині, мл;

T - титр 0,1 н розчину соляної кислоти, мг/мл КОН;

m - маса наважки оливи, г.

Проводять два паралельні досліди при дослідженні кожного зразка і за результат приймають середнє арифметичне.

Визначення густини проводять за вимогами ДСТУ ГОСТ 31072:2006 «Нафта і нафтопродукти. Метод визначення густини, відносної густини та густини в градусах АРІ ареометром» [87]. Суть методу полягає в зануренні ареометра у випробовуваний продукт, вимірюванні значень за шкалою ареометра при температурі визначення і перерахунку результатів на густину при температурі 20°C.

Аналіз проводиться в такий спосіб. Циліндр для ареометрів встановлюють на рівній поверхні. Пробу досліджуваного продукту наливають в циліндр, що має ту ж температуру, що і проба, уникаючи утворення бульбашок і втрат від випаровування. Бульбашки повітря, які утворюються на поверхні, знімають фільтрувальним папером. Температуру досліджуваної проби вимірюють до і після вимірювання густини по термометру ареометра. Температуру підтримують постійною з погрішністю не більше 0,2°C. Чистий і сухий ареометр поволі і обережно опускають в циліндр з досліджуваним продуктом, підтримуючи ареометр за верхній кінець, не допускаючи змочування частини стрижня, розташованої вище за рівень занурення ареометра.

Коли ареометр встановився і припинилися його коливання, знімають значення по верхньому краю меніска, при цьому око має знаходитись на рівні меніска. Відлік за шкалою ареометра відповідає густині нафтопродукту при температурі випробування ρ (маса продукту що міститься в одиниці його об'єму, г/см³). Виміряну температуру випробування округляють до найближчого зна-

чення температури, вказаної в таблиці обов'язкового додатку 1 ДСТУ. По округленому значенню температури і густини, ρ , визначеної за шкалою ареометра, знаходять густину випробовуваного продукту при 20°C по таблиці додатку 1. Проводять два паралельні досліди при дослідженні кожного зразка і за результат приймають середнє арифметичне.

Визначення вмісту механічних домішок проводять за вимогами ГОСТ 6370-83 «Нефть, нефтепродукты и присадки. Метод определения содержания механических примесей» [88].

Аналіз проводять в такий спосіб. У стакан поміщають підготовлену пробу досліджуваного продукту і розчиняють підігрітим розчинником (толуолом), нагрітим попередньо до 80°C. Вміст стакана фільтрують через паперовий фільтр, розміщений у скляній воронці, закріпленій в штативі. Розчин наливають на фільтр по скляній паличці, воронку з фільтром наповнюють розчином не більш ніж на 3/4 висоти фільтра. Залишки нафтопродукту або тверді домішки, що залишаються на стінках стакана, знімають скляною паличкою та змивають нагрітим до 80°C толуолом на фільтр. Після фільтрації фільтр з осадом промивають нагрітим до 80°C толуолом до тих пір, доки на фільтрі не зникають сліди нафтопродукту і розчинник не стає прозорим і безколірним.

Після закінчення промивання фільтр з осадом переносять у стаканчик для зважування з відкритою кришкою, в якому сушився чистий фільтр. Стаканчик з фільтром сушать у сушильній шафі при температурі (105±2)°C не менш ніж 45 хв. Далі стаканчик закривають кришкою, охолоджують в ексікаторі протягом 30 хвилин та зважують з похибкою не більше 0,0002 г.

Стаканчик з фільтром сушать та зважують до отримання розходження між двома послідовними зважуваннями не більше 0,0004 г. Масову частку механічних домішок (X) в процентах обчислюють за формулою:

$$X = \frac{(m_1 - m_2)}{m_3} \cdot 100, \quad (2.7)$$

де m_1 - маса стаканчика для зважування з паперовим фільтром та механічними домішками, г;

m_2 - маса стаканчика для зважування з чистим підготовленим паперовим фільтром, г;

m_3 - маса наважки, г.

Проводять два паралельні досліди при дослідженні кожного зразка і за результат приймають середнє арифметичне. Масова часта механічних домішок до 0,005 % включно оцінюють як їх відсутність.

Визначення диспергуючої здатності оливи проводять за вимогами Інструкції з використання мастильних матеріалів на тяговому рухомому складі залізниць України ЦТ-0060 [2].

Аналіз проводять в такий спосіб. При визначенні температури спалаху у відкритому тиглі згідно методики ГОСТ 4333-87 [82] при досягненні оливою температури 200°C відбирають її піпеткою та випускають 2-3 краплі; далі випускають по одній краплі в центр трьох паперових фільтрів діаметром 90 мм кожний, при цьому кінець піпетки повинен знаходитись на відстані 10-15 мм від поверхні фільтру. Фільтри з нанесеною краплею укладають на решітку в горизонтальному положенні так, щоб оливна пляма опинилася в прорізі решітки. Решітку розташовують в сушильній шафі, нагрітій до температури 100-110°C, витримують там протягом 20-30 хвилин.

Після цього на кожному фільтрі відмічають центр оливної плями, через який проводять дві перпендикулярні прямі лінії. На цих прямих відзначають зони розтікання оливи, що проглядається на просвіток, і зони забруднення темного кольору, вимірюють діаметри цих зон (відповідно D_1 , D_2 , d_1 , d_2). Для кожного фільтра визначають значення диспергуючої здатності (ДЗ) за формуло:

$$ДЗ = \frac{d_1 + d_2}{D_1 + D_2}, \quad (2.8)$$

Середній із трьох результатів приймають за диспергуючу здатність оливи.

2.5 Випробування та розроблення екологічно безпечних заходів по відновленню відпрацьованих моторних олив

Найпершою задачею при відновленні первісних властивостей відпрацьованих моторних олив є їх освітлення, тобто зниження такого бракувального показника як забрудненість у декілька разів. У наступних підрозділах наведені основні методи, що були застосовані для зменшення вмісту в оливі забруднюючих завислих речовин.

2.5.1 Випробування методів відновлення для оливи М-14В₂

Моторна олива М-14В₂ перед дослідженнями мала такі показники після відбракування (з даних хіміко-технічної лабораторії депо): 1. забрудненість $\tau=1305 \text{ см}^{-1}$; 2. температура спалаху у відкритому тиглі: 180°C; 3. в'язкість при 100°C 12,48 мм²/с; 4. рН=6,9; 5. лужне число 3,16 мг КОН/г; 6. вміст води: сліди.

Найпершими були випробувані фізичні методи очищення, а саме відстоювання, центрифугування та фільтрації, які широко застосовуються для відновлення індустріальних олив, олив для гідравлічних систем і т.п., такі оливи у процесі роботи у значній мірі забруднюються механічними домішками та водою. У всіх випадках досліджувану моторну оливу попередньо нагрівали до температури 80-90°C для зменшення в'язкості, тобто більш швидкого та ефективного осадження забруднюючих часточок.

Центрифугування оливи зі швидкістю 3000 обертів/хв. проводилось у лабораторній центрифугі протягом 3 годин. Як фільтрувальний матеріал використовували грубу тканину, спінений метал, фільтрувальний папір. Для контролю за ходом відновлення використовували метод оцінки якості оливи, а саме оптичний показник забруднення ($\tau, \text{см}^{-1}$) оливи у відповідності до ГОСТ 24943-81, що є найпершим показником, який перевіряють для порівняння із нормами від-

бракування. Кінетика процесу відображена на рис. 2.13-2.15. Як видно з графіків, у всіх випадках забрудненість змінювалась у незначній мірі. Під час випробування було виявлено, що відстоювання потребує значного часу (кілька місяців) через замалу швидкість випадіння осаду. Центрифугування також не дало значних результатів через малу потужність центрифуги та особливості такого типу олив. Був зроблений висновок, що ці методи неможливо використовувати як основні заходи по відновленню відпрацьованої оливи.

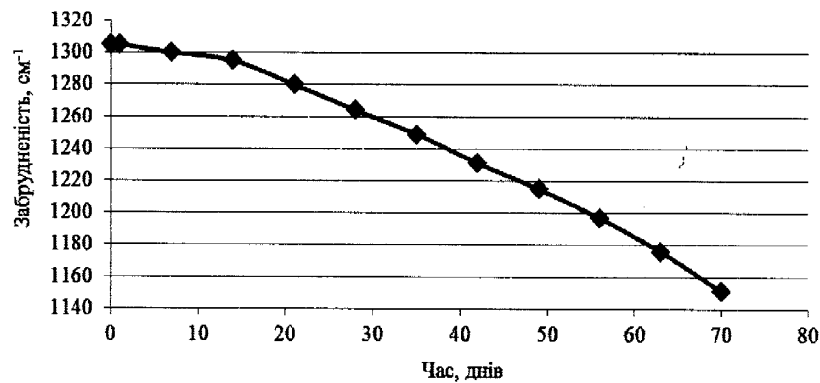


Рисунок 2.13 - Кінетика освітлення оливи М-14В₂ після відстоювання без використання додаткових методів очищення

Як видно з графіку, забрудненість за 70 днів дослідження знизилась зі значення 1305 до 1151 см⁻¹, тобто загалом на 154 одиниць. Цей показник є замалим, так як бракувальна норма складає 1300 см⁻¹, і якщо застосувати таку оливу повторно швидко будуть отримані бракувальні значення. Проте попереднє відстоювання на підприємстві, що найчастіше є єдиним методом очищення відпрацьованих олив на підприємствах залізничної інфраструктури, може бути рекомендованим як первинний захід. Це знизить забрудненість до показників нижче бракувальних, що в подальшому пришвидшить процес повернення оливи у використання.

Той самий висновок можна зробити і по другому графіку (рис. 2.14).

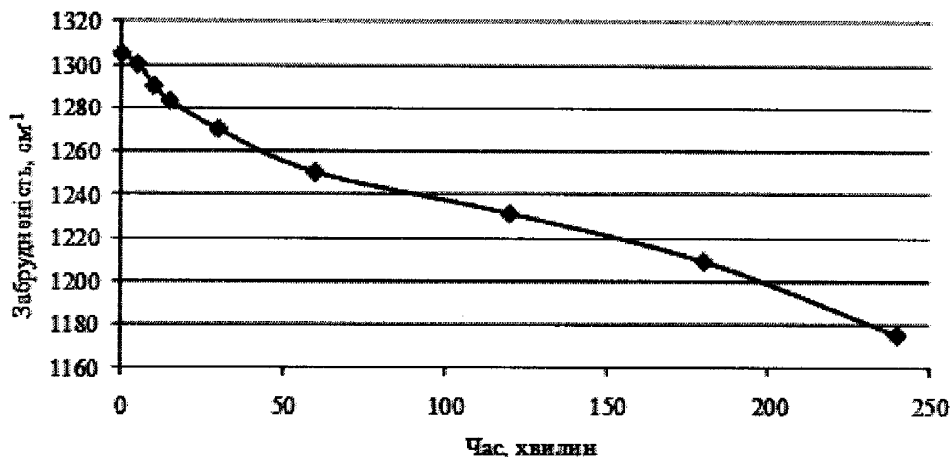
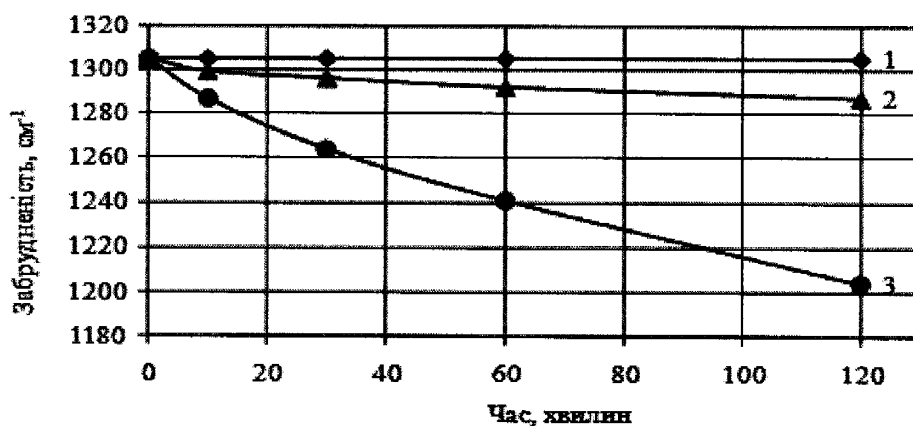


Рисунок 2.14 - Кінетика освітлення оливи М-14В₂ після центрифугування без використання додаткових методів очищення

Загалом за 240 хвилин (4 годин) дослідження забрудненість знизилась зі значення 1305 до 1175 см⁻¹, тобто загалом на 130 одиниць, що є недостатнім для рекомендації використовувати таку оливу повторно. Крім того, час освітлення занадто великий, а в умовах необхідності освітлення великої кількості відпрацьованої оливи знадобиться значна кількість енергоресурсів.



1 - груба тканина; 2 - спінений метал; 3 - фільтрувальний папір

Рисунок 2.15 - Кінетика освітлення оливи М-14В₂ після фільтрації без використання додаткових методів очищення

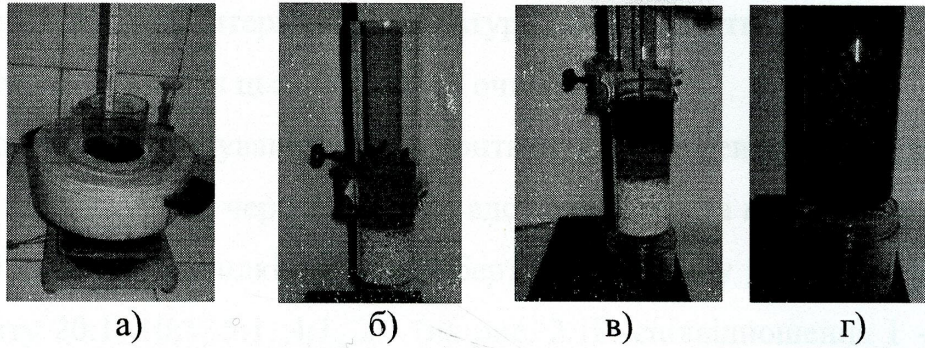
З рисунку 2.15 видно, що значення забрудненості після використання трьох типів фільтрувальних матеріалів знизилась у незначній мір. Так, у випадку грубої тканини і спіненого металу кінцеві значення склали відповідно 1305 і 1287

см⁻¹, тобто відповідали бракувальним параметрам. У випадку фільтрувального паперу, який відрізняється більшою щільністю розташування пор, забрудненість знизилась до значення 1204 см⁻¹, проте цей показник також є недостатнім. Загалом спосіб фільтрації не дав потрібних результатів через те, що відновлювана нами відпрацьована олива відноситься до таких, що не фільтрується, тобто забруднюючі частинки знаходяться у дрібнодисперсному зваженому стані і не затримуються фільтрувальними матеріалами. Для отримання кінцевого продукту у подальших схемах використовували центрифугування як більш ефективний та швидкий на відміну від фільтрації метод доочищення.

Наступними методом було поєднання відстоювання, обробки адсорбентом та центрифугування, що застосовують для багатьох типів компресорних, індустриальних, турбінних олив, що окрім механічних домішок та води вимагають вилучення кислих сполук, тобто підвищення лужних чисел.

У ході випробування оливу (об'єм оливи - 100 мл), по-перше, фільтрували через шари адсорбентів (метод перколяції), а саме цеолітів, керамзиту, діалюмінію триоксиду у різних комбінаціях: 1) Шар сокирницьких цеолітів (кліноптилоліти) - дисперсність 1-3 мм, маса 100 г; 2) Нижній шар: сокирницькі цеоліти (кліноптилоліти) - дисперсність 1-3 мм, маса 100 г; Верхній шар: керамзит (окатиші) - дисперсність 5,5-10 мм, маса 50 г. Співвідношення по висоті шарів 1:1; 3) Нижній шар: діалюміній триоксид Al₂O₃ у вигляді стрижнів діаметром 3 мм та довжиною 10-15 мм, маса 12 г; Середній шар: сокирницькі цеоліти (кліноптилоліти) - дисперсність 1-3 мм, маса 100 г; Верхній шар: керамзит (окатиші) - дисперсність 5,5-10 мм, маса 50 г. Співвідношення по висоті шарів 1:6:6.

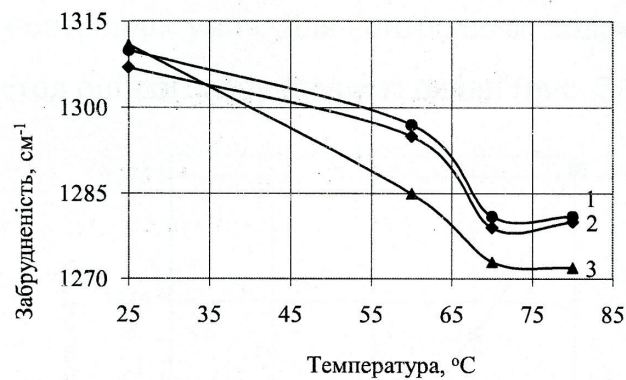
Перколяцію проводили за кімнатної температури 25°C та після попереднього нагрівання оливи на водяній бані до 60, 70, 80°C, використовуючи скляну колонку діаметром 47 мм. На кінцевому етапі оливу центрифугували протягом 1 години зі швидкістю 3000 обертів/хв.. Хід випробування відображений на фото (рис. 2.16 а-г).



а) - нагрівання оливи на водяній бані; б) - колонка з адсорбентами; в) - налив нагрітої оливи у колонку; г) - потрапляння оливи з колонки у ємкість для збирання готового продукту

Рисунок 2.16 - Хід проведення експерименту з відновлення оливи М-14В₂

Результати перевірки забрудненості (τ , см^{-1}) оливи, що проводили відповідно до ГОСТ 24943-81, зображені на рис. 2.17.



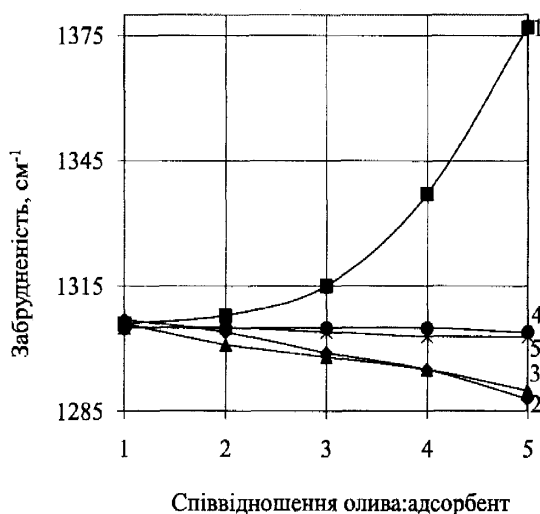
1 - після використання цеолітів та керамзиту; 2 - після використання цеолітів; 3 - після використання цеолітів, керамзиту, діалюмінію триоксиду

Рисунок 2.17 - Залежність степені освітлення оливи М-14В₂ після перколяції її через різні типи адсорбентів та центрифугування від температур

З рисунку 2.17 видно, що у всіх трьох випадках забрудненість при температурі 25°C дещо збільшилась; ми це пов'язуємо із потраплянням у неї дрібнодисперсних складових адсорбентів при тому, що в'язкість оливи при такій температурі досить висока. При подальшому нагріванні показники дещо покращились. Найбільш ефективно освітлення проходило при температурі 70°C, при цьому найкращий результат дало поєднання трьох адсорбентів – при цьому отримали значення 1272 см^{-1} ; подальше нагрівання призвело до стабілізації значень забрудненості. Це, на наш погляд, пов'язано із окисненням олив, що

починається в цьому інтервалі температур, і провокує утворення продуктів окиснення, гальмуючи при цьому процеси очищення.

Також був випробуваний метод контактного очищення: оливу нагрівали до 70-75°C; змішували по черзі з різними адсорбентами на магнітній мішалці протягом 30 хвилин зі швидкістю 1500 обертів на хвилину у пропорціях оливи до адсорбенту 20:1, 10:1, 5:1, 4:1, 2:1 (на рис. 2.18: співвідношення 1 - 20:1, співвідношення 2 - 10:1, співвідношення 3 - 5:1, співвідношення 4 - 4:1, 5 - 2:1). Об'єм оливи складав 100 мл. Як адсорбенти використали: білу глину (дисперсність 0-0,2 мм); сокирницький кліноптилоліт (дисперсність 1-3 мм); керамзит (дисперсність 5,5-10 мм); силікагель (марка КСК); діалюміній триоксид у вигляді стрижнів діаметром 3 мм та довжиною 10-15 мм. В подальшому оливу центрифугували за попередніх умов. Для контролю за ходом відновлення також використовували метод оцінки забрудненості оливи (рис. 2.18).



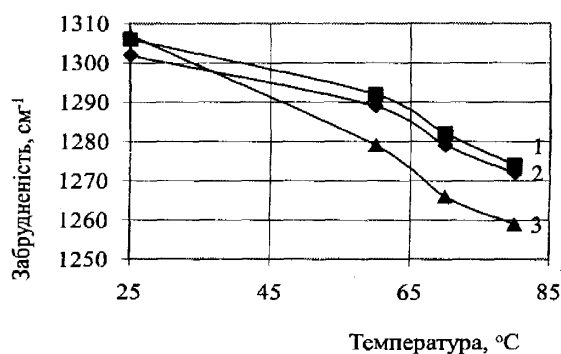
1 - після використання білої глини; 2 - після використання цеолітів; 3 - після використання керамзиту; 4 - після використання силікагелю; 5 - після використання діалюмінію триоксиду

Рисунок 2.18 - Залежність ступені освітлення оливи М-14В₂ після контактного очищення та центрифугування від температур

З рисунку 2.18 видно, що значення забрудненості при використанні різних типів адсорбентів знизилось у незначній мірі: максимально до 1288 см⁻¹ у випадку використання цеолітів у співвідношенні 2:1, що пов'язано із незначною ко-

агуляцією завислих часток і як у попередньому випадку потраплянням до оливи дрібнодисперсних складових адсорбентів. При використанні білої глини (крива номер 1) було відмічене збільшення значення забрудненості до 1377 см^{-1} . Це ми пов'язуємо з утворенням агломератів забруднюючих часток унаслідок їх злипання між собою та часточками глини. Так як в обох випадках забрудненість змінювалась у незначному діапазоні значень, близьких до бракувальних, ці методи також були виключені з первинних методів очищення [89-92].

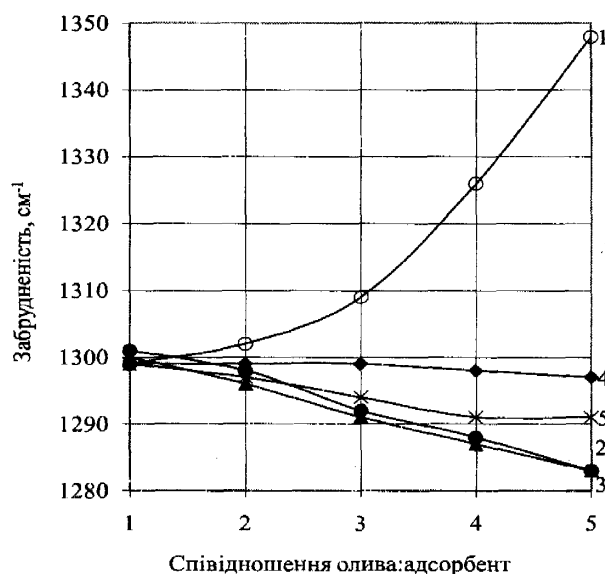
Наступним методом стала обробка оливи лужним реагентом, адсорбентом та центрифугування, що застосовується для оливи з підвищеним після тривалого використання кислотним числом (наприклад, турбінних). Як лужний агент використовували 10-% розчин кальцинованої соди (сильний електроліт-коагулянт). Дослідження проводилось наступним чином: оливу нагрівали до температури 25, 60, 70, 80°C у випадку використання методу перколяції та до $70-75^{\circ}\text{C}$ у випадку контактної обробки оливи; лужний агент змішували з оливою у пропорції 1:10 протягом 30 хвилин зі швидкістю 1500 обертів на хвилину; далі застосовувались аналогічні вищеописаним методики обробки адсорбентами (методи перколяції та контактного очищення); отриману оливу центрифугували протягом 1 години при швидкості 3000 обертів/хв.. Результати досліджень можна побачити на рис. 2.19-2.20.



1 - після використання цеолітів та керамзиту; 2 - після використання цеолітів; 3 - після використання цеолітів, керамзиту, діалюмінію триоксиду

Рисунок 2.19 - Залежність степені освітлення оливи М-14В₂ після обробки її лужним реагентом, перколяції, центрифугування при різних температурах

Рисунок 2.19 подібний до рис. 2.17, але можна побачити, що забрудненість продовжувала зменшуватись і після підвищення температури вище 70°C . Це, на наш погляд, пов'язано із введенням лужного реагенту, який загальмував окислювальні процеси, які неминуче виникають при нагріванні олив вище 70°C . Найнижчий показник склав 1259 см^{-1} (крива номер 3), проте він дуже наближений до бракувального, тому від цього методу також відмовились.



1 - після використання білої глини; 2 - після використання цеолітів; 3 - після використання керамзиту; 4 - після використання силікагелю; 5 - після використання діалюмінію триоксиду

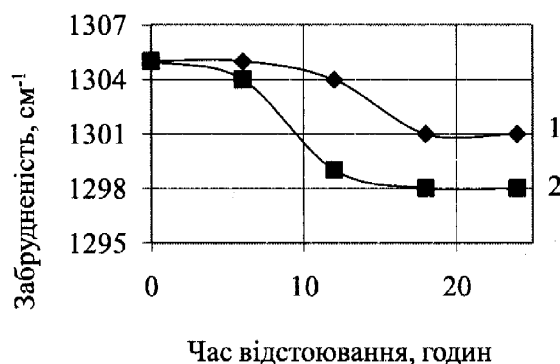
Рисунок 2.20 - Залежність степені освітлення оливи М-14В₂ після обробки лужним реагентом, контактного очищення та центрифугування при різних температурах (1 - 20:1, 2 - 10:1, 3 - 5:1, 4 - 4:1, 5 - 2:1)

Рисунок 2.20 подібний до рис. 2.18. Найнижчі показники (1283 см^{-1}) були отримані у двох випадках: після використання цеолітів і керамзиту (криві 2 і 3) у співвідношенні 2:1. При використанні білої глини (крива номер 1) також було відмічене збільшення значення забрудненості до 1348 см^{-1} .

У наступному методі використовували 98-% сульфатну кислоту як коагулянт, а саме: нагрівали відпрацьовану оливу до температури приблизно $60-65^{\circ}\text{C}$; додавали кислоту у кількості 0,25 та 0,5 % за масою; змішували оливу з кислотою протягом 30 хвилин зі швидкістю 1500 обертів на хвилину; відстою-

вали протягом 1 доби. Результати перевірки забрудненості зображені на рис. 2.21.

З рисунку можемо бачити, що кращий показник дало використання 0,5 % за масою кислоти (крива 2). Проте отриманий максимальний результат (1298 см^{-1}), який майже збігається з бракувальною нормою, вважаємо недостатнім і пов'язуємо його з тим, що процес коагуляції не відбувся, тому забрудненість змінилася у незначній мірі.



1 - при кількості кислоти 0,25 мас.%; 2 - при кількості кислоти 0,5 мас.%

Рисунок 2.21 - Кінетика освітлення оливи М-14В₂ після обробки її сульфатною кислотою та відстоювання протягом доби

Наступним було випробування 98-% сульфатної кислоти як основного реагенту. Об'єм оливи складав 100 мл. При використанні цього методу проводились наступні дії: відпрацьовану оливу нагрівали до $45-50^{\circ}\text{C}$; додавали кислоту у кількості 3, 5, 6, 7, 8 % за масою у дві порції (1 % за масою плюс залишок за кілька хвилин); утворення кислого гудрону спостерігали після додавання 7 і 8 % за масою кислоти; змішували оливу з кислотою протягом 30 хвилин зі швидкістю 1500 обертів на хвилину на магнітній мішалці; відстоювали 3 години.

Таким чином, була виявлена оптимальна кількість сульфатної кислоти - 7-8 % за масою від кількості оливи, що очищається; висновок зроблений на основі того, що 7 % за масою - мінімальна необхідна кількість кислоти, при якій утворюється кислий гудрон. Вихід продукту склав 76,82 %, гудрону - 22,93 %, втрачено - 0,25 %. рН продукту склав 1.

Наступним кроком було видалення кислого гудрону та підлучення оливи. Для підлучення випробовувались наступні методи: 1) перколяція через шари керамзиту, кліноптилоліту та діалюмінію триоксиду (методика аналогічна методиці, описаній у пункті 2.4.1.2.): у результаті рН дорівнює 1,3; 2) контактне очищення при пропорціях оливи до адсорбенту 20:1, 10:1, 5:1, 4:1, 2:1.

Як адсорбенти використали: білу глину (дисперсність 0-0,2 мм); сокирницький кліноптилоліт (дисперсність 1-3 мм); керамзит (дисперсність 5,5-10 мм); силікагель (марка КСК); діалюміній триоксид у вигляді стрижнів діаметром 3 мм та довжиною 10-15 мм. У результаті після контакту кислої оливи із кліноптилолітом у пропорції 4:1 та 2:1 рН=4,5; всі інші адсорбенти не змінили рН оливи. Далі оливу, оброблену кліноптилолітом за вищезазначеною методикою, центрифугували протягом 10 хвилин.

Таким чином, схема включає в себе:

1. попереднє відстоювання оливи безпосередньо на підприємстві;
2. нагрівання відпрацьованої оливи до 45-50°C;
3. додавання 98-% сульфатної кислоти у кількості 7 % за масою;
4. перемішування протягом 30 хв. зі швидкістю 1500 обертів на хвилину;
5. відстоювання протягом 3 годин;
6. видалення кислого гудрону;
7. нагрівання кислої оливи до 70-75°C;
8. змішування кислої оливи з кліноптилолітом у пропорції 4: 1 протягом 30 хвилин зі швидкістю 1500 обертів на хвилину (контактне очищення);
9. центрифугування протягом 10 хвилин; 3000 обертів на хвилину.

У результаті вихід очищеного продукту склав 59,69 % .

Далі проводилася перевірка основних експлуатаційних показників: оптичного показника забрудненості (ГОСТ 24943-81), температури спалаху у відкритому тиглі (ГОСТ 4333-87), в'язкості при 100°C (ДСТУ ГОСТ 33-2003), вмісту води якісно та кількісно (ГОСТ 1547-84 і ГОСТ 2477-65), лужного числа (ДСТУ 5094:2008), рН (інструкція рН-метра зі скляними електродами).

Були отримані наступні результати: 1. забрудненість $\tau=38,69 \text{ см}^{-1}$ (ступінь очищення 97,04 %); 2. температура спалаху у відкритому тиглі: 230°C і 232°C у двох паралельних дослідках; середня 231°C ; 3. в'язкість при 100°C $13,116 \text{ мм}^2/\text{с}$ (постійна віскозиметра $0,08854 \text{ мм}^2/\text{с}^2$, середній час витікання склав $148,13 \text{ с}$); 4. $\text{pH}=4,5$; 5. вміст води: сліди ($0,03 \text{ см}^3$); 6. лужне число $0,82 \text{ мг КОН/г}$ (середнє арифметичне з двох паралельних дослідів) [93-99].

У результаті проведених експериментів та їх системного аналізу було виявлено, що використання сірчанокислотного методу неефективне. Це пояснюється:

1. низькими показниками виходу продукту (до 60 %) і, як наслідок, значними втратами;
2. незадовільними значеннями таких важливих експлуатаційних показників, як pH та лужне число дуже низькі ($\text{pH}=4,5$ і лужне число $0,82 \text{ мг КОН/г}$ після додаткового підлучення);
3. утворенням побічного продукту – кислого гудрону, який важко утилізується;
4. небезпекою з точки зору впливу на довкілля та охорони праці, пов'язаних з використанням сульфатної кислоти.

Попри відмову від цього методу на базі отриманих результатів серед інших методів рекомендовано використання природних адсорбентів у випадках невеликих значень pH та лужного числа оливо.

З метою підвищення еколого-економічних показників процесу відновлення моторних оливо нами запропоновано метод очищення відпрацьованих оливо з використанням різних типів поверхнево-активних речовин (ПАР). Зокрема були випробувані наступні ПАР:

- аспарал Ф (аніонна ПАР),
- оксіетильований моноалкілфенол (неонол АФ 9-12) - (нейоногенна ПАР),
- кокамідопропілбетаїн (амфотерна ПАР),
- етоксілований лаурилсульфат натрію (Emal 270 d) - (аніонна ПАР),

- кокамідопропіламіноксид САО (Євроксид СРО) – (нейоногенна ПАР),
- стеарокс (нейоногенна ПАР),
- синтанол АЛМ-10 (нейоногенна ПАР),
- сульфонол (паста марки «технічний») - (аніонна ПАР).

Хід випробування проходив наступним чином: оливу нагрівали до 50-55°C; змішували її протягом 30 хвилин зі швидкістю 1500 обертів на хвилину з кожним ПАР по черзі при концентраціях ПАР 1, 2, 3 мас.%; відстоювали оливу з ПАР протягом 1 доби. Загалом процес відстоювання осаду виявився достатньо довгим і тривав кілька тижнів (рис. 2.30), тобто 1 доби виявилось недостатньо. Тому всі проби для отримання результатів, що можна було б порівнювати, відстоювались протягом 168 годин, тобто 7 діб. Далі проби центрифугували протягом 1 години у лабораторній центрифугі при 3000 обертах на хвилину.

Наступним етапом була перевірка забрудненості оливи (ГОСТ 24943-81). Результати наведені на рис. 2.22-2.29 (криві під номером 1), з яких можна зробити висновок про те, що позитивний результат дали неол АФ 9-12 (156 см^{-1}), Євроксид СРО (418 см^{-1}), кокамідопропілбетаїн (456 см^{-1}). Показники всіх інших ПАР були вище 1100 см^{-1} , тому такі наближені до бракувальних результати не вважались нами позитивними.

Для пришвидшення процесу седиментації був застосований такий кислий агент, як алкілбензосульфокислота (АБСК).

Відпрацьовані моторні оливи для дизелів характеризуються вмістом великої кількості зважених речовин (продуктів старіння оливи, абразивного зносу двигуна), що знаходяться у дрібнодисперсному (близько 1 мкм) стабільному стані і по суті являють собою оливну суспензію сажі. Такий стан підтримується миючими та диспергуючими присадками (у вітчизняних оливах найчастіше сульфонатами кальцію та барію), які покривають мікрочастинки і не дають можливості утворюватись крупним агрегатним часткам та ефективно осідати.

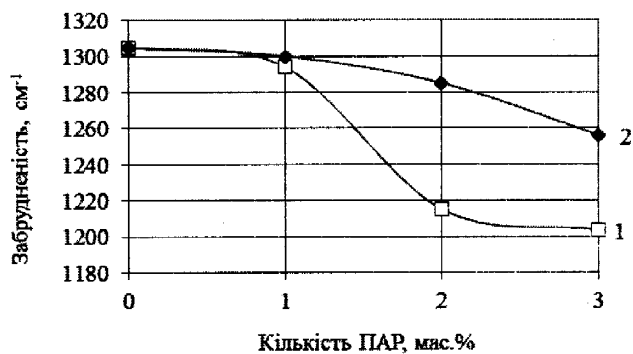


Рисунок 2.22 - Залежність степені освітлення оливи М-14В₂ після обробки її Аспаралом Ф

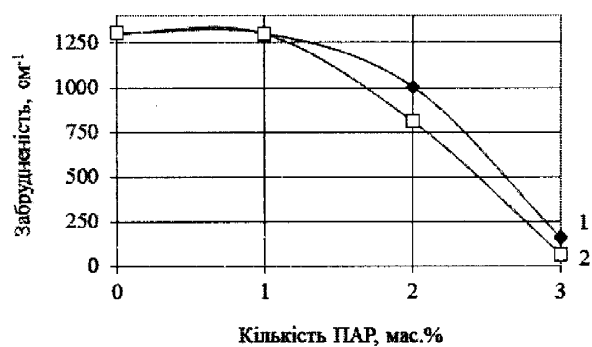


Рисунок 2.23 - Залежність степені освітлення оливи М-14В₂ після обробки її Неололом АФ 9-12

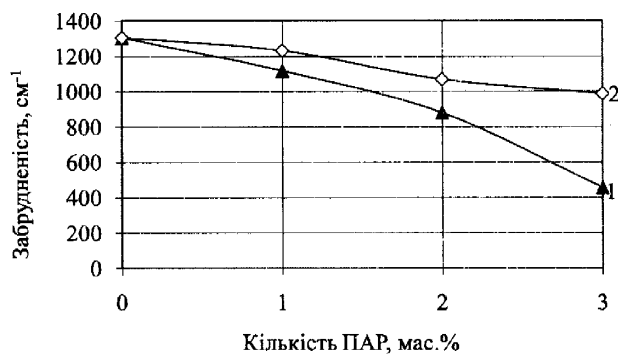


Рисунок 2.24 - Залежність степені освітлення оливи М-14В₂ після обробки її Кокамідопропілбетеїном

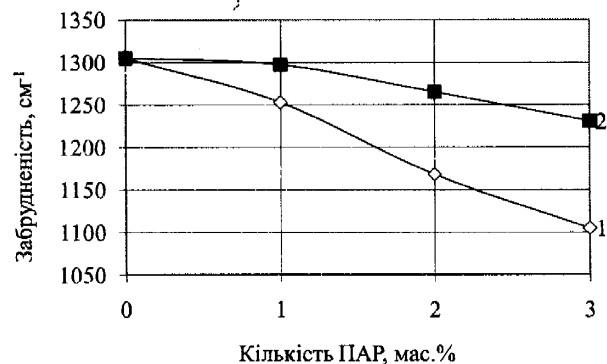


Рисунок 2.25 - Залежність степені освітлення оливи М-14В₂ після обробки її Emal 270d

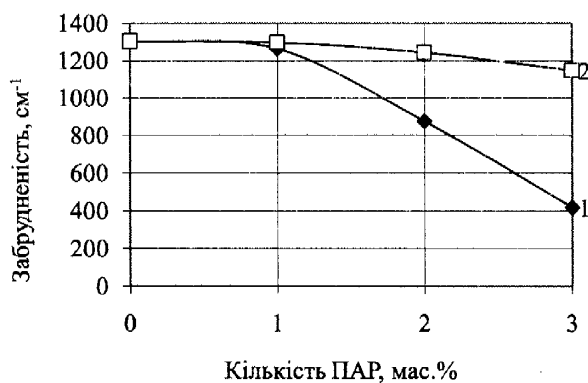


Рисунок 2.26 - Залежність степені освітлення оливи М-14В₂ після обробки її Євроксидом СРО

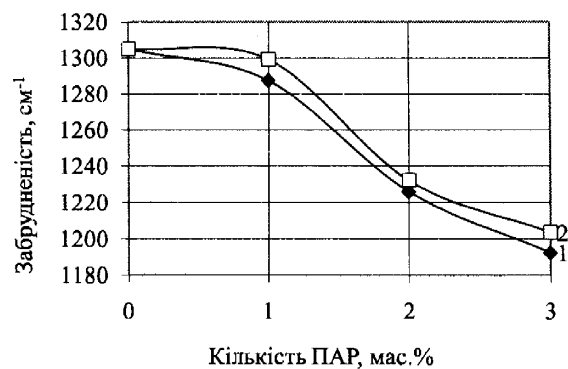


Рисунок 2.27 - Залежність степені освітлення оливи М-14В₂ після обробки її Стеароксом

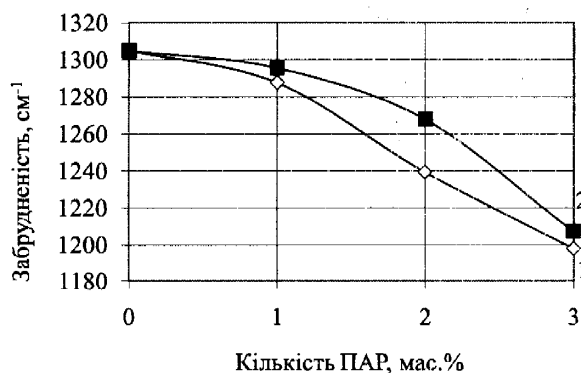


Рисунок 2.28 - Залежність степені освітлення оливи М-14В₂ після обробки її Синтанолом АЛМ-10

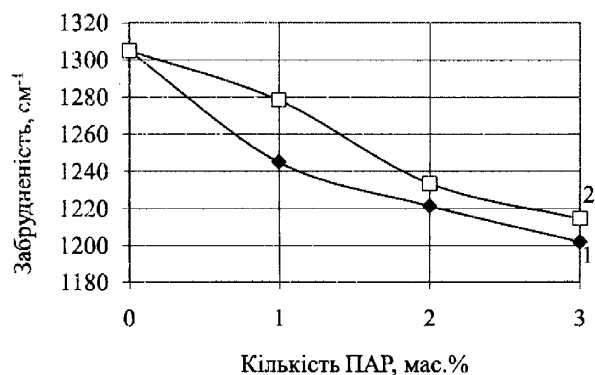


Рисунок 2.29 - Залежність степені освітлення оливи М-14В₂ після обробки її Сульфонолом

Підтвердженням наявності у відпрацьованих оливах таких присадок є збереження показників рН та лужного числа у межах нормативних вимог. Для порушення стабілізуючої дії присадок до оливи і додається алкілбензосульфокислота, яка завдяки високій поверхневій активності сприяє руйнуванню існуючих агрегатів, створених молекулами оливних вуглеводнів, мікрочасток забруднень та присадок. Дестабілізація проходить завдяки переходу оливорозчинних сульфонатів у водооливорозчинні алкілбензосульфони кальцію; також іде процес дегідратації агрегатів у кислому середовищі, створеному АБСК, та початок процесу коагуляції сажистих часток.

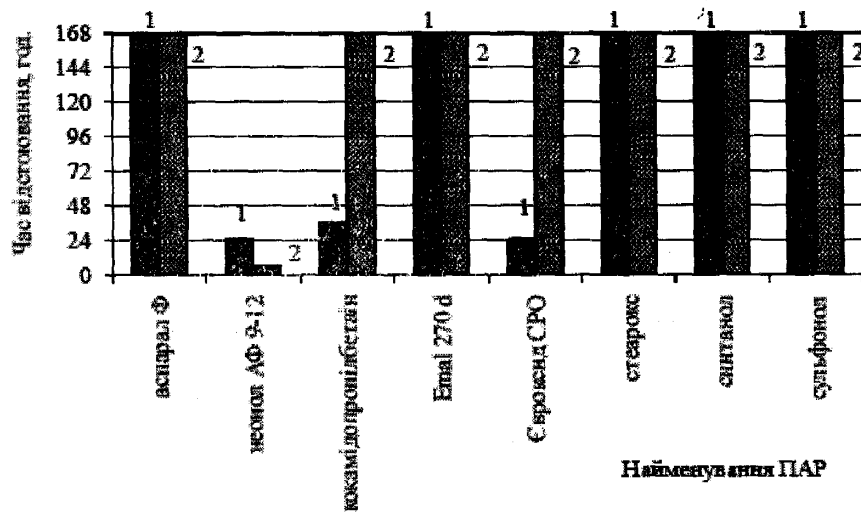
При введенні в таку систему неонулу, що має значні емульгуючі властивості, розпочинається адсорбція ПАР на сажистих частинках, які вже частково коагулювали, зі створенням великодисперсних агрегатів. Тобто проходить процес флокуляції. У осаді містяться всі сажисті домішки, частина розкладених присадок та асфальтосмолисті сполуки.

Таким чином, АБСК виступала як коагулянт, а ПАР - флокулянти.

На рисунках 2.22-2.29 ці криві позначені номером два. Поєднання АБСК (у кількості 1 % за масою) з ПАР (у кількості 3 % за масою) дало результат тільки у випадку поєднання її з неонолом АФ 9-12; у всіх інших випадках відбулося підвищення показника забрудненості (рис. 2.22-2.29). Зокрема у випадку Євро-

кисиду СРО та кокамідопропілбетаїну відбулося значне погіршення результатів через помітне збільшення забрудненості відповідно до 1147 см^{-1} і 987 см^{-1} . Це явище пов'язано з утворенням побічних сполук, які знаходяться у завислому стані і не випадаючи в осад, спровокували збільшення значень оптичного показника забрудненості.

Кількість АБСК та температуру, необхідну для проведення випробування, було взято у відповідності до [38]. Така кількість ПАР була обумовлена тим, що при використанні цієї кількості поверхнево-активних речовин ступінь освітлення був найвищим. Зокрема це не подіяло на швидкість випадіння осаду (рис. 2.30).



1 - після використання ПАР; 2 - після використання ПАР та АБСК

Рисунок 2.30 - Порівняння часу відстоювання оливи М-14В₂ після використання ПАР та ПАР з АБСК

Оптимальну кількість оксіетильованого моноалкілфенолу була підібрана. Випробування проводилось наступним чином: у мішалку, у якій вже була присутня суміш попередньо нагрітої до 60°C відпрацьованої оливи і АБСК, через 1 хвилину додавали неонол АФ 9-12 у кількості 1,0; 2,0; 2,5; 2,6; 2,7; 2,8; 2,9; 3,0 % за масою; перемішували протягом 30 хвилин зі швидкістю 1500 об./хв.; центрифугували оливи протягом 1 години за 3000 об./хв.

Про ефективність обробки робили висновок після перевірки забрудненості (ГОСТ 24943-81). Результати наведені у таблиці 2.5 та на рис. 2.31.

Таблиця 2.5 – Ступінь освітлення оливи М-14В₂ після обробки її Неонолом АФ-12 у поєднанні з АБСК

№ досліду	Кількість неонолу АФ 9-12, мас. %	Забрудненість, $\tau \text{ см}^{-1}$	Ступінь очищення, %
1	1,0	1301	0,31
2	2,0	811,78	37,79
3	2,5	100,5	92,29
4	2,6	71,15	94,55
5	2,7	64,18	95,08
6	2,8	64,20	95,08
7	2,9	64,19	95,08
8	3,0	64,21	95,08

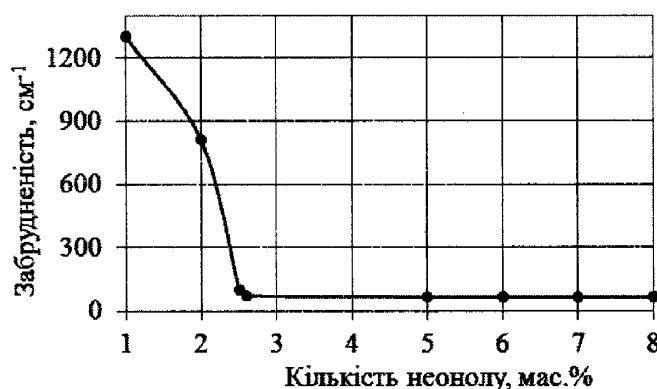


Рисунок 2.31 - Залежність ступеня освітлення оливи М-14В₂ від кількості Неонолу АФ 9-12 (у поєднанні з АБСК)

З таблиці та рисунку видно, що досліджувані показники досягли оптимальних незмінних значень після обробки відпрацьованої моторної оливи реагентами та центрифугування; при цьому 2,7 % мас. - мінімальна доза неонолу АФ 9-12, при введенні якої процес седиментації проходив швидко та ефективно. Максимальний вихід очищеної оливи склав 90,01 %.

Далі проводилася перевірка основних експлуатаційних показників: оптичного показника забрудненості (ГОСТ 24943-81), температури спалаху у відкритому тиглі (ГОСТ 4333-87), в'язкості при 100°C (ДСТУ ГОСТ 33-2003), вмісту води якісно та кількісно (ГОСТ 1547-84 і ГОСТ 2477-65), лужного числа (ДСТУ 5094:2008), рН (інструкція рН-метра зі скляними електродами).

Були отримані наступні результати: 1. забрудненість $\tau=64,18 \text{ см}^{-1}$ (ступінь очищення 95,08 %); 2. температура спалаху у відкритому тиглі: середня 223°C , 222°C і 224°C у двох паралельних дослідках; 3. в'язкість при 100°C $13,98 \text{ мм}^2/\text{с}$ (постійна віскозиметра $0,08759 \text{ мм}^2/\text{с}^2$, середній час витікання склав $159,61 \text{ с}$); 4. рН=5,1; 5. лужне число $1,252 \text{ мг КОН/г}$ (середнє арифметичне з двох паралельних дослідів); 6. вміст води: сліди ($0,02 \text{ см}^3$) [93, 99-103].

2.5.2 Випробування методів відновлення для оливи М-14Г₂ЦС

Моторна олива М-14Г₂ЦС перед дослідженнями мала такі показники після відбракування (з даних хіміко-технічної лабораторії депо): 1. забрудненість $\tau=1203 \text{ см}^{-1}$; 2. температура спалаху у відкритому тиглі: 120°C ; 3. в'язкість при 100°C $8,21 \text{ мм}^2/\text{с}$; 4. рН=5,4; 5. лужне число $2,01 \text{ мг КОН/г}$; 6. вміст води: сліди.

Для проведення освітлення відпрацьованої оливи цього типу був застосований спосіб обробки їх поверхнево-активними речовинами (ПАР), який дав найкращий результат з вищезазначених методів очищення відпрацьованої оливи типу М-14В₂. Зокрема були випробувані такі самі ПАР, як і у випадку оливи М-14В₂, а саме: аспарал Ф, оксіетильований моноалкілфенол (неонол АФ 9-12), кокамідопропілбетаїн, етоксільований лаурилсульфат натрію (Emal 270 d), кокамідопропіламіноксид САО (Євроксид СРО), стеарокс, синтанол АЛМ-10, сульфанола (паста марки «технічний»).

Хід випробування проходив наступним чином: оливу нагрівали до $50-55^{\circ}\text{C}$; змішували її протягом 30 хв. зі швидкістю 1500 обертів на хвилину з кожним ПАР по черзі при кількості кожної ПАР 1, 2, 3 мас.%; відстоювали оливу з ПАР протягом 7 діб; центрифугували 1 годину у лабораторній центрифугі при 3000 обертах на хвилину. Наступним етапом була перевірка забрудненості оливи (ГОСТ 24943-81). Результати наведені на рис. 2.32-2.39 (криві під номером 1).

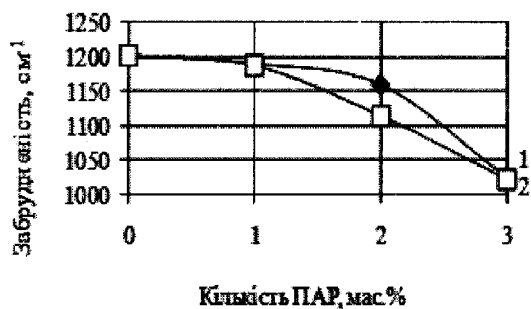


Рисунок 2.32 - Залежність степені освітлення оливи М-14Г₂ЦС після обробки її Аспаралом Φ

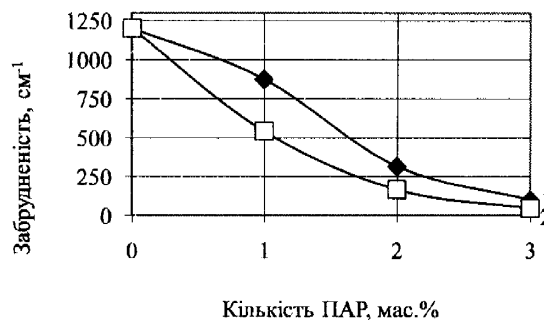


Рисунок 2.33 - Залежність степені освітлення оливи М-14Г₂ЦС після обробки її Неололом АФ 9-12

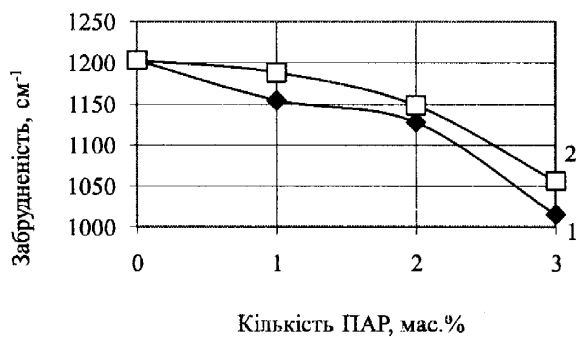


Рисунок 2.34 - Залежність степені освітлення оливи М-14Г₂ЦС після обробки її Кокамідопропілбетеїном

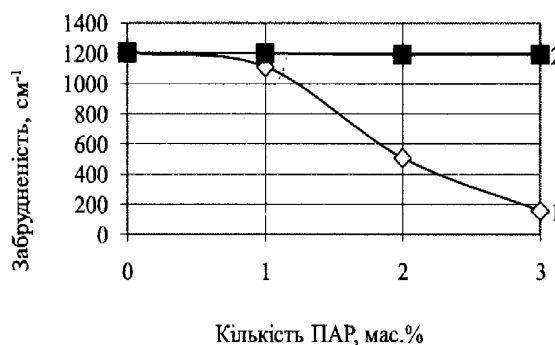


Рисунок 2.35 - Залежність степені освітлення оливи М-14Г₂ЦС після обробки її Emal 270d

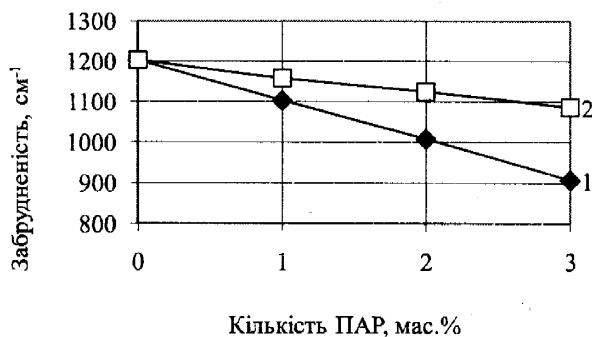


Рисунок 2.36 - Залежність степені освітлення оливи М-14Г₂ЦС після обробки її Євроксидом СРО

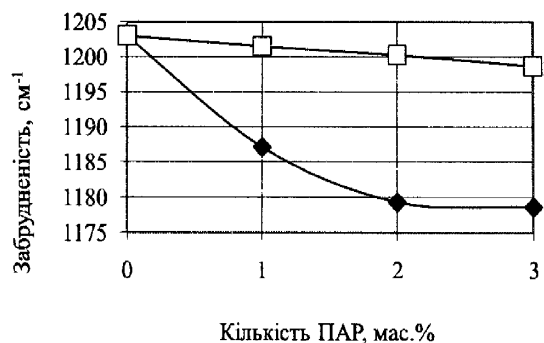


Рисунок 2.37 - Залежність степені освітлення оливи М-14Г₂ЦС після обробки її Стеароксом

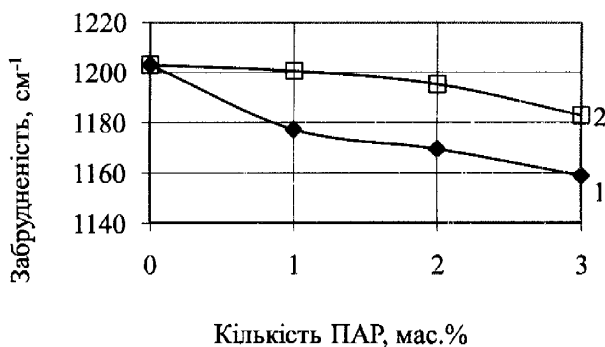


Рисунок 2.38 - Залежність степені освітлення оливи М-14Г₂ЦС після обробки її Синтанолом АЛМ-10

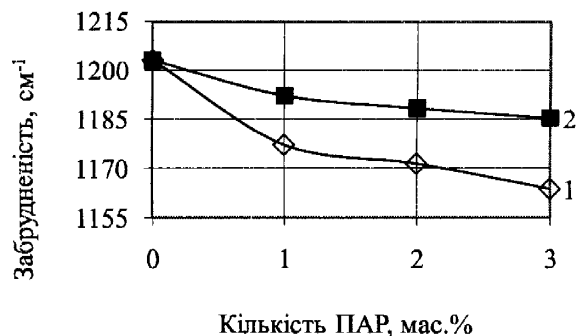
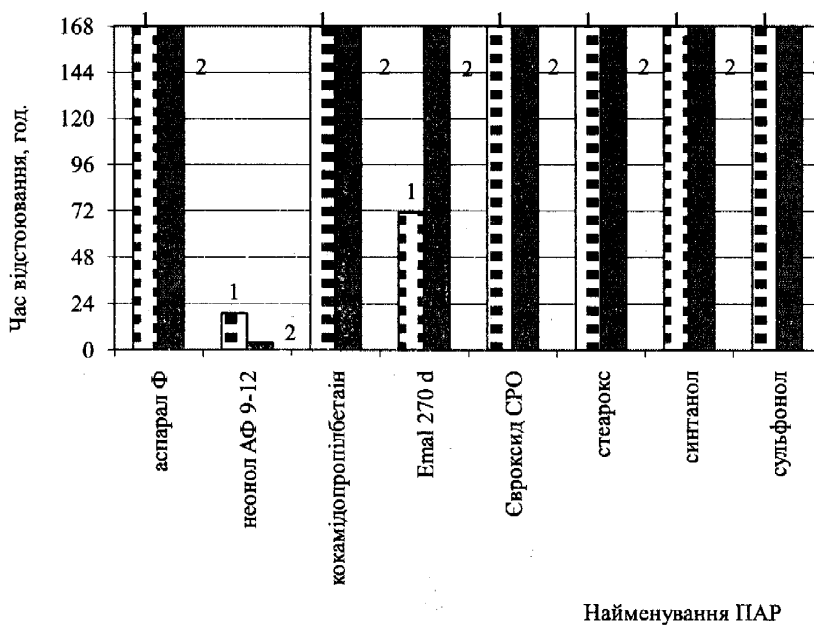


Рисунок 2.39 - Залежність степені освітлення оливи М-14Г₂ЦС після обробки її Сульфолоном

З рисунків можна зробити висновок про те, що позитивний результат дали неонол АФ 9-12 (100 см⁻¹) та Emal 270 d (155 см⁻¹); поєднання оливи з іншими ПАР дали результати близько 1000 і вище см⁻¹, і не вважалися позитивними. На рис. 2.40 наведена динаміка швидкості освітлення проб олив.



1 - після використання ПАР; 2 - після використання ПАР та АБСК

Рисунок 2.40 - Порівняння часу відстоювання оливи М-14Г₂ЦС після використання ПАР та ПАР з АБСК

Для пришвидшення процесу випадіння осаду був застосований такий кислий агент, як алкілбензосульфокислота (АБСК). Поєднання АБСК (у кількості 1 % за масою) з ПАР (у кількості 3 % за масою) дало результат при поєднанні її з неоломом; у всіх інших випадках потрібних змін не відбулось (рис. 2.32-2.39), було відмічено збільшення забрудненості (як і у випадку з оливою М-14В₂ – рис. 2.22-2.29). У випадку Emal 270 d забрудненість значно збільшилась.

Кількість АБСК та температуру, необхідну для проведення випробування, було взято у відповідності до [38]. Кількість ПАР була обумовлена тим, що при використанні цієї кількості поверхнево-активних речовин ступінь освітлення був найвищим. Швидкість випадіння осаду також змінилась у менший бік лише у випадку поєднання АБСК та неололу (рис. 2.40).

Кількість оксіетильованого моноалкілфенолу була підібрана. Випробування проводилось наступним чином: у мішалку, у якій вже була присутня суміш попередньо нагрітої до 60°C відпрацьованої оливи і АБСК, через 1 хвилину додавали неолол АФ 9-12 у кількості 1,0; 1,3; 1,5; 1,7; 2,0; 2,2; 2,5; 2,7 % за масою; перемішували протягом 30 хвилин зі швидкістю 1500 об./хв.; наступним кроком було центрифугування оливи протягом 1 години за 3000 об./хв. Про ефективність обробки робили висновок після перевірки оптичного показника забрудненості (ГОСТ 24943-81). Результати наведені у таблиці 2.6 та на рис. 2.41.

Таблиця 2.6 – Степінь освітлення оливи М-14Г₂ЦС після обробки її Неололом АФ-12 у поєднанні з АБСК

№ дослідю	Кількість неололу АФ 9-12, мас. %	Забрудненість, т см ⁻¹	Степінь очищення, %
1	1,0	415,2	65,49
2	1,3	257,62	78,59
3	1,5	152,6	87,32
4	1,7	101,45	91,57
5	2,0	45,12	96,25
6	2,2	45,12	96,25
7	2,5	45,11	96,25
8	2,7	45,12	96,25

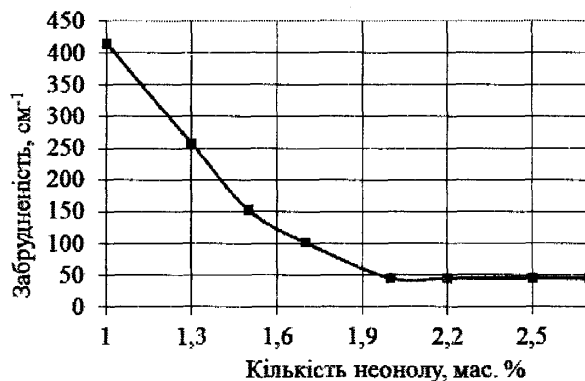


Рисунок 2.41 - Залежність ступені освітлення оливи М-14Г₂ЦС від кількості неонулу АФ 9-12 (у поєднанні з АБСК)

З отриманих показників чітко видно, що досліджувані параметри досягли оптимальних незмінних значень після обробки відпрацьованої моторної оливи неонолом у кількості 2,0 % мас. Максимальний вихід очищеної оливи склав 94,12 %.

Далі проводилася перевірка основних експлуатаційних показників: оптичного показника забрудненості (ГОСТ 24943-81), температури спалаху у відкритому тиглі (ГОСТ 4333-87), в'язкості при 100°C (ДСТУ ГОСТ 33-2003), вмісту води якісно та кількісно (ГОСТ 1547-84 і ГОСТ 2477-65), лужного числа (ДСТУ 5094:2008), рН (інструкція рН-метра зі скляними електродами).

Були отримані наступні результати: 1. забрудненість $\tau=45,14 \text{ см}^{-1}$ (ступінь очищення 96,25 %); 2. температура спалаху у відкритому тиглі: середня 137°C, 136°C і 138°C у двох паралельних дослідів; 3. в'язкість при 100°C 7,25 мм²/с, (постійна віскозиметра 0,09327 мм²/с², середній час витікання склав 77,73 с); 4. рН=5,3; 5. лужне число 0,2161 мг КОН/г, (середнє арифметичне з двох паралельних дослідів); 6. вміст води: сліди (0,02 см³) [102-104].

З метою співставлення і порівняння результатів швидкості процесів отримані кінетичні залежності освітлення моторних олив марок М-14В₂ та М-14Г₂ЦС; у якості прикладу на рис. 2.42-2.45 наведена кінетика освітлення цих олив у випадку застосування неонулу АФ 9-12 та кокамідопропілбетайну у комбінації з АБСК.

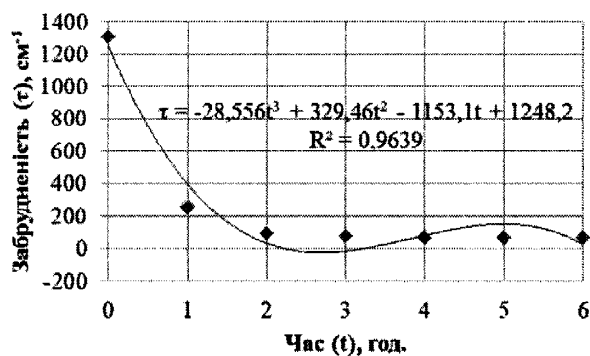


Рисунок 2.42 - Кінетика освітлення оливи М-14В₂ після використання неону АФ 9-12 з АБСК

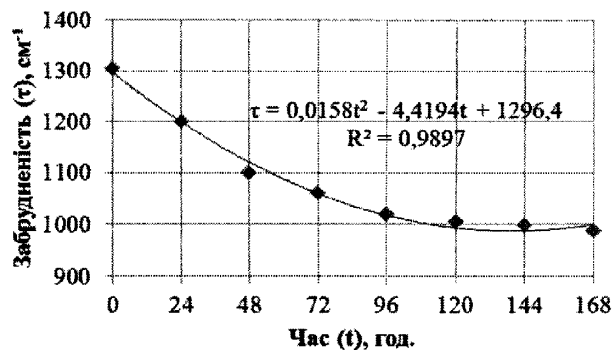


Рисунок 2.43 - Кінетика освітлення оливи М-14В₂ після використання кокамідопропілбетайну з АБСК

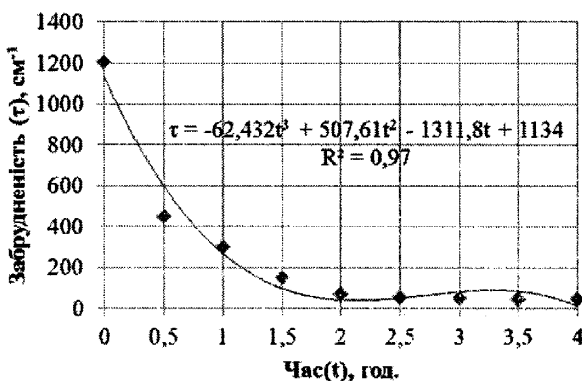


Рисунок 2.44 - Кінетика освітлення оливи М-14Г₂ЦС після використання неону АФ 9-12 з АБСК

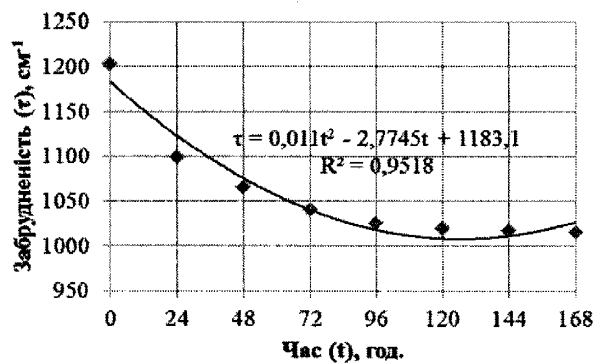


Рисунок 2.45 - Кінетика освітлення оливи М-14Г₂ЦС після використання кокамідопропілбетайну з АБСК

Рис. 2.42-2.45 демонструють, що процес освітлення олив М-14В₂ та М-14Г₂ЦС набуває швидкості та ефективності після додавання неону.

2.6 Оптимізація запропонованої методики відновлення відпрацьованих олив

При відновленні первісних властивостей відпрацьованих моторних олив необхідно не тільки привести основні їх експлуатаційні параметри до норм відбракування, але перевищити їх та досягнути норм ТУ [67, 68]. Зокрема широковідомим методом є підбір окремих присадок або пакетів присадок різного при-

значення. У наступному підрозділі наведені методи, що були застосовані для вдосконалення та завершення схеми відновлення відпрацьованих олив.

2.6.1 Оптимізація методики відновлення оливи М-14В₂

Для додатково підлучення оливи М-14В₂, що очищувалась за вище зазначеною методикою підрозділу 2.4. (із використанням 98-% сульфатної кислоти як основного реагенту), додавали різні присадки: американський кондиціонер фірми «Техні Люб Компані» (доза - 32 мл на 1 л оливи), середньолужну алкілфенольну присадку ВНИИ НП-714, сульфонатну присадку С-150 марки В (доза - 5 % за масою від кількості оливи). Далі перевіряли значення експлуатаційних показників (таблиця 2.7).

Таблиця 2.7 - Експлуатаційні показники відновленої із використанням сульфатної кислоти оливи М-14В₂ до і після застосування різних типів присадок

Показник	До застосування присадки	Присадка		
		«Техні Люб Компані»	ВНИИ НП-714	С-150
забрудненість τ , см^{-1}	38,690	38,690	38,690	38,690
температура спалаху у відкритому тиглі, $^{\circ}\text{C}$	231,000	231,000	231,000	231,000
в'язкість при 100°C , $\text{мм}^2/\text{с}$	13,116	13,520	13,206	13,155
pH	4,500	5,500	4,630	5,100
лужне число, мг КОН/г,	0,820	1,214	0,965	1,024
вміст води, см^3	0,030 (сліди)	0,030 (сліди)	0,030 (сліди)	0,030 (сліди)

З таблиці видно, що значення показників у більшості випадків не змінились; так, трохи збільшилась в'язкість, більш суттєвих змін зазнали значення pH і лужного числа. Найкращий результат дав американський кондиціонер фірми «Техні Люб Компані». Проте з отриманих результатів можна зробити висновок про те, що ця технологія дозволяє відновити практично всі експлуатаційні показники до потрібних значень окрім лужного числа та pH. Тобто вико-

ристання такої технології потребує більш ефективного підлучення очищеної сульфокислотою оливи.

Для додатково підлучення оливи М-14В₂, що очищувалась за вище зазначеною методикою підрозділу 2.4. (з використанням ПАР та АБСК), за аналогією додавали декілька присадок («Техні Люб», ВНИИ НП-714, С-150 марки В).

Таким чином випробували наступну схему: 1) нагрівали відпрацьовану оливу до 60°C; 2) додавали АБСК у кількості 1 % за масою, за хвилину неонол - 2,7 % за масою; 3) перемішували протягом 30 хвилин зі швидкістю 1500 обертів на хвилину; 4) центрифугували протягом 1 години; 3000 обертів на хвилину; 5) додавали присадку у кількості, рекомендованій виробником.

Далі перевіряли значення експлуатаційних показників (таблиця 2.8).

Таблиця 2.8 - Експлуатаційні показники відновленої з використанням ПАР та АБСК оливи М-14В₂ до і після застосування різних типів присадок

Показник	До застосування присадки	Присадка		
		«Техні Люб Компані»	ВНИИ НП-714	С-150
забрудненість τ , см^{-1}	64,180	64,180	64,180	64,180
температура спалаху у відкритому тиглі, °С	223,000	223,000	223,000	223,000
в'язкість при 100°C, $\text{мм}^2/\text{с}$	13,980	14,000	13,990	13,980
рН	5,100	7,100	6,400	6,500
лужне число, мг КОН/г	1,252	1,884	1,312	1,451
вміст води, см^3	0,020 (сліди)	0,020 (сліди)	0,020 (сліди)	0,020 (сліди)

З таблиці можна зробити висновок, що знову ж таки найкращі показники отримані після застосування присадки «Техні Люб».

Для узагальнення отриманих результатів була складена загальна таблиця 2.9, де відображені основні параметри відпрацьованої та очищеної за двома схемами оливи М-14В₂ з бракувальними показниками і нормами ТУ та ГОСТу. З таблиці можна зробити висновок про те, що метод з використанням неонулу з АБСК та присадкою «Техні Люб» є найбільш ефективним, про що свідчать

отримані результати досліджень експлуатаційних показників, зокрема рН та лужного числа.

Таблиця 2.9 - Порівняння основних експлуатаційних показників відновленої з використанням різних методів оливи М-14В₂

Фізико-хімічні властивості	Забрудненість, т см ⁻¹	рН	Температура спалаху у відкритому тиглі, °С	В'язкість при 100°С, мм ² /с	Лужне число, мг КОН/г	Вміст води, %
Норма ГОСТ 12337-84, ТУ У 23.2-31852954-006-2003	-	-	210,00	13,50...14,50	4,80	сліди
Бракувальний показник	1300,00	≤5,50	Нижче 170,00	<11,50; >16,50	≤0,60	≥0,06
Досліджувана олива після бракування	1305,00	6,90	180,00	12,48	3,16	сліди
Значення параметра для оливи після очищення з використанням концентрованої сульфатної кислоти як основного реагенту	38,69	4,50	231,00	13,12	0,82	сліди (0,03 см ³)
Значення параметра для оливи після очищення з використанням концентрованої сульфатної кислоти як основного реагенту з додаванням присадки	38,69	5,50	231,00	13,52	1,21	сліди (0,03 см ³)
Значення параметра для оливи після очищення з використанням неолону та АБСК	64,18	5,10	223,00	13,98	1,25	сліди (0,02 см ³)
Значення параметра для оливи після очищення з використанням неолону та АБСК із додаванням присадки	64,18	7,10	223,00	14,00	1,88	сліди (0,02 см ³)

У таблиці 2.10 наведені показники оливи М-14В₂, які були отримані після її обробки за схемами і на апаратах різних виробників, у тому числі і по запропонованій у дисертаційній роботі схем.

Таблиця 2.10 - Порівняння основних експлуатаційні показників відновленої оливи М-14В₂ після використання схеми з неололом та АБСК та методів, запропонованих різними виробниками

Фізико-хімічні властивості	В'язкість кінематична при 100°С, мм ² /с	Загальне лужне число, мг КОН на 1 г оливи	Температура спалаху, яка визначається у відкритому тиглі, °С, нижче	Вміст води якісно	Вихід очищеного продукту, %
Модуль регенерації очисної установки УВР-0,1 («Завод УКРБУДМАШ», Україна)	11,78	0,30	215,00	Відсутня	95-97
Устаткування для очищення відпрацьованих олив серії УОМ (Росія)	13,00	2,70	185,00	Відсутня	-
Запропонована схема з обробкою оливи ПАВ/АБСК	14,00	1,88	223,00	Сліди	90

З таблиці 2.10 можна зробити висновок, що запропонована у дисертаційній роботі схема за основними параметрами є не гіршою від існуючих на ринку сучасних пропозицій, а по деяких параметрах (в'язкість, температура спалаху у відкритому тиглі) навіть кращою. Тому така схема, на наш погляд, може бути запропонована для впровадження у виробництво.

На теперішній момент відпрацьовані оливи передаються на інші підприємства на регенерацію (за вимогами [2]), проте, на нашу думку, у цьому питанні слід використовувати міжнародний досвід, що передбачає регенерацію олив безпосередньо на підприємстві, де вони утворилися, з подальшим повторним використанням. Такі вимоги, зокрема, наведені в «Инструкции по применению смазочных материалов на локомотивах и моторвагонном подвижном составе» Російської Федерації [105].

Також можливим є використання відновлених олив у суміші зі свіжими. Проте при впровадженні запропонованої схеми можливим стає антагонізм, який може виникнути між пакетом присадок, що вже присутні в свіжій моторній оливі, та оливним кондиціонером «Техні Люб». Тому раціональним буде запропонувати закупівлю залізничними підприємствами свіжих олив без приса-

док та цього оливного кондиціонера, який буде додаватись до олив безпосередньо на підприємстві. Існують результати випробувань використання оливного кондиціонера «Техні Люб», що проводились в умовах локомотивного депо Придніпровської залізниці (на базі хіміко-технічних лабораторій цих депо), для моторних олив марок М-14В₂ та М-14Г₂ЦС на тепловозних дизелях різних марок. Досліджувались як фізико-хімічні, так і триботехнічні характеристики моторних олив після додавання до них присадки «Техні Люб».

Результати випробувань (додаток Б) показали, що додавання цієї присадки до олив обох марок майже не впливає на їх основні фізико-хімічні властивості, при цьому підвищує протизношувальні та антифрикційні властивості, що було виявлено в умовах хіміко-технічної лабораторії депо із застосуванням відповідної апаратури. Крім того, при випробуваннях олив на дослідних тепловозах було відмічено зниження витрат дизельної оливи та подовження міжремонтного пробігу тепловозів.

Нами також були проведені додаткові випробування свіжих та відновлених за запропонованою схемою олив та встановлені показники їх диспергуючої здатності за методикою, наведеною в [2]. В результаті диспергуюча здатність свіжої оливи склала 0,77; диспергуюча здатність відновленої оливи – 0,80 (при бракувальному показнику менше 0,35). Збільшення цього параметра у відновленій оливі, на нашу думку, пов'язане саме з використанням присадки Техні-Люб. Тому, застосування кондиціонера «Техні Люб» є економічно та екологічно доцільним, як для свіжих, так і для відновлених олив.

2.6.2 Оптимізація методики відновлення оливи М-14Г₂ЦС

Для додатково підлуження оливи М-14Г₂ЦС, що очищувалась за вищезначеною методикою підрозділу 2.4. (з використанням ПАР та АБСК), додавали присадки «Техні Люб», ВНИИНП-714, С-150 марки В.

Таким чином випробували наступну схему: 1) нагрівали відпрацьовану оливу до 60°C; 2) додавали АБСК у кількості 1 % за масою, за хвилину неол

- 2,0 % за масою; 3) перемішували протягом 30 хвилин зі швидкістю 1500 обертів на хвилину; 4) центрифугували протягом 1 години; 3000 обертів на хвилину; 5) додавали присадку у кількості, рекомендованій виробником .

Далі перевіряли значення експлуатаційних параметрів (таблиця 2.11).

Таблиця 2.11 - Експлуатаційні показники відновленої з використанням ПАР та АБСК оливи М-14Г₂ЦС до і після застосування різних типів присадок

Параметр	До застосування присадки	Присадка		
		«Техні Люб Компані»	ВНИИ НП-714	С-150
забрудненість τ , см^{-1}	45,140	45,140	45,140	45,140
температура спалаху у відкритому тиглі, $^{\circ}\text{C}$	137,000	137,000	137,000	137,000
в'язкість при 100°C , $\text{мм}^2/\text{с}$	7,250	7,300	7,296	7,252
pH	5,300	6,900	5,547	6,312
лужне число, мг КОН/г,	0,216	0,549	0,299	0,365
вміст води, см^3	0,020 (сліди)	0,020 (сліди)	0,020 (сліди)	0,020 (сліди)

Для узагальнення отриманих результатів була складена таблиця 2.12, де відображені основні показники відпрацьованої та відновленої за запропонованою схемою оливи М-14Г₂ЦС, наведені бракувальні показники і норми ТУ та ГОСТу.

Таблиця 2.12 – Порівняння основних експлуатаційні показників відновленої з використанням різних методів оливи М-14Г₂ЦС

Фізико-хімічні властивості	Забрудненість, $\tau \text{ см}^{-1}$	pH	Температура спалаху у відкритому тиглі, $^{\circ}\text{C}$	В'язкість при 100°C , $\text{мм}^2/\text{с}$	Лужне число, мг КОН/г	Вміст води, %
1	2	3	4	5	6	7
Норма ГОСТ 12337-84, ТУ У 23.2-31852954-006-2003	-	-	210,00	13,50...14,50	4,80	сліди
Бракувальний показник	1300,00	$\leq 5,00$	Нижче 170,00	$< 11,50$; $> 16,50$	$\leq 0,60$	$\geq 0,06$
Досліджувана олива після бракування	1203,00	5,40	120,00	8,21	2,01	сліди

Продовження таблиці 2.12

1	2	3	4	5	6	7
Значення параметра для оливи після очищення з використанням неололу та АБСК	45,14	5,30	137,00	7,25	0,22	сліди (0,02 см ³)
Значення параметра для оливи після очищення з використанням неололу та АБСК із додаванням присадки	45,14	6,90	137,00	7,30	0,55	сліди (0,02 см ³)

З таблиці можна зробити висновок про те, основні експлуатаційні параметри оливи мають досить низькі значення, тому така олива не придатна для повторного використання. Доцільним, на наш погляд, буде рекомендувати використовувати таку оливу в якості промивної рідини на підприємствах залізниці для промивання картера дизеля та оливної системи тепловозу.

За існуючою технологією очищення дизеля і оливної системи тепловоза від відкладень повинне здійснюватися дизельним паливом та моторною оливою з подальшим ручним протиранням картера. Дизельне паливо і моторна олива потім використовуються як котельне пальне.

Основні фізико-хімічні показники палива, що використовується в депо, наведені в таблиці 2.13 [106]. Також є промивна рідина МПТ-2М для систематичного промивання дизелів і оливних систем тепловозів в експлуатації, тобто без розбирання, на працюючому дизелі. Для промивних рідин МПТ-2М основними характеристиками (за вимогами [107]) є в'язкість, температура спалаху у відкритому тиглі, вміст механічних домішок та води (таблиця 2.14).

Відбракування промивних рідин проводять як тільки забрудненість або кінематична в'язкість досягнуть певних показників: для забрудненості це 1200 см⁻¹, для в'язкості - 50 мм²/с при 50°C [2]. Саме тому нами додатково була перевірена в'язкість відновленої оливи при 50°C; за результатами аналізів, проведених відповідно до ДСТУ ГОСТ 33-2003, вона склала 25,10 мм²/с.

Таблиця 2.13 - Фізико-хімічні показники якості палива дизельного підвищеної якості

Найменування показника	Норма для марки	
	Л	З
Цетанове число, не менше	45	45
Фракційний склад:		
50 % переганяється при температурі °С, не вище	280	280
95 % переганяється при температурі °С, не вище	360	340
Кінематична в'язкість при 20 °С, мм ² /с	3,0-6,0	1,8-5,0
Температура застигання °С, не вище	-10	-35
Температура помутніння °С, не вище	-5	-25
Температура спалаху, визначувана в закритому тиглі °С, не нижче	62	40
Масова частка сірки %, не більш	0,20	
Масова частка меркаптанової сірки %, не більш	0,01	0,01
Вміст сірководню	Відсутність	
Випробування на мідній пластинці	Витримує	
Вміст водорозчинних кислот і лугів	Відсутність	
Концентрація фактичних смол, міліграм на 100 см ³ палива, не більш	40	30
Кислотність, міліграм КОН на 100 см ³ палива, не більш	5	5
Йодне число, г йоду на 100 г палива, не більш	6	6
Зольність %, не більш	0,1	0,1
Коксованість, 10 %-ного залишку %, не більш	0,2	0,3
Коефіцієнт фільтрованості, не більш	3	3
Вміст механічних домішок	Відсутність	
Вміст води	Відсутність	
Густина при 20°С, кг/м ³ , не більш	860	840
Гранична температура фільтрованості °С, не вище	Мінус 5	Мінус 25

Таблиця 2.14 - Показники якості промивної рідини МПТ-2М

Фізико-хімічні показники	Норма
В'язкість кінематична при 50°С, мм ² /с	18...22
Температура спалаху, визначувана у відкритому тиглі °С, не нижче	160
Температура застигання °С, не вище	- 15
Вміст води %, не більше	Сліди
Механічні домішки %, не більше	0,02
Розчинювальна здатність при (55±2)°С, %, не менше	40
Густина при 20°С, кг/м ³ , не менше	910
Корозійна дія на метали	витримує

Проаналізувавши обидві таблиці та орієнтуючись здебільшого на перелік основних вимог, які висуваються до промивних рідин, можна зробити висновок про те, що відновлена нами олива може бути застосована як альтернативна промивна рідина-олива. Порівняння основних показників якості свіжої промив-

ної рідини МПТ-2М, дизельного палива та очищеної нами оливи М-14Г₂ЦС наведені в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 - Порівняння показників якості промивної рідини МПТ-2М, дизельного палива та очищеної оливи М-14Г₂ЦС

Найменування показника	Норма			
	Відновлена олива М-14Г ₂ ЦС	Дизпаливо марки Л	Дизпаливо марки З	МПТ-2М
В'язкість кінематична, мм ² /с	25,10 при 50°C	3,00-6,00 при 20°C	1,80-5,00 при 20°C	18,0...42,0 при 50°C
Температура спалаху, що визначалась у відкритому тиглі °С, не нижче	137,00	62,00	40,00	160,00
Густина при 20°C, кг/м ³	880	860	840	910
Механічні домішки, %	0,01	Відсутність	Відсутність	не більше 0,02
Вміст води %, не більше	0,02 (сліди)	Відсутність	Відсутність	Сліди

З таблиці можна зробити наступні висновки: 1) вміст води у відновленій оливі відповідає вимогам до рідини МПТ-2М; 2) температура спалаху оливи нижча від норми на таку рідину, але набагато вища від норми на дизельне паливо; 3) кінематична в'язкість наближається до вимог на промивну рідину МПТ-2М.

Також, як вже було зазначено вище, оптичний показник забрудненості відновленої оливи склав 45,14 см⁻¹, що набагато нижче від бракувального показника. Тому відновлена олива придатна для застосування як промивна рідина для оливних систем тепловозів.

2.7 Підвищення екологічності відновлених олив

У підрозділі 1.2 були зазначені основні токсикологічні властивості нафтовмісних відходів, зокрема відпрацьованих олив і технологічних шламів. Основними сполуками, що формують негативний токсикологічний профіль цих відходів, є бенз(α)пірен, фурані, діоксини, поліхлордіфеніли та інші. Також у цьому підрозділі були зазначені основні вимоги міжнародної спільноти до олив;

зокрема, основною рекомендацією є відсутність в оливах важких металів та хлорвмісних сполук. Саме тому була проведена перевірка свіжих, відпрацьованих та відновлених за запропонованими нами у підрозділі 2.6 схемами олив М-14В₂ та М-14Г₂ЦС на вміст в них бенз(α)пірену, важких металів (свинцю, нікелю, купрум, кобальту, хрому, цинку) та хлорид-іонів.

Варто відзначити, що якісне визначення хлору проводилось відповідно до методики, широко розповсюдженої у Російській Федерації, а саме по зеленому забарвленню полум'я при внесенні в нього мідної проволочки з оливою [10, 108]. Це дозволяє виявити присутність елемента в кількості не менше 0,3 %. Також при проведенні досліджень, що проводився у ліцензованій спеціалізованій лабораторії Державного управління охорони навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області, для визначення бенз(α)пірену використовувалась методика рідинної хроматографії; для визначення важких металів – метод атомно-абсорбційної спектроскопії, а також рекомендації [109]. Отримані результати наведені в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 - Порівняння екологічних показників свіжих, відбракованих та відновлених олив М-14В₂ та М-14Г₂ЦС

Показник	Вміст в оливі М-14В ₂			Вміст в оливі М-14Г ₂ ЦС		
	Свіжій	Відбракованій	Відновленій	Свіжій	Відбракованій	Відновленій
Бенз(α)пірен, мг/кг	-	13	-	-	14	-
Хлорид-іон	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.
Важкі метали (валова кількість, мг/кг):						
Свинець	35	69	12	14	17	2
Нікель	-	26	4	-	15	2
Купрум	12	34	5	43	88	14
Кобальт	-	-	-	-	-	-
Хром	-	-	-	5	12	2
Цинк	-	24	3	-	22	2

З таблиці 2.16 можна зробити наступні висновки:

1. при роботі олив обох марок в них з'являється бенз(α)пірен, який повністю зникає з олив після обробки їх за запропонованими у дисертаційній роботі схемами;

2. відсутність в оливах хлорид-іонів на всіх стадіях підтверджує їх безпечність з цього боку та екологічність запропонованих схем відновлення;

3. присутність у відпрацьованих оливах важких металів підвищує їх екологічну небезпеку; також збільшення кількості цих металів говорить про незадовільну роботу дизелів, адже за рекомендаціями Організації співдружності залізниць [110] після перевищення в оливах певних концентрацій металів (додаток В) можна робити висновок про знаходження дизеля в аварійному стані та необхідність проведення ремонтно-технічних заходів. Значне зниження кількості цих токсичних елементів (для оливи М-14В₂ – свинцю на 82,61 %; нікелю на 84,62 %, купруму на 85,29 %, цинку на 87,50 %; для оливи М-14Г₂ЦС – свинцю на 88,24 %, нікелю на 86,67 %, купруму на 84,09 %, хрому на 83,33 %, цинку на 90,91 %) після обробки олив за запропонованими у дисертаційній роботі схемами підтверджує безпечність відновлених олив та екологічність самих схем [102, 111, 112].

2.8 Висновки до розділу 2

1. Проведено аналіз характеристик олив, що використовуються на тяговому рухомому складі залізниць України, зокрема марок М-14В₂ та М-14Г₂ЦС.

2. В результаті аналізу обсягів утворення виявлено, що у найбільшій кількості ці оливи використовуються підприємствами локомотивної служби, і відповідно ці підрозділи є найбільшими вкладниками в утворення оливовмісних відходів. Також з'ясовано, що значними об'ємами утворення відрізняються технологічні шлами, які з'являються під час проведення технологічних процесів на підприємствах пасажирської та вагонної служб залізниць.

3. Досліджені принципи технологічної класифікації олив, що використовуються на підприємствах залізничного транспорту, а також процеси, які супроводжують роботу олив, показники їх якості (експлуатаційні норми). Проведено порівняльний аналіз експлуатаційних та бракувальних параметрів і показників (норм відбракування) олив, відповідно до яких здійснюється контроль їх

придатності до подальшого використання, а також методики, відповідно до яких проводяться такі перевірки.

4. Проведені експериментальні дослідження по відновленню олив з використанням різних методів. Зокрема випробувані найпростіші фізичні методи, а також методи з використанням сорбентів різного походження, зокрема цеолітів, керамзиту, діалюмінію триоксиду. Отримані результати підтвердили неефективність випробуваних методів через низький ефект очистки, невисокого виходу очищеного продукту, втрат олив.

5. У лабораторних умовах були проведені експерименти з використанням класичного сульфатнокислотного методу очищення відпрацьованих олив. Була виявлена можливість використання сорбентів для підвищення значень рН кислих олив після обробки їх сульфатною кислотою – зокрема, найкращих показників вдалося досягти після використання кліноптилоліту (підвищення значень рН з 1,0 до 4,5). У результаті проведених експериментів та їх системного аналізу було виявлено, що використання сульфатнокислотного методу неефективне через низькі показники виходу продукту і, як наслідок, значні втрати; незадовільні значення таких важливих експлуатаційних показників, як рН та лужне число; утворення побічного продукту – кислого гудрону, який важко утилізується; небезпеку з точки зору впливу на довкілля та охорони праці, пов'язані з використанням сульфатної кислоти.

6. Випробуваний метод очищення відпрацьованих олив з використанням різних типів поверхнево-активних речовин (ПАР) та замінника сульфатної кислоти – алкілбензосульфокислоти (АБСК). Найкращий результат досягається сумісним використанням ПАРи неолу та АБСК. Досліджувані показники досягли оптимальних незмінних значень після обробки відпрацьованої моторної оливи реагентами та центрифугування. Наприклад, для оливи М-14В₂ ефект очистки склав 95,08 %; при цьому максимальний вихід очищеної оливи при цьому склав 90,01 %.

7. Отримані кінетичні залежності освітлення олив марок М-14В₂ та М-14Г₂ЦС, які також дали змогу обрати найоптимальнішу ПАР та визначити час

освітлення. Для підвищення показників якості олив використано спеціальні присадки, зокрема кондиціонер для олив «Техні-Люб». Після застосування запропонованих методів очищення у випадку оливи М-14В₂ її рекомендовано для повторного використання, а оливу М-14Г₂ЦС - у якості альтернативної промивної рідини-оливи.

8. Проведені додаткові випробування свіжих та відновлених за запропонованою схемою олив та встановлені показники їх диспергуючої здатності. В результаті диспергуюча здатність свіжої оливи склала 0,77; диспергуюча здатність відновленої оливи – 0,80 (при бракувальному показнику менше 0,35). Збільшення цього параметра у відновленій оливі, на нашу думку, пов'язане саме з використанням присадки «Техні-Люб».

9. Досліджені екологічні показники якості свіжих, відбракованих та очищених за запропонованою схемою олив. Виявлено значне зменшення кількості або повну ліквідацію присутності у відновлених оливах важких металів, хлоридів та бенз(α)пірену.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОЇ ЗАГАЛЬНОЇ СХЕМИ
УТИЛІЗУВАННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МОТОРНИХ ОЛИВ ЗАЛІЗНИЦЬ3.1 Існуючі технології та схеми регенерації відпрацьованих моторних
олив на залізничному транспорті

Відпрацьовані оливи на сьогодні найчастіше застосовуються без регенерації як пічне і котельне паливо безпосередньо на залізничних підприємствах або передаються для подальшої використання або регенерації іншим підприємствам. Наприклад, відпрацьовані оливи можуть застосовуватись для змащування форм на заводах залізобетонних виробів, будівельних комбінатів та інших потреб замість відповідних свіжих нафтопродуктів [113, 114].

Для очищення (регенерації) відпрацьованих олив застосовують найчастіше найпростіші фізичні методи, такі як відстоювання, фільтрацію та центрифугування. Для відстоювання використовують сталеві вертикальні та горизонтальні резервуари для нафтопродуктів. Так, на рис. 3.1 зображений сталевий горизонтальний резервуар [115]. Загальний об'єм такої цистерни складає десь 48,5 куб. м.

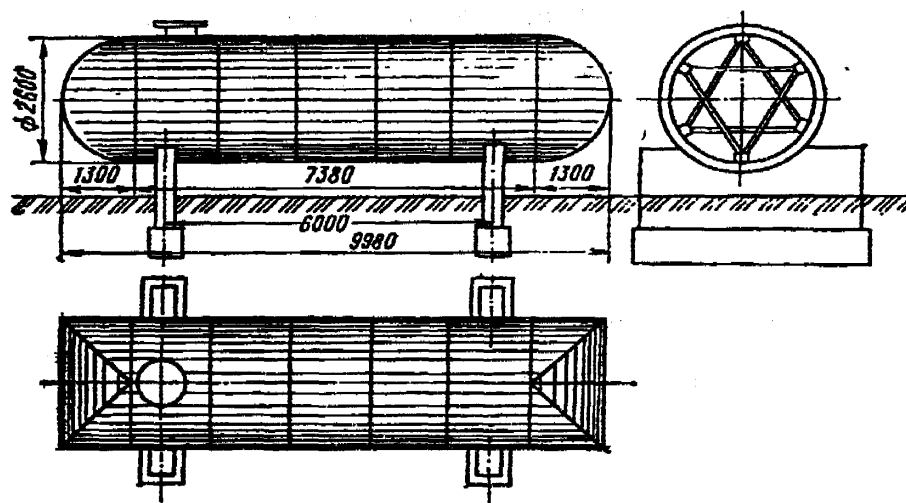


Рисунок 3.1 - Горизонтальний резервуар для зберігання нафтопродуктів

Такі резервуари виготовляють на заводах і потрапляють на місце встановлення у готовому вигляді. Ці резервуари розраховані на внутрішній тиск 0,07 МПа, мають конусне або плоске дно; їх встановлюють над землею на опорах або під землею на глибині не більше 1,2 м від поверхні землі.

Крім цистерн на залізниці використовують різні типи контейнерів, один із яких наведений на рис. 3.2 (окремо та безпосередньо на території залізничного підприємства).

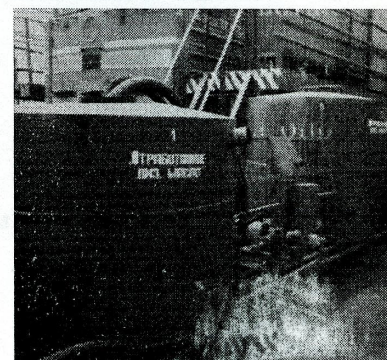
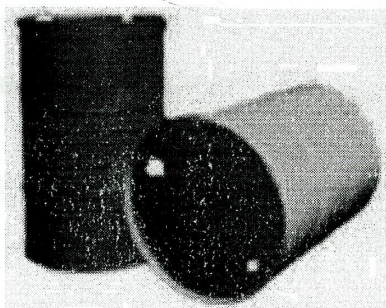


Рисунок 3.2 - Контейнери для зберігання відпрацьованих олив

Освітлення олив тут проходить достатньо довгий період (від кількох місяців до півроку); отриманий продукт після перевірки його відповідності до норм якості можна повторно використовувати для тих же потреб, що і свіжий, проте строк його використання значно менший через швидке втрачання оливою своїх основних експлуатаційних параметрів. Але саме цей метод і є найпоширенішим на залізничних підприємствах через відсутність необхідності у великих капіталовкладеннях, спеціально навченому персоналі та низькі поточні витрати.

Для тоншого очищення відпрацьованих моторних тепловозних олив використовуються фільтри та центрифуги. Основним недоліком фільтрів є неможливість видалення ними води з оливи. Для розв'язання цієї проблеми використовують сепаратори.

Проте всі вищезазначені методи (як вже зазначалося у розділі 1) дають лише незначний ефект, освітлюючи оливу, але не позбавляючи її від основних продуктів старіння.

Для отримання кращого ефекту треба застосовувати комбінацію різних методів з використанням спеціальних присадок для доведення отриманого продукту

кту до норм ГОСТ 12337-84 та ТУ У 23.2-31852954-006-2003 по всіх параметрах. Лише у цьому випадку зможемо говорити про отримання повністю відновленого продукту.

Отож, найпростіші способи, що використовуються сьогодні для відновлення відпрацьованих олив на залізниці, не дають повноцінного ефекту; тому більш раціональним є застосування новітніх розробок, що швидко окупляться і дадуть значний еколого-економічний ефект.

3.2 Розробка загальної схеми та розрахунок апаратури для регенерації відпрацьованих моторних олив

У попередньому розділі 2 нами була розроблена та запропонована схема відновлення відпрацьованих олив двох марок. Шляхом впровадження цієї схеми вирішуються наступні екологічні проблеми залізниць:

- Мінімізується кількість відпрацьованих олив – основного за об'ємом відходу підприємств локомотивного господарства;
- Відбувається повернення цінної сировини (оливи) у технологічний процес у вигляді відновленої моторної оливи та промивної рідини для оливних систем тепловозів;
- Отримані відновлені оливи та промивні рідини не мають такої ж ступені токсичності, як відпрацьовані оливи, а тому не становлять загрози для довкілля (результати досліджень токсичності відновлених олив та промивної рідини на базі відпрацьованої оливи наведені в підрозділі 2.7).

При розробці загальної схеми відновлення експлуатаційної якості відпрацьованих моторних олив ми виходили з результатів проведених лабораторних досліджень по випробуванню різних методів очищення та оптимізованого варіанту обраної технології, а саме з температурних умов, кількості реагентів та часу їх контактування з оливою.

Загальна схема мала включати в себе нагрів відпрацьованої оливи до 60°C, змішування її з АБСК та неоломом (відповідно 1 та 2,7 або 2,0 % за масою за-

лежно від типу оливи) протягом 30 хвилин зі швидкістю 1500 обертів на хвилину, центрифугування протягом 1 години (3000 обертів на хвилину) та додавання присадки для доведення всіх експлуатаційних показників оливи до норм ТУ У 23.2-31852954-006-2003 та ГОСТ 12337-84. Схематичне зображення процесу регенерації наведено на рис. 3.3 [112, 116].

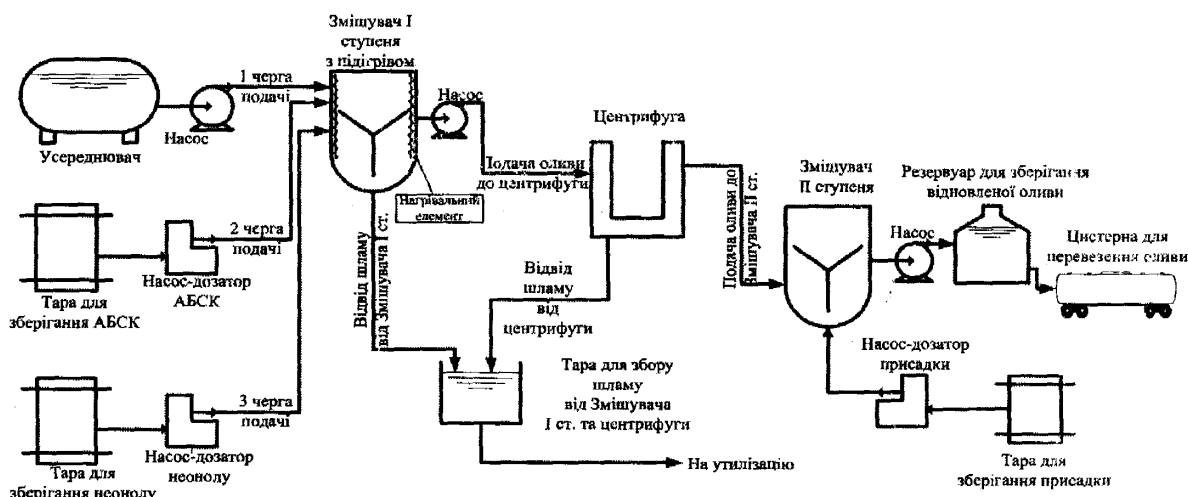


Рисунок 3.3 - Схема поводження з відпрацьованими оливами після відбракування

Як можна побачити з рисунку, нами пропонується перекачувати відпрацьовані оливи з картера тепловоза до спеціальної тари-усереднювача і після відстоювання до змішувача першого ступеня. У змішувачі олива нагрівається до необхідної температури, далі зі спеціальних ємкостей додаються у необхідній кількості реагенти: АБСК і згодом неонол. Після перемішування маса потрапляє трубопроводом до центрифуги і далі до змішувача другого ступеня. Крім того, до цього ж змішувача насосом-дозатором додається присадка, іде процес перемішування.

Згодом готову оливу перекачують до спеціального резервуару для зберігання або безпосередньо у вагон-цистерну для світлих нафтопродуктів. За необхідності, можна перевозити підготовлену оливу до інших користувачів залізничними або автоцистернами. Також у схемі передбачена збірна тарашламонакопичувач для відводу побічних продуктів від змішувача I ступеня та

центрифуги; ці продукти згодом переробляються у суміші із технологічними шламами підприємства.

Як резервуар для зберігання готової продукції нами пропонується використовувати горизонтальні резервуари-цистерни, що найчастіше застосовують як витратні сховища (рис. 3.1).

У якості насосів-дозаторів у схемі можна запропонувати, наприклад, плунжерні насоси «Etatron» серії Р (Італія) для в'язких рідин (рис. 3.4), які постачаються ТОВ НІЦ «Потенціал-4».

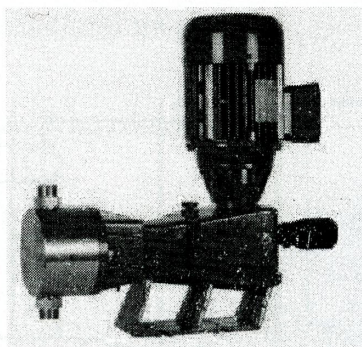


Рисунок 3.4 - Плунжерний дозуючий насос

Ця схема є універсальною як для олив типу М-14В₂, так і для М-14Г₂ЦС, єдиною різницею є отримання різних продуктів на виході: у першому випадку відновленої моторної оливи, у другому – промивної рідини для картерів тепловозів, що можна використовувати на тому ж підприємстві або

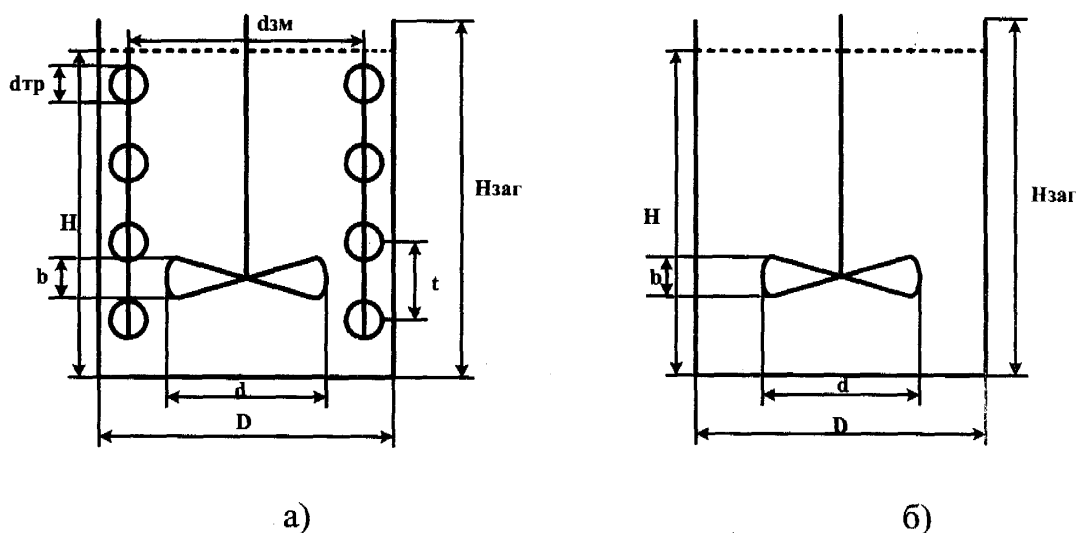
на інших лінійних підрозділах залізниці.

Нами пропонується 2 варіанти впровадження запропонованої технологічної схеми: перший - для отримання малих кількостей оливи, які поступово будуть накопичуватись у спеціальному резервуарі для зберігання на території окремих лінійних підрозділів залізниць для їх внутрішніх потреб; другий - для значних кількостей відновленої оливи в умовах роботи великих оливорегенераційних станцій, які обслуговують значну кількість підприємств. Розрахунок будемо проводити виходячи із більшої кількості неолу для отримання універсального за розмірами обладнання, тобто 2,7 % за масою (як для оливи М-14В₂).

3.3 Підбір та розрахунок основного обладнання для обраної схеми

У якості змішувачів у схемі пропонується використовувати спеціальні ємкості з мішалками. Існує декілька типів пристроїв для змішування, а саме лопа-

теві, рамні, якірні, турбінні, пропелерні та інші. Лопатеві змішувачі, що відрізняються простотою конструкції та низькою вартістю виготовлення, застосовують для перемішування рідин з в'язкістю до $0,1 \text{ Па}\cdot\text{с}$; так як динамічна в'язкість відпрацьованої оливи складає $0,048 \text{ Па}\cdot\text{с}$ (при температурі змішування $60 \text{ }^\circ\text{C}$), то можна рекомендувати їх для застосування у технологічній схемі. Зокрема, для змішування відпрацьованої оливи з реагентами і згодом присадкою нами пропонується використовувати широколопатеві змішувачі, перший із яких буде обладнаний нагрівальним елементом - змійовиком. Рисунки таких змішувачів наведені на рис. 3.5.



а) - широко лопатевий зі змійовиком; б) - широколопатевий

Рисунок 3.5 - Схеми змішувальних пристроїв

Розрахунок змішувача [24, 117-121] зводиться до визначення його потужності, інтенсивності перемішування з отриманням основних габаритних розмірів - висоти шару рідини H , діаметру ємкості D , діаметру мішалки d , ширини лопатей мішалки, діаметру змійовика $d_{\text{зм}}$ та його пускової потужності (для випадку наявності нагрівального елемента).

Для розділення суспензії, що утвориться після змішування відпрацьованої оливи з реагентами у реакторі-мішалці I ступені, пропонується використовувати осаджуючі центрифуги періодичної дії. Серед сучасних базових моделей розрізняють центрифуги типів ОГН - горизонтальні з ножовим вивантаженням

осаду (центрифуги ОГН-903К-01 і ОГН-903К-02, ОГН-903Т-02, 2ОГН-2201У-03), ОТР - трубчасті з ручним вивантаженням осаду (центрифуги ОТР-101К-01), ОМБ та ОМД - маятникові з нижнім приводом (центрифуги ОМБ-803, ОМД-802) [122].

Технологічний розрахунок центрифуг зводиться до визначення їх продуктивності і витрати енергії на центрифугування з підбором відповідних габаритних розмірів [118-120, 121, 124].

3.3.1 Розрахунок обладнання для невеликих потужностей

3.3.1.1 Розрахунок змішувача I ступеня зі змійовиком

Об'єм ємкості періодичної дії мішалки розраховують за формулою:

$$V_{an} = \frac{G}{\rho \cdot K}, \quad (3.1)$$

де $K=0,7 \dots 0,8$ - коефіцієнт заповнення ємкості, приймаємо $K=0,7$;

ρ - густина середовища.

Розрахунок густини середовища проводимо по формулі:

$$\frac{1}{\rho} = \sum_{n=1}^n \frac{x_n}{\rho_n}, \quad (3.2)$$

де n - кількість компонентів суміші; x_n - вміст n -ї речовини у загрузці, мас. долі; ρ_n - густина n -ї речовини, кг/м^3 .

Виходячи з отриманих результатів лабораторних досліджень, на 100 кг оливи додаємо 2,7 % за масою неолу та 1 % за масою АБСК. Тобто суміш буде складатися зі 100 кг оливи, 2,7 кг неолу і 1 кг АБСК, що в сумі складає 103,7 кг. Після підрахунку масових долей кожного компоненту отримуємо:

оливи - 96,4 %, тобто 0,964 мас.д.,

неолу - 2,6 %, тобто 0,026 мас.д.,

АБСК - 1 %, тобто 0,01 мас.д.

Густина відпрацьованої оливи складає 911 кг/м^3 , густина неонулу - 1046 кг/м^3 , густина АБСК - 1140 кг/м^3 .

Обчислюємо за формулою (3.2):

$$\frac{1}{\rho} = \frac{0,964}{911} + \frac{0,026}{1046} + \frac{0,01}{1140} = \frac{109}{100000},$$

$$\text{тоді } \rho = \frac{100000}{109} = 917,43 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho = 917,43 \text{ кг/м}^3 = 0,917 \text{ т/м}^3.$$

При відомій величині добової продуктивності загрузка апарату дорівнює:

$$G = \frac{G_{\text{доб}} \cdot \tau_{\text{ц}}}{24}, \quad (3.3)$$

де $\tau_{\text{ц}}$ - час циклу, що дорівнює сумі тривалості загрузки компонентів для перемішування τ_3 , часу самого перемішування $\tau_{\text{п}}$ та вивантаження готової суміші із апарату $\tau_{\text{в}}$.

У нашому випадку $\tau_3 = \tau_{\text{в}} = 0,25$ год., $\tau_{\text{п}} = 0,5$ год., тому

$$\tau_{\text{ц}} = 0,25 + 0,5 + 0,25 = 1 \text{ год.}$$

Продуктивність апарату приймаємо виходячи з максимально допустимого завантаження центрифуги, тобто 195 кг на 1 годину; тоді $G_{\text{доб}} = 4680 \text{ кг/доб.} = 4,68 \text{ т/доб.}$, тобто кількості, необхідній для заправки одного тепловоза. Тоді G та $V_{\text{ап}}$ дорівнюють відповідно до формул (3.3), (3.1):

$$G = \frac{4,68 \cdot 1}{24} = 0,195 \text{ т/год.}$$

$$V_{\text{ап}} = \frac{0,195}{0,917 \cdot 0,7} = 0,30 \text{ м}^3.$$

Приймаємо об'єм апарату таким, що дорівнює $0,3 \text{ м}^3$.

Тоді загальний об'єм ємкості мішалки $V_{\text{заг}}$ складе:

$$V_{\text{ап}}/K = 0,3/0,7 = 0,43 \text{ м}^3.$$

Критеріальне рівняння, яке описує процес перемішування, має вигляд:

$$Eu = f(Re, Fr, \Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3 \dots), \quad (3.4)$$

де Eu - критерій Ейлера, що дорівнює:

$$Eu = \frac{A}{Re^m}, \quad (3.5)$$

Re - критерій Рейнольдса, що дорівнює:

$$Re = \frac{\rho \cdot n \cdot d^2}{\mu}, \quad (3.6)$$

Fr - критерій Фруда, що дорівнює:

$$Fr = \frac{n^2 \cdot d}{g}, \quad (3.7)$$

$\Gamma_1=D/d$, $\Gamma_2=b/d$, $\Gamma_3=H/d$, ...- геометричні конструктивні особливості мішалки, що враховують її діаметр, висоту шару рідини та інше;

ρ - густина рідини, кг/м^3 ;

n - частота обертання мішалки, с^{-1} ;

d - діаметр мішалки, м;

μ - динамічна в'язкість рідини, $\text{Па} \cdot \text{с}$;

D - діаметр ємкості, м;

b - ширина лопатей мішалки, м;

H - висота шару рідини, м;

g - прискорення вільного падіння, м/с^2 .

Для обчислення рівняння (3.5) величини постійних A і m обирають залежно від типу мішалки; для обраної нами двохлопатевої мішалки з лопатями під кутом 45° маємо наступні характеристики:

$A=4,05$, $m=0,2$, $H=D$, $b/d=0,33$.

Приймаємо $n=80$ об./хв. $=1,33$ с $^{-1}$; виходячи з робочого об'єму ємкості апа-

рату приймаємо: $V = H \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 0,3$ м 3 , т.я. $H=D$, тоді:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,3}{3,14}} = 0,73 \text{ м, тоді, } H=0,73 \text{ м.}$$

Також приймемо діаметр мішалки, що має складати 0,7 діаметра ємкості [92] $d=0,51$ м; $b=0,17$ м.

Для нашого випадку n дорівнює 3: змішуємо відпрацьовану оливу, АБСК та неонол.

Розрахунок густини середовища проведено вище.

В'язкість суміші була виміряна відповідно до ДСТУ ГОСТ 33-2003 «Нафтопродукти. Прозорі і непрозорі рідини. Визначення кінематичної в'язкості і розрахунок динамічної в'язкості» одразу після перемішування рідин до початку процесу коагуляції при температурі змішування 60°C. Отриманий результат динамічної в'язкості суміші дорівнював 0,048 Па·с.

Розрахуємо Re за формулою (3.6):

$$Re = \frac{917,43 \cdot 1,33 \cdot (0,51)^2}{0,048} = 6611,86$$

Розрахуємо Eu за формулою (3.5):

$$Eu = \frac{4,05}{(6611,86)^{0,2}} = \frac{4,05}{5,81} = 0,70$$

Для врахування присутності у мішалці змішувача розрахунок можна провести наступним чином при $Re=50\dots 50000$ (у нашому випадку $Re=6611,86$):

$$Eu = \frac{7,1}{Re^{0,135}}, \quad (3.8)$$

$$\text{Тоді } Eu = \frac{7,1}{(6611,86)^{0,135}} = \frac{7,1}{3,28} = 2,16$$

Розрахуємо Fr за формулою (3.6):

$$Fr = \frac{(1,33)^2 \cdot 0,51}{9,81} = 0,091$$

Потужність, що використовує мішалка, розраховуємо за формулою:

$$N = Eu \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d^5, \quad (3.9)$$

Також потужність мішалки можна розрахувати наступним чином:

$$N = A \cdot d^{5-2 \cdot m} \cdot n^{3-m} \cdot \rho^{1-m} \cdot \mu^m, \quad (3.10)$$

У деяких авторів [125] замість критерія Ейлера у формулі (3.9) стоїть коефіцієнт опору ξ , який можна знайти графічно ($f=(Re, \xi)$) для конкретного типу мішалки; при цьому можна побачити, що для нашого типу мішалки і за такого значення числа Рейнольдса ξ дорівнює Eu , знайденого за формулою (3.8).

Так як тільки формула (3.9) враховує критерій Ейлера, а відповідно і підтип лопатевої мішалки, розрахуємо робочу потужність мішалки саме за нею:

$$N = 2,16 \cdot 917,43 \cdot (1,33)^3 \cdot (0,51)^5 = 160,84 \text{ Вт}$$

Обраній нами мішалці відповідають наступні стандартні характеристики (при $H/D=1$):

$$D/d=2;$$

$$b/d=0,885;$$

$$d_{3m}=1,3 \cdot d;$$

$$d_{тр}=0,066 \cdot d;$$

$$t=0,12 \cdot d.$$

Перевіримо відповідність проведених розрахунків стандартним розмірам:

$$H/D = 0,73/0,73 = 1;$$

$$D/d = 0,73/0,51 = 1,43; \text{ тоді корегуючий коефіцієнт при } a=1,1 \text{ і } \alpha=D/d=2$$

$$F_D = \left(\frac{D}{\alpha \cdot d} \right)^a = \left(\frac{0,73}{2 \cdot 0,51} \right)^{1,1} = 0,69$$

$b/d = 0,17/0,51 = 0,33$; тоді корегуючий коефіцієнт при $k=0,3$ і $\beta = b/d = 0,885$

$$F_b = \left(\frac{b}{\beta \cdot d} \right)^k = \left(\frac{0,079}{0,885 \cdot 0,24} \right)^{0,3} = 0,75$$

Значення коефіцієнтів a , α , k та β взяті відповідно до типу обраної мішалки.

Тоді приводна потужність мішалки складе:

$$N = 160,84 \cdot 0,69 \cdot 0,75 = 83,24 \text{ Вт}$$

Крім того, $d_{mp} = 0,066 \cdot 0,51 = 0,033 \text{ м}$

$$d_{зм} = 1,3 \cdot 0,51 = 0,66 \text{ м}$$

$$t = 0,12 \cdot 0,51 = 0,061 \text{ м}$$

Враховуючи загальний об'єм ємкості мішалки $V_{заг}$ загальна висота мішалки $H_{заг}$ буде дорівнювати:

$$4 \cdot V_{заг} / (\pi \cdot D^2) = 4 \cdot 0,45 / (3,14 \cdot (0,73)^2) = 1,08 \text{ м.}$$

Приймаємо $H_{заг} = 1,1 \text{ м}$.

Таким чином отримуємо мішалку з наступними розмірами:

$$D = 0,73 \text{ м} = 730 \text{ мм};$$

$$d = 0,51 \text{ м} = 510 \text{ мм};$$

$$H = 0,73 \text{ м} = 730 \text{ мм};$$

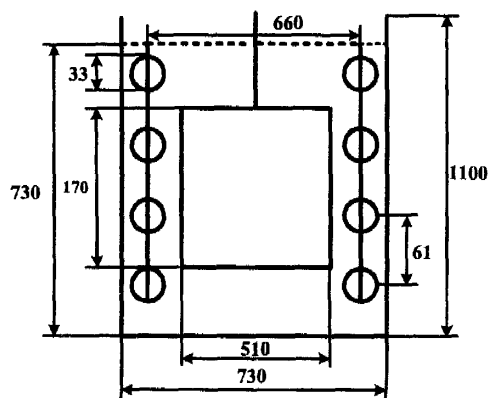
$$b = 0,17 \text{ м} = 170 \text{ мм};$$

$$d_{зм} = 0,66 \text{ м} = 660 \text{ мм};$$

$$d_{тр} = 0,033 \text{ м} = 33 \text{ мм};$$

$$t = 0,061 \text{ м} = 61 \text{ мм};$$

$$H_{заг} = 1100 \text{ мм}$$



Пускова потужність мішалки залежить від робочої обчислюється за формулою:

$$N_n = N \cdot \frac{K + Eu}{Eu}, \quad (3.11)$$

де
$$K = 3,87 \cdot \frac{h}{d}, \quad (3.12)$$

Константа для лопатевих мішалок дорівнює $h=0,6$.

Розрахуємо пускову потужність:

$$K = 3,87 \cdot \frac{0,6}{0,51} = 4,55$$

$$\text{Тоді } N_n = 83,24 \cdot \frac{4,55 + 2,16}{2,16} = 258,58 \text{ Вт}$$

Електродвигун для приводу мішалки підбирають по значенню робочою потужності із врахуванням моменту обертання у період пуску.

Потужність електродвигуна визначається за формулою:

$$N_{дв} = \frac{N}{1000 \cdot \eta}, \quad (3.13)$$

де η - к.к.д. передачі від електродвигуна до мішалки; $\eta=0,6 \dots 0,7$.

Приймемо значення $\eta=0,6$, тоді:

$$N_{дв} = \frac{83,24}{1000 \cdot 0,6} = 0,14 \text{ кВт}$$

Відповідно до цього розрахунку можемо підібрати електродвигун необхідної потужності. Проте з практики роботи конструкторських бюро великих підприємств та заводів стає зрозумілим, що правильно обрати електродвигун необхідної потужності, підрахованої по робочій потужності, можна лише після її збільшення щонайменше у 1,5-2 рази. Саме такі значення має і пускова потужність (у нашому випадку вона більша у порівнянні з робочою в 3 рази). Беручи до уваги цей факт, для нормальної роботи мішалки потужність електродвигуна слід розраховувати із врахуванням значення пускової потужності. У цьому випадку формула розрахунку прийме вигляд:

$$N_{дв} = \frac{N_n}{1000 \cdot \eta}, \quad (3.14)$$

Тоді при значенні $\eta=0,6$ отримуємо наступне значення потужності електродвигуна мішалки:

$$N_{дв} = \frac{258,58}{1000 \cdot 0,6} = 0,43 \text{ кВт.}$$

3.3.1.2 Розрахунок центрифуги

Одним із основних критеріїв оцінки ефективності роботи центрифуги є фактор розділення Φ :

$$\Phi = \frac{\omega^2 \cdot r}{g} = \frac{n^2 \cdot r}{900}, \quad (3.15)$$

де $\omega = \pi \cdot n / 30$ - кутова швидкість барабану, м/с;

n - частота обертання ротору, с^{-1} ;

r - внутрішній радіус ротору, м;

g - прискорення вільного падіння, м/с^2 .

Лабораторні дослідження проводились за наступних параметрів: частота обертання ротору складала 3000 обертів на хвилину, тобто 50 с^{-1} , при цьому фактор розділення дорівнював 1850.

Виходячи з цих даних обираємо центрифугу з найближчими значеннями цих параметрів, основним будемо вважати Φ . Найбільш відповідає нашим вимогам горизонтальна центрифуга з ножовим вивантаженням осаду, а саме марка ОГН-903К-02 (рис. 3.6-3.8, таблиця 3.1) виробництва ВАТ «Сумське НВП ім. М. В. Фрунзе» [126].

Технічні характеристики центрифуги наведені в таблиці 3.2.

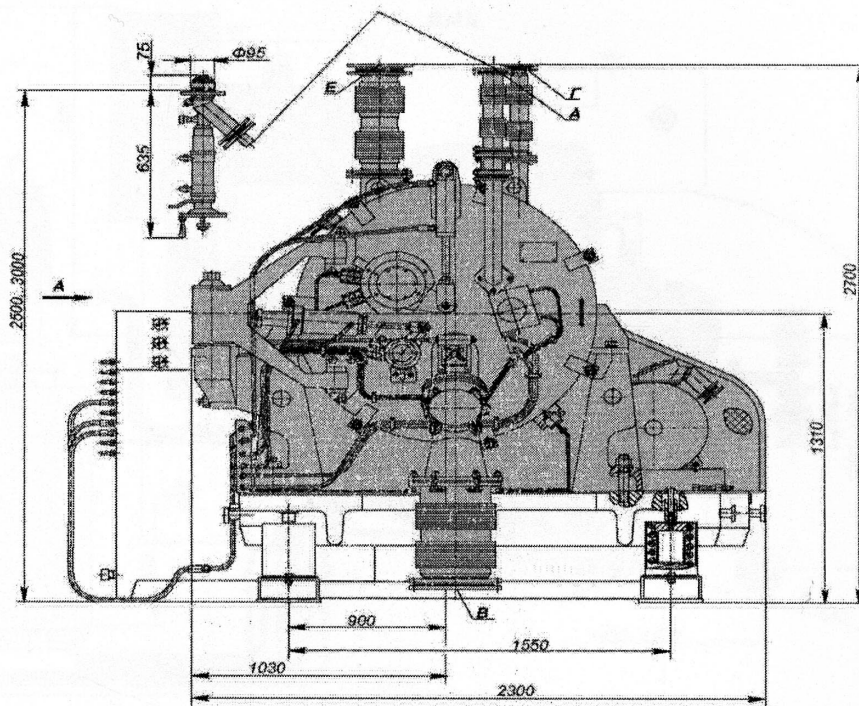


Рисунок 3.6 - Загальний вигляд центрифуги з ножовим вивантаженням осаду марки ОГН-903К-02

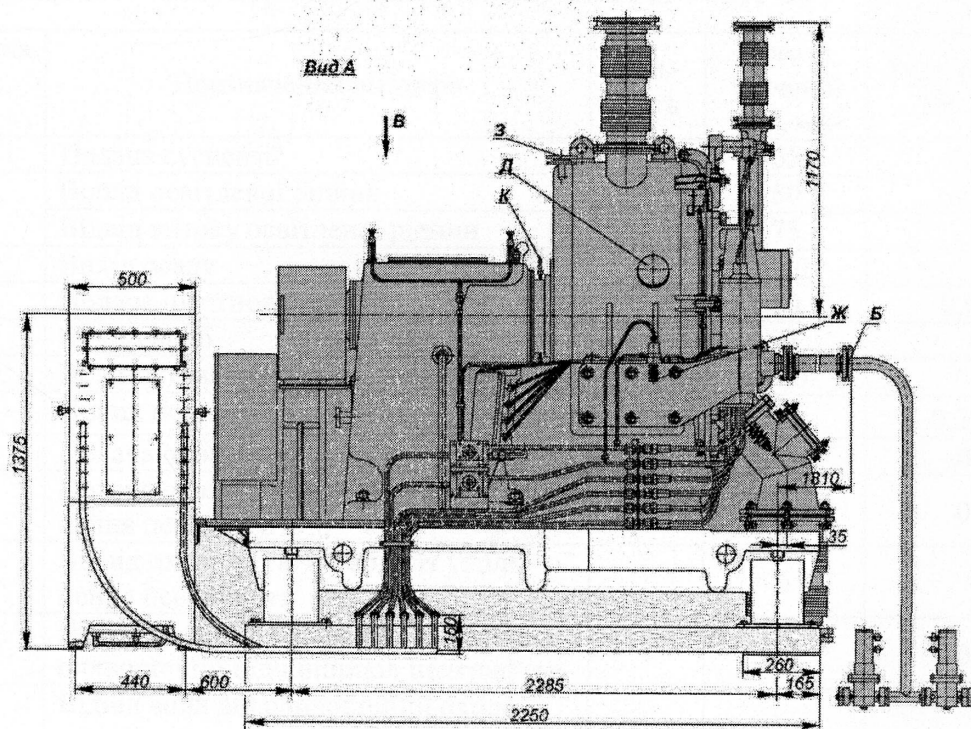


Рисунок 3.7 - Вид А центрифуги марки ОГН-903К-02

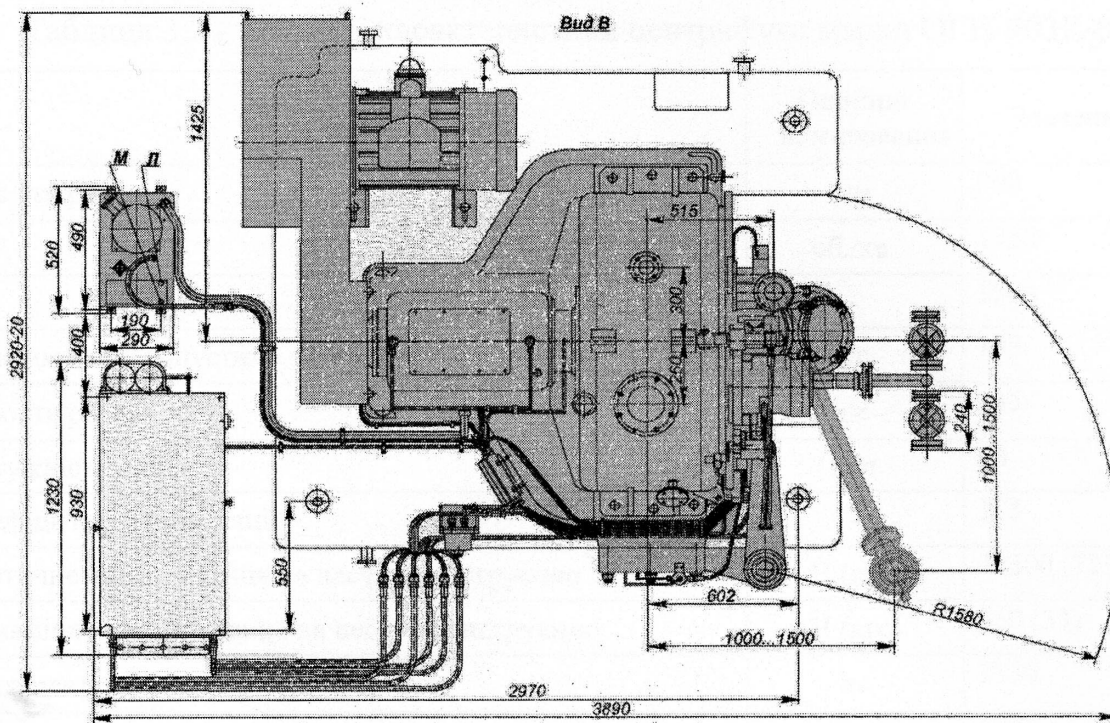


Рисунок 3.8 - Вид В центрифуги марки ОГН-903К-02

Таблиця 3.1 - Штуцери центрифуги марки ОГН-903К-02

Позначення на рис. 3.4-3.6	Призначення штуцера	Кількість	Прохід умовний Ду, мм	Тиск умовний Ру, МПа
А	Подача суспензії	1	65	0,02
Б	Відвід освітленої рідини	1	50	1,5
	Відвід витоку освітленої рідини	1	75	-
В	Вихід осаду	1	250	-
Г	Подача інертного газу	1	50	0,005
Д	Відбір проб	1	25	-
Е	Відсмоктування парів із кожуха	1	150	-
Ж	Підвід повітря	1	15	0,2-0,4
З	Подача промивної рідини	1	25	0,3
И	Подача охолоджуючої води до ущільнення центрифуги	1	6	0,1
К	Відвід охолоджуючої води із ущільнення центрифуги	1	6	-
Л	Підвід води для охолодження оливи оливостанції підшипників центрифуги	1	10	0,1
М	Відвід води від оливостанції охолодження підшипників центрифуги	1	10	-

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики центрифуги марки ОГН-903К-02

Критерій	Одиниці вимірювання	Значення
Діаметр ротору	мм	900
n	об./хв.	1730
Ф	-	1508
Максимально допустиме навантаження	кг	195
Ємкість ротора	дм ³	145
Потужність приводу	кВт	30
Коефіцієнт віброізоляції	-	173
Статичне навантаження на несучу конструкцію	Н (кгс)	72300 (7230)
Динамічне навантаження на несучу конструкцію	Н (кгс)	330 (33)
Маса центрифуги	кг	2830
Маса центрифуги з віброізоляцією	кг	8700
Габаритні розміри: довжина ширина висота	мм	2250 2300 2700

Така центрифуга призначена для розділення суспензій у широкому діапазоні дисперсностей та концентрацій твердої фази, що має середньо- та дрібно-дисперсну структуру з розміром зерна більше 5 мкм. Центрифуга консольна, герметизована, із вибухозахисним електрообладнанням. Деталі центрифуги, які контактують з оброблюваним продуктом, виконані з корозійностійкої сталі 12Х18Н10Т.

Так як Ф (1508) пропонованої центрифуги менше, ніж на тій на якій проводились дослідження (1850), пропонуємо збільшити час центрифугування до 45 хв.

3.3.1.3 Розрахунок змішувача II ступеня

Об'єм ємкості періодичної дії мішалки розраховують за формулою (3.1).

Коефіцієнт заповнення ємкості приймаємо $K=0,8$.

Підготовлену оливу змішуємо з присадкою у співвідношенні, рекомендованій виробником, тобто на 1 л оливи додаємо 32 мл кондиціонеру. Виходячи

з отриманих результатів лабораторних досліджень, густина суміші дорівнює $\rho=910,2 \text{ кг/м}^3=0,91 \text{ т/ м}^3$.

Маса суміші оливи з реагентами після першого змішувача повинна дорівнювати масі завантажених компонентів, тобто 195 кг. Виходячи з отриманих результатів лабораторних досліджень, після центрифугування суміші вихід очищеного продукту складає у середньому 90 % для оливи М-14В₂ і 94 % для оливи М-14Г₂ЦС. Для отримання універсальних розмірів мішалки, що підходила б для обох типів олив розрахунок будемо вести виходячи з максимального виходу продукту, тобто 94 %.

Тоді маса очищеної оливи після центрифуги, що необхідна для заправки одного тепловоза, буде складати $0,94 \cdot G=0,94 \cdot 195=183,3 \text{ кг}$; приблизно беремо 185 кг.

При підрахунку часу циклу роботи мішалки, що дорівнює сумі тривалості заправки компонентів для перемішування τ_3 , часу самого перемішування $\tau_{\text{п}}$ та вивантаження готової суміші із апарату $\tau_{\text{в}}$, приймаємо наступні значення: $\tau_3=\tau_{\text{в}}=0,25 \text{ год.}$, $\tau_{\text{п}}=0,5 \text{ год.}$, тому $\tau_{\text{ц}}=0,25+0,5+0,25=1 \text{ год.}$

Продуктивність апарату приймаємо такою, що дорівнює 185 кг за 1 годину; тоді $G_{\text{доб}}=4440 \text{ кг/доб.}=4,44 \text{ т/доб.}$, тобто кількості, необхідній для заправки одного тепловоза. Тоді G за формулою (3.3) та $V_{\text{ап}}$ (3.1) дорівнюють:

$$G = \frac{4,44 \cdot 1}{24} = 0,185 \text{ т/год};$$

$$V_{\text{ап}} = \frac{0,185}{0,91 \cdot 0,8} = 0,25 \text{ м}^3.$$

Приймаємо об'єм апарату таким, що дорівнює $0,25 \text{ м}^3$.

Тоді загальний об'єм ємкості мішалки $V_{\text{зар}}$ складе:

$$V_{\text{ап}}/K=0,25/0,8=0,31 \text{ м}^3.$$

Основні компоненти критеріального рівняння (3.4), яке описує процес перемішування, викладені у формулах (3.5-3.7).

Для обчислення рівняння (3.5) величини постійних A і m обирають залежно від типу мішалки; для обраної нами двохлопатевої мішалки з лопатями під кутом 45° маємо наступні характеристики:

$$A=4,05, m=0,2, H=D, b/d=0,33;$$

Приймаємо $n=80$ об./хв. $=1,33$ с $^{-1}$; виходячи з робочого об'єму ємкості апа-

рату приймаємо: $V = H \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 0,25$ м 3 , т.я. $H=D$, тоді:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,25}{3,14}} = 0,68 \text{ м, тоді } H=0,68 \text{ м.}$$

Також приймемо діаметр мішалки, що має складати 0,7 діаметра ємкості [92] $d=0,48$ м; $b=0,16$ м.

Для нашого випадку n дорівнює 2: змішуємо підготовлену оливу та кондиціонер.

В'язкість суміші дорівнює 0,045 Па·с (при 60°C).

Розрахуємо Re за формулою (3.6):

$$Re = \frac{910,2 \cdot 1,33 \cdot (0,48)^2}{0,045} = 6198,1$$

Розрахунок Eu проведемо за формулою (3.5):

$$Eu = \frac{4,05}{(6198,1)^{0,2}} = \frac{4,05}{5,73} = 0,71$$

Розрахуємо Fr за формулою (3.6):

$$Fr = \frac{(1,33)^2 \cdot 0,48}{9,81} = 0,087$$

Розраховуємо потужність, що використовує мішалка, за формулою (3.9):

$$N = 0,71 \cdot 910,2 \cdot (1,33)^3 \cdot (0,48)^5 = 38,74 \text{ Вт.}$$

Обраній нами мішалці відповідають наступні стандартні характеристики (при $H/D=1$):

$$D/d=2;$$

$$b/d=0,885.$$

Перевіримо відповідність проведених розрахунків стандартним розмірам:

$$H/D = 0,68/0,68 = 1;$$

$$D/d = 0,68/0,48 = 1,42; \text{ тоді корегуючий коефіцієнт при } a=1,1 \text{ і } \alpha=D/d=2$$

$$F_D = \left(\frac{D}{\alpha \cdot d} \right)^a = \left(\frac{0,68}{2 \cdot 0,48} \right)^{1,1} = 0,68$$

$$b/d = 0,16/0,48 = 0,33; \text{ тоді корегуючий коефіцієнт при } k=0,3 \text{ і } \beta = b/d = 0,885$$

$$F_b = \left(\frac{b}{\beta \cdot d} \right)^k = \left(\frac{0,16}{0,885 \cdot 0,48} \right)^{0,3} = 0,75$$

Значення коефіцієнтів a , α , k та β взяті відповідно до типу обраної мішалки.

Тоді приводна потужність мішалки складе:

$$N_r = 38,74 \cdot 0,68 \cdot 0,75 = 19,76 \text{ Вт.}$$

Враховуючи загальний об'єм ємкості мішалки $V_{\text{зар}}$ загальна висота мішалки $H_{\text{зар}}$ буде дорівнювати:

$$4 \cdot V_{\text{зар}} / (\pi \cdot D^2) = 4 \cdot 0,31 / (3,14 \cdot (0,68)^2) = 0,85 \text{ м.}$$

Таким чином отримуємо мішалку з наступними розмірами :

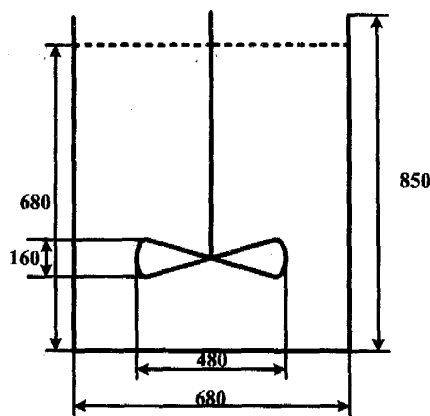
$$D = 0,68 \text{ м} = 680 \text{ мм};$$

$$d = 0,48 \text{ м} = 480 \text{ мм};$$

$$H = 0,68 \text{ м} = 680 \text{ мм};$$

$$b = 0,16 \text{ м} = 160 \text{ мм};$$

$$H_{\text{зар}} = 0,85 \text{ м} = 850 \text{ мм}$$



Розрахуємо пускову потужність мішалки за формулою (3.11), попередньо визначивши K за формулою (3.12):

$$K = 3,87 \cdot \frac{0,6}{0,48} = 4,84$$

$$\text{Тоді } N_n = 19,76 \cdot \frac{4,84 + 0,71}{0,71} = 154,46 \text{ Вт}$$

Електродвигун для приводу мішалки підбираємо по значенню робочої та пускової потужностей за формулами (3.13, 3.14).

Прийmemo значення $\eta=0,6$; значення потужності електродвигуна при врахуванні робочої потужності становитиме за формулою (3.13):

$$N_{\text{дв}} = \frac{19,76}{1000 \cdot 0,6} = 0,003 \text{ кВт}$$

Значення потужності електродвигуна при врахуванні пускової потужності становитиме за формулою (3.14):

$$N_{\text{дв}} = \frac{19,76}{1000 \cdot 0,6} = 0,26 \text{ кВт}$$

3.3.2 Розрахунок обладнання для значних потужностей

3.3.2.1 Розрахунок змішувача I ступеня зі змійовиком

Об'єм ємкості періодичної дії мішалки розраховують за формулою (3.1).

Приймаємо $K=0,7$. Густина середовища розрахована за формулою (3.2) вище і складає $\rho=917,43 \text{ кг/м}^3=0,917 \text{ т/ м}^3$.

При відомій величині добової продуктивності загрузка апарату розраховується за формулою (3.3).

У нашому випадку $\tau_3=\tau_в=0,25 \text{ год.}$, $\tau_п=0,5 \text{ год.}$, тому

$$\tau_ц=0,25+0,5+0,25=1 \text{ год.}$$

Продуктивність апарату приймаємо такою, що дорівнює 1000 кг на 1 годину; тоді $G_{\text{доб}}=24000 \text{ кг/доб.}=24 \text{ т/доб.}$, тобто кількості, необхідній для заправки одного тепловоза. Тоді G та $V_{\text{ап}}$ дорівнюють:

$$G = \frac{24 \cdot 1}{24} = 1 \text{ т/год};$$

$$V_{\text{ап}} = \frac{1}{0,917 \cdot 0,7} = 1,56 \text{ м}^3.$$

Приймаємо об'єм апарату таким, що дорівнює $1,6 \text{ м}^3$.

Тоді загальний об'єм ємкості мішалки $V_{\text{заг}}$ складе: $V_{\text{ап}}/K=1,6/0,7=2,29 \text{ м}^3$; приймемо $V_{\text{заг}}=2,3 \text{ м}^3$.

Основні компоненти критеріального рівняння (3.4), яке описує процес перемішування, викладені у формулах (3.5-3.7).

Для обчислення рівняння (3.5) величини постійних A і m обирають залежно від типу мішалки; для обраної нами двохлопатевої мішалки з лопатями під кутом 45° маємо наступні характеристики:

$$A=4,05, m=0,2, H=D, b/d=0,33;$$

Приймаємо $n=80 \text{ об./хв.}=1,33 \text{ с}^{-1}$; виходячи з робочого об'єму ємкості апа-

рату приймаємо: $V = H \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 1 \text{ м}^3$, т.я. $H=D$, тоді:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 1,6}{3,14}} = 1,27 \text{ м}, \text{ тоді } H=1,27 \text{ м}.$$

Також приймемо діаметр мішалки, що має складати $0,7$ діаметра ємкості [92] $d=0,89 \text{ м}$; $b=0,29 \text{ м}$.

Для нашого випадку n дорівнює 3 : змішуємо відпрацьовану оливу, АБСК та неонол.

В'язкість суміші дорівнює $0,048 \text{ Па}\cdot\text{с}$.

Розрахуємо Re за формулою (3.6):

$$Re = \frac{917,43 \cdot 1,33 \cdot (0,89)^2}{0,048} = 20135,54$$

$$Eu = \frac{4,05}{(20135,54)^{0,2}} = \frac{4,05}{7,26} = 0,56$$

Для врахування присутності у мішалці зміювика розрахунок можна провести за формулою (3.8).

$$\text{Тоді } Eu = \frac{7,1}{(20135,54)^{0,135}} = \frac{7,1}{3,81} = 1,86$$

Розрахуємо Fr за формулою (3.6):

$$Fr = \frac{(1,33)^2 \cdot 0,89}{9,81} = 0,16$$

Потужність, що використовує мішалка, розраховуємо за формулою (3.9):

$$N = 1,86 \cdot 917,43 \cdot (1,33)^3 \cdot (0,89)^5 = 2241,75 \text{ Вт}$$

Обраній нами мішалці відповідають наступні стандартні характеристики (при $H/D=1$):

$$D/d=2;$$

$$b/d=0,885;$$

$$d_{зм}=1,3 \cdot d;$$

$$d_{тp}=0,066 \cdot d;$$

$$t=0,12 \cdot d.$$

Перевіримо відповідність проведених розрахунків стандартним розмірам:

$$H/D = 1,43/1,43 = 1;$$

$$D/d = 1,29/0,89 = 1,45; \text{ тоді корегуючий коефіцієнт при } a=1,1 \text{ і } \alpha=D/d=2$$

$$F_D = \left(\frac{D}{\alpha \cdot d} \right)^a = \left(\frac{1,29}{2 \cdot 0,89} \right)^{1,1} = 0,70$$

$$b/d = 0,29/0,89 = 0,33; \text{ тоді корегуючий коефіцієнт при } k=0,3 \text{ і } \beta= b/d = 0,885$$

$$F_b = \left(\frac{b}{\beta \cdot d} \right)^k = \left(\frac{0,29}{0,885 \cdot 0,89} \right)^{0,3} = 0,74$$

Значення коефіцієнтів a , α , k та β взяті відповідно до типу обраної мішалки.

Тоді приводна потужність мішалки складе:

$$N = 2241,75 \cdot 0,70 \cdot 0,74 = 1161,23 \text{ Вт}$$

$$\text{Крім того, } d_{mp} = 0,066 \cdot 0,89 = 0,06 \text{ м}$$

$$d_{зм} = 1,3 \cdot 0,89 = 1,16 \text{ м}$$

$$t = 0,12 \cdot 0,89 = 0,11 \text{ м}$$

Враховуючи загальний об'єм ємкості мішалки $V_{зар}$ загальна висота мішалки $H_{зар}$ буде дорівнювати:

$$4 \cdot V_{зар} / (\pi \cdot D^2) = 4 \cdot 2,3 / (3,14 \cdot (1,29)^2) = 1,76 \text{ м.}$$

Таким чином отримуємо мішалку з наступними розмірами :

$$D=1,29 \text{ м} = 1290 \text{ мм};$$

$$d=0,89 \text{ м} = 890 \text{ мм};$$

$$H=1,29 \text{ м} = 1290 \text{ мм};$$

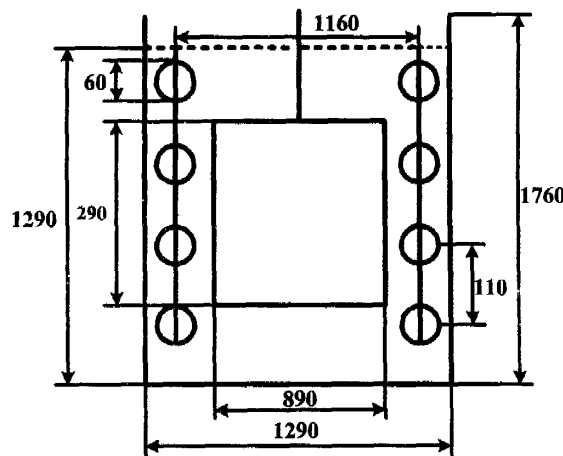
$$b=0,29 \text{ м} = 290 \text{ мм};$$

$$d_{\text{зм}}=1,16 \text{ м} = 1160 \text{ мм};$$

$$d_{\text{тр}}=0,06 \text{ м} = 60 \text{ мм};$$

$$t=0,11 \text{ м} = 110 \text{ мм};$$

$$H_{\text{заг}}=1,76 \text{ м} = 1760 \text{ мм}$$



Прийнявши константу для лопатевих мішалок $h=0,6$, розрахуємо пускову потужність, скориставшись формулами (3.11, 3.12):

$$K = 3,87 \cdot \frac{0,6}{0,89} = 2,61$$

$$\text{Тоді } N_n = 1161,23 \cdot \frac{2,61 + 1,86}{1,86} = 2790,07 \text{ Вт}$$

Електродвигун для приводу мішалки підбираємо по значенню робочої та пускової потужностей (формули 3.13-3.14).

Прийmemo значення $\eta=0,6$; значення потужності електродвигуна при врахуванні робочої потужності становитиме (формула (3.13)):

$$N_{\text{де}} = \frac{1161,23}{1000 \cdot 0,6} = 1,94 \text{ кВт}$$

Значення потужності електродвигуна при врахуванні пускової потужності становитиме у відповідності до формули (3.14):

$$N_{\text{де}} = \frac{2790,07}{1000 \cdot 0,6} = 4,65 \text{ кВт}$$

3.3.2.2 Розрахунок центрифуги

Для підприємства, що буде працювати зі значними об'ємами відпрацьованих олив, обираємо центрифугу з тими ж показниками та параметрами, яка описана в пункті 3.3.1.2. поточного розділу, тобто центрифугу з ножовим вивантаженням осаду марки ОГН-903К-02 (рис. 3.4-3.6, таблиця 3.1).

Так як максимально допустиме завантаження вказаної центрифуги складає 195 кг, а маса суспензії після мішалки складатиме 1000 кг ми пропонуємо використовувати кілька таких центрифуг, що будуть працювати паралельно.

3.3.2.3 Розрахунок змішувача II ступеня

Об'єм ємкості періодичної дії мішалки розраховують за формулою (3.1).

Коефіцієнт заповнення ємкості приймаємо $K=0,8$; розрахунок густини середовища ρ проводимо по формулі (3.2).

Підготовлену оливу змішуємо з присадкою у співвідношенні, рекомендованій виробником, тобто на 1 л оливи додаємо 32 мл кондиціонеру. Виходячи з отриманих результатів лабораторних досліджень, густина суміші дорівнює $\rho=910,2 \text{ кг/м}^3=0,91 \text{ т/м}^3$.

Маса суміші оливи з реагентами після першого змішувача повинна дорівнювати масі завантажених компонентів, тобто 1000 кг. Виходячи з отриманих результатів лабораторних досліджень розрахунок будемо вести виходячи з максимального виходу продукту, тобто 94 %.

Тоді маса очищеної оливи після центрифуги, що необхідна для заправки одного тепловоза, буде складати $0,94 \cdot G=0,94 \cdot 1000=940 \text{ кг}$.

При підрахунку часу циклу роботи мішалки, що дорівнює сумі тривалості загрузки компонентів для перемішування τ_3 , часу самого перемішування τ_n та вивантаження готової суміші із апарату τ_v , приймаємо наступні значення: $\tau_3=\tau_v=0,25 \text{ год.}$, $\tau_n=0,5 \text{ год.}$, тому $\tau_{\text{ц}}=0,25+0,5+0,25=1 \text{ год}$.

Продуктивність апарату приймаємо такою, що дорівнює 940 кг за 1 годину; тоді $G_{\text{доб}}=22560 \text{ кг/доб.}=22,56 \text{ т/доб.}$, тобто кількості, необхідній для заправки одного тепловоза. Тоді G за формулою (3.3) та $V_{\text{ап}}$ (3.1) дорівнюють:

$$G = \frac{22,56 \cdot 1}{24} = 0,94 \text{ т/год};$$

$$V_{\text{ап}} = \frac{0,94}{0,91 \cdot 0,8} = 1,29 \text{ м}^3.$$

Приймаємо об'єм апарату таким, що дорівнює $1,3 \text{ м}^3$.

Тоді загальний об'єм ємкості мішалки $V_{\text{заг}}$ складе:

$$V_{\text{ап}}/K=1,3/0,8=1,63 \text{ м}^3.$$

Основні компоненти критеріального рівняння (3.4), яке описує процес перемішування, викладені у формулах (3.5-3.7).

Для обчислення рівняння (3.5) величини постійних A і m обирають залежно від типу мішалки; для обраної нами двохлопатевої мішалки з лопатями під кутом 45° маємо наступні характеристики:

$$A=4,05, m=0,2, H=D, b/d=0,33;$$

Приймаємо $n=80 \text{ об./хв.}=1,33 \text{ с}^{-1}$; виходячи з робочого об'єму ємкості апа-

рату приймаємо: $V = H \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 1,3 \text{ м}^3$, т.я. $H=D$, тоді:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 1,3}{3,14}} = 1,18 \text{ м, тоді } H=1,18 \text{ м.}$$

Також приймемо діаметр мішалки, що має складати $0,7$ діаметра ємкості [92] $d=0,83 \text{ м}$; $b=0,27 \text{ м}$.

Для нашого випадку n дорівнює 2 : змішуємо підготовлену оливу та кондиціонер.

В'язкість суміші дорівнює $0,045 \text{ Па} \cdot \text{с}$ (при 60°C).

Розрахуємо Re за формулою (3.6):

$$Re = \frac{910,2 \cdot 1,33 \cdot (0,83)^2}{0,045} = 18532,42$$

Розрахунок Eu проведемо за формулою (3.5):

$$\text{Тоді } Eu = \frac{4,05}{(18532,42)^{0,2}} = \frac{4,05}{7,14} = 0,57$$

Розрахуємо Fr за формулою (3.6):

$$Fr = \frac{(1,33)^2 \cdot 0,83}{9,81} = 0,15$$

Потужність, що використовує мішалка, розраховуємо за формулою (3.9):

$$N = 0,57 \cdot 910,2 \cdot (1,33)^3 \cdot (0,83)^5 = 480,79 \text{ Вт}$$

Обраній нами мішалці відповідають наступні стандартні характеристики (при $H/D=1$):

$$D/d=2;$$

$$b/d=0,885.$$

Перевіримо відповідність проведених розрахунків стандартним розмірам:

$$H/D = 1,18/1,18 = 1;$$

$$D/d = 1,18/0,83 = 1,42; \text{ тоді корегуючий коефіцієнт при } a=1,1 \text{ і } \alpha=D/d=2$$

$$F_D = \left(\frac{D}{\alpha \cdot d} \right)^a = \left(\frac{1,18}{2 \cdot 0,83} \right)^{1,1} = 0,69$$

$$b/d = 0,27/0,83 = 0,33; \text{ тоді корегуючий коефіцієнт при } k=0,3 \text{ і } \beta=b/d=0,885$$

$$F_b = \left(\frac{b}{\beta \cdot d} \right)^k = \left(\frac{0,27}{0,885 \cdot 0,83} \right)^{0,3} = 0,74$$

Значення коефіцієнтів a , α , k та β взяті відповідно до типу обраної мішалки.

Тоді приводна потужність мішалки складе:

$$N = 480,79 \cdot 0,69 \cdot 0,74 = 245,49 \text{ Вт}$$

Враховуючи загальний об'єм ємкості мішалки $V_{\text{зар}}$ загальна висота мішалки $H_{\text{зар}}$ буде дорівнювати:

$$4 \cdot V_{\text{зар}} / (\pi \cdot D^2) = 4 \cdot 1,63 / (3,14 \cdot (1,18)^2) = 1,50 \text{ м.}$$

Таким чином отримуємо мішалку з наступними розмірами :

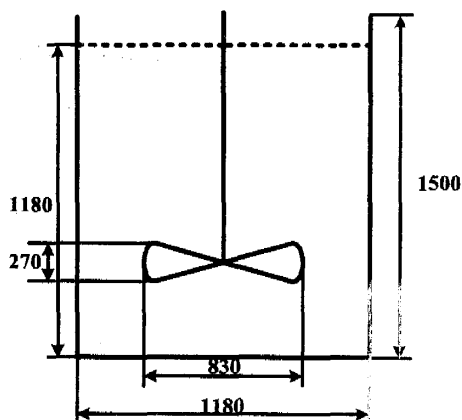
$$D=1,18 \text{ м} = 1180 \text{ мм};$$

$$d=0,83 \text{ м} = 830 \text{ мм};$$

$$H=1,18 \text{ м} = 1180 \text{ мм};$$

$$b=0,27 \text{ м} = 270 \text{ мм};$$

$$H_{\text{зар}}=1,50 \text{ м} = 1500 \text{ мм}$$



Розрахуємо пускову потужність мішалки за формулою (3.11), попередньо визначивши K за формулою (3.12):

$$K = 3,87 \cdot \frac{0,6}{0,83} = 2,80, \text{ тоді } N_n = 245,49 \cdot \frac{2,8 + 0,57}{0,57} = 1451,41 \text{ Вт}$$

Електродвигун для приводу мішалки підбираємо по значенню робочої та пускової потужностей за формулами (3.13-3.14).

Прийmemo значення $\eta=0,6$; значення потужності електродвигуна при врахуванні робочої потужності становитиме (формула (3.13)):

$$N_{\partial в} = \frac{245,49}{1000 \cdot 0,6} = 0,41 \text{ кВт}$$

Значення потужності електродвигуна при врахуванні пускової потужності становитиме (формула (3.14)):

$$N_{\partial в} = \frac{1451,41}{1000 \cdot 0,6} = 2,42 \text{ кВт}$$

3.4 Висновки до розділу 3

1. Вивчені існуючі технології та схеми регенерації відпрацьованих моторних олив на залізничному транспорті України, в результаті чого підтверджено, що ці методи мають низький ефект очистки і вихід очищеного продукту, а тому вимагають удосконалення.

2. Запропонована реагентна схема поводження з відпрацьованими оливами після відбракування, яка включає їх підігрів, змішування з реагентами, центрифугування та змішування з присадками.

3. Схема має два напрямки реалізації: перший - для отримання малих кількостей оливи, які поступово будуть накопичуватись у спеціальному резервуарі для зберігання на території окремих лінійних підрозділів залізниць для їх внутрішніх потреб; другий - для значних кількостей відновленої оливи в умовах роботи великих оливорегенераційних станцій, які обслуговують значну кількість підприємств.

4. Підібране та розраховане обладнання для запропонованої схеми, а саме змішувачей двох ступенів та центрифуг, які забезпечать раціональну та ефективно роботу запропонованої схеми.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОЇ ЗАГАЛЬНОЇ СХЕМИ УТИЛІЗУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ШЛАМІВ ЗАЛІЗНИЦЬ

4.1 Вивчення екологічної обстановки навколо підприємств залізничної інфраструктури з точки зору утворення технологічних шламів та їх характеристика

Нафтошлами лінійних підрозділів залізниць накопичуються у стічних водах підприємств після обмивки вагонів, тепловозів та їх деталей, тому найбільша їх кількість утворюється у вагонних і пасажирських депо залізниць, т. я. саме тут проводять обмивку рухомого складу при проведенні ремонтних робіт.

Наприклад, утворення шламів може іти при проведенні великого періодичного ремонту рухомого складу ТР-2, який виконується в спеціальних цехах ремонтно-експлуатаційних депо. При цьому виді ремонту виконується піднімання кузова, викочування візка, розбирання окремих вузлів, знімання кожухів і кришок, фарбування тепловозів, фарбування кузовів електровозів, а також промивка деталей. Також утворення нафтошламів йде і при підйомному ремонті ТР-3. У цьому випадку виконується зняття тягових двигунів, викочування колісних пар, демонтаж і розбирання вузлів для надійної перевірки й ремонту, пофарбування внутрішньої й зовнішньої поверхні з попередньою обов'язковою ретельною промивкою [127-129].

Наприклад, утворенням шламів супроводжується робота візкової, колісної, редукторної дільниць депо, де здійснюється мийка машин, букс, колісних пар, редукторів.

З динаміки утворення нафтовміщуючих відходів Придніпровської залізниці, що наведена у третьому підрозділі розділу 2 (рис. 2.1, 2.4, 2.5), видно що на підприємствах різних служб щорічно утворюється в межах 6-9 тон технологічних шламів. Якщо дивитись по процентному співвідношенню, то можна побачити, що вагому частину (майже 40 %) вони займають серед загального об'єму відходів пасажирської служби.

Зовні промислові відходи технологічних шламів представляють собою масу коричневого кольору, що має грудкувату структуру. Найчастіше технологічні шлами відносяться до третього класу небезпечності і являються помірно небезпечними. У таблиці 4.1 наведені результати хімічного аналізу технологічних шламів Дніпропетровського пасажирського депо ЛВЧД-1, що проводився у ліцензованій спеціалізованій лабораторії Державного управління охорони навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області.

Таблиця 4.1 - Аналіз технологічного шламу ЛВЧД-1

Форма присутності	Вміст металу, мг/кг, клас небезпечності								
	Pb (1)	Cd (1)	Zn (2)	Ni (2)	Cu (2)	Cr (2)	Co (2)	Mn (3)	Оливи та нафтопродукти
Валова	37	0	23,8	13	5	10	0	8,8	528046
Рухома	0	0	6,2	3,5	2	0	0	3,5	-
Водорозчинна	0	0	0,4	1,3	0,5	0	0	0	-
Розчинність, г/100 г	0	0	13	1,2	1	0	0	0	0,002
Вміст у відходах, кг/т	0,037	0	0,023	0,013	0,005	0,01	0	0,008	500
	ГДК ґрунтів								
Валова	32	-	-	-	-	-	-	1500	-
Рухома	-	0,5	23	4	3	6	5	-	-

При проведенні досліджень для визначення важких металів використовувався метод атомно-абсорбційної спектроскопії; для визначення нафтопродуктів – хроматографії. За результатами аналізів нафтошлам було віднесено до відходів третього класу токсичності, тобто до помірно небезпечних [130, 131].

На сьогодні технологічні шлами накопичуються на підприємствах залізниці і згодом передаються по договорах іншим організаціям для утилізуванню.

4.2 Підбір основної апаратури та реагентів для утилізуваннн нафтошламів

Одним із найбільш розповсюджених способів утилізуваннн нафтошламів є такий термічний метод, як спалюваннн. Проте технологічні шлами є обмежено горючими речовинами, тому їх спалюваннн можна проводити лише при використанні додаткової кількості палива. Наприклад, для підприємств залізничного транспорту пропонується їх спалюваннн при змішуванні з твердим паливом у топках стаціонарних паровозів, які розташовані на території депо. Попіл, що залишається після спалюваннн рекомендується, перевіряти на присутність важких металів.

Проте такі технології є низькопродуктивними, енергетично та фінансово витратними через високу ціну котлоагрегатів, крім того доводиться встановлювати додаткове високовартісне обладнання для очистки викидів в атмосферне повітря; вони не дозволяють здійснити повну переробку і утилізуваннн нафтошламів і не забезпечують екологічну безпеку для навколишнього середовища

При виборі технології утилізуваннн технологічних шламів слід взяти до уваги періодичність утворення цих відходів, їх обмежену кількість, значну витрату додаткового палива, що буде підтримувати процес горіння. Саме тому для врахування цих особливостей шламів залізничних підприємств нами пропонується використовувати значно дешевші механічні методи. Наприклад, встановлювати у депо декантери різних конструкцій залежно від загального складу шламів і складу кожної з його основних частин: вуглеводневмісної частини, води і механічних домішок.

Декантер являє собою центрифугу з цифровим конвеєром (рис. 4.1). Ротор складається з конічних та циліндричних барабанних частин, шнекового конвеєра і труби механізму подачі. Такий прилад розділяє забруднені нафти, а також нафтошлами різного походження на вуглеводневу фазу з відділенням води і твердих сполук [132].

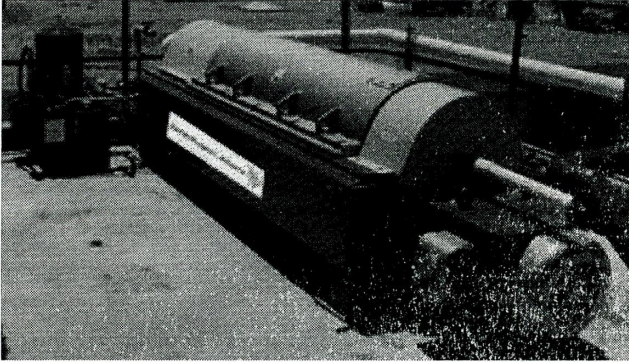


Рисунок 4.1 - Трифазна декантер-центрифуга для переробки нафтошламу ZA 18-4 [132]

Процес відбувається за рахунок розділення суміші на три фази на основі різниці їх щільності із застосуванням різних діапазонів високих швидкостей і обертаючих моментів. Сировина (забруднені нафтопродукти) подається через трубу механізму подачі у частину шнекового конвеєра, що обертається, де під дією відцентрової сили відбувається її розподіл на

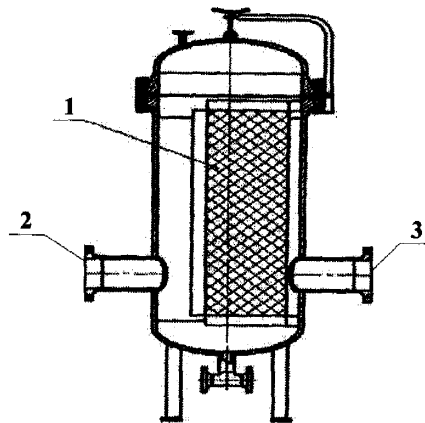
освітлений продукт (фугат) і осад. Фугат виводиться з циліндричної частини ротора, а осад за рахунок різниці швидкостей шнека і ротора надходить у конічну частину, де відбувається його зневоднення. Зневоднений осад вивантажується у вузькому кінці конічної частини через спеціальні порти. Управління декантером здійснюється з виносного пульта управління. Також виробниками зазначається, що при несанкціонованому відключенні вентилятора горіння підтримується за рахунок природної тяги.

Такі установки забезпечують спалювання нафтопродуктів у стандартній тарі, можливість утилізування відходів безпосередньо на місці їх утворення на спеціально виділеному майданчику того чи іншого депо. Окремо треба зазначити більш високу якість спалювання в порівнянні з відкритим спалюванням, високий рівень вибухобезпеки за рахунок інтенсивної продувки камери згоряння.

Так як нафтошлами залізничних підприємств достатньо обводнені, адже являють собою відхід від обмивки рухомого складу, їх не потрібно додатково розбавляти водою для зниження процентного вмісту механічних домішок. Рекомендується використовувати декантери зі шнеком, що має покриття зі спеціальним захистом, наприклад, із кераміки або карбїду вольфраму.

Такі заходи обумовлені присутністю у технологічних шламах так званих «жорстких» механічних домішок (піску, окалини, металевої стружки і т. і.), які

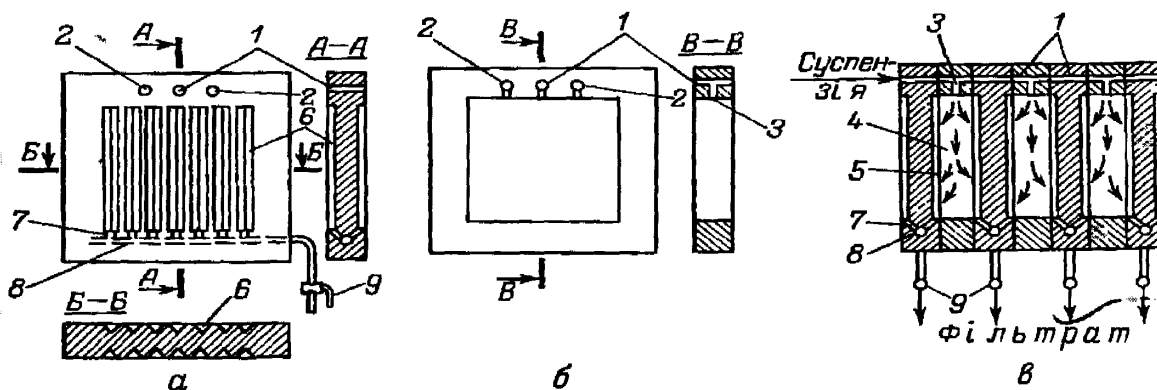
У якості фільтра грубого очищення можемо використовувати звичайні сіткові фільтри (рис. 4.3). Для отримання продукту з більшим процентом освітлення пропонується використовувати фільтри періодичної дії, наприклад, фільтрпреси (рис. 4.4) [117, 119].



Фільтрпреси мають такі переваги, як значна поверхня фільтрації, проста конструкція, можливість відключення окремих непрацюючих плит.

1 - елемент, через який фільтрується забруднена рідина; 2 - вхід рідини; 3 - вихід рідини

Рисунок 4.4 - Сітковий фільтр



а - плита; б - рама; в - вигляд у зібраному вигляді; 1 - отвори для подачі суспензії; 2 - отвори для подачі промивної рідини; 3 - відвідні канали для проходження суспензії у середину рами; 4 - внутрішній простір рам; 5 - фільтрувальна перегородка; 6 - рифлення плит; 7 - канали для виходу фільтрату (на стадії фільтрації) та промивної рідини (на стадії промивки осаду); 8 - центральні канали для збору фільтрату та промивної рідини; 9 - крани на лініях виходу фільтрату та промивної рідини

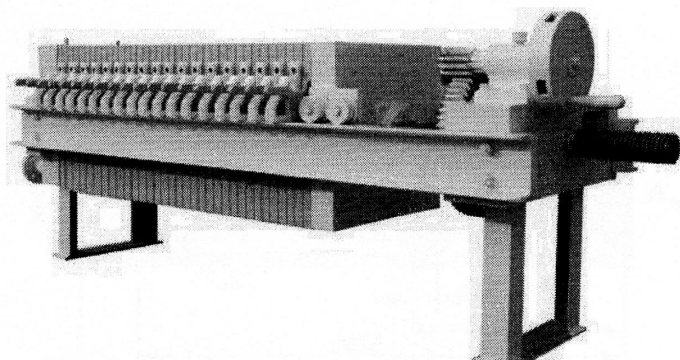
Рисунок 4.4 - Фільтрпрес [117]

Такий недолік як ручне обслуговування, що викликає затримки у роботі, не є значним для підприємств залізниці через невеликі об'єми утворення шламів. Наприклад, можна запропонувати для впровадження звичайні рамні фільтрпреси загальнопромислового призначення виробництва ТОВ «УК «Проммаштехнологія» з ручним затисканням та боковим підвішуванням фільтрувальних плит

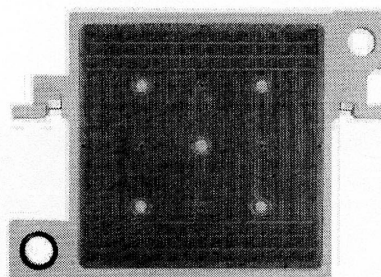
і рам та площею фільтрації від 4 до 250 м² (рис. 4.5). Розміри плит, кількість камер і відповідно площу фільтрації можна підібрати відповідно до кількості шламів, що будуть оброблятися (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2 - Технічні характеристики деяких рамних фільтрпресів ТОВ «УК «Проммаштехнологія»

Розмір плит, мм	Площа фільтрації, м ²	Об'єм фільтру, м ³	Кількість камер	Товщина осаду, мм	Габарити, мм	Маса, кг
500x500	4	0,065	11	30	1970x700x725	850
500x500	10	0,162	26	30	2870x700x725	1240
500x500	12	0,194	31	30	3170x700x725	1370
630x630	15	0,226	20	30	3180x1010x1060	2560
630x630	40	0,595	51	30	5130x1010x1060	4060
800x800	20	0,287	20	30	3570x1230x1160	2710
800x800	70	1,059	70	30	6810x1230x1160	4390
800x800	80	1,210	80	30	7460x1230x1160	4750
900x900	40	0,63	32	32	4320x1360x1280	3730
900x900	80	1,27	63	32	6390x1360x1280	5160
1000x1000	50	0,95	32	38	5240x1460x1360	5000
1000x1000	120	2,23	75	38	8380x1460x1360	7030
1250x1250	120	1,79	46	30	6610x1770x1620	9500
1250x1250	250	3,73	95	30	9790x1770x1620	13050



а)



б)

а - фільтрпрес; б - фільтрувальна плита

Рисунок 4.5 - Рамний фільтрпрес

У якості теплообмінника можна запропонувати, наприклад, кожухотрубчасті теплообмінні апарати з U-подібними трубами (рис. 4.6).

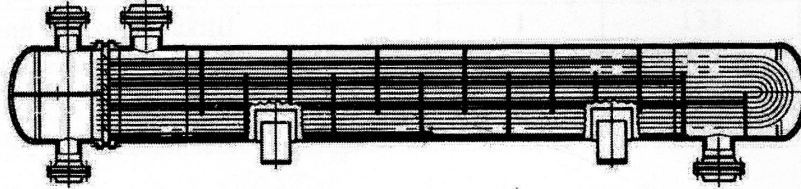


Рисунок 4.6 - Кожухотрубчастий теплообмінник

Широкий літературний пошук дозволив у якості декантера запропонувати сучасну горизонтальну центрифугу зі шнековим вивантаженням осаду РГШ-352к-01 виробництва ВАТ «Сумське НВП ім. М. В. Фрунзе», призначену для розділення трьохкомпонентних сумішей, у тому числі технологічних шламів (рис. 4.7, 4.8, таблиця 4.3). Технічні характеристики центрифуги наведені в таблиці 4.4 [126].

Центрифуга має дискретне регулювання рівня завантаження (зони сушіння) ротору. Конструкція центрифуги забезпечує відведення (з регулюванням потужності під час роботи) легкого компоненту під напором. Система автоматики забезпечує плавний пуск та регулювання швидкості обертання як основного приводу, так і приводу обертання транспортуючого шнеку.

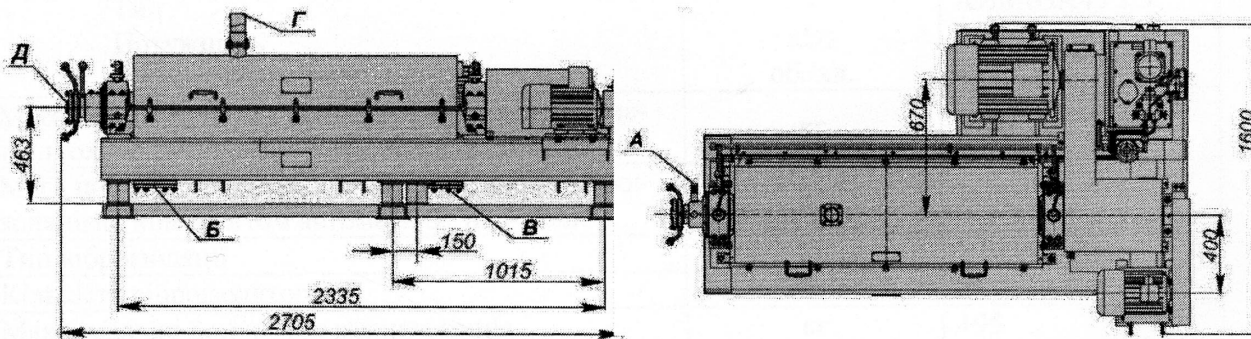


Рисунок 4.7 - Загальний вигляд центрифуги зі шнековим вивантаженням осаду марки РГШ-352к-01

Таблиця 4.3 - Штуцери центрифуги марки РГШ-352к-01

Позначення на рис. 4.3	Призначення штуцера	Кількість	Прохід умовний Ду, мм	Тиск умовний Ру, МПа
А	Злив легкої фракції	1	25	0,1
Б	Злив важкої фракції	1	133	-
В	Вивантаження осаду	1	450x173	-
Г	Відсмоктування нафтових парів	1	68	0,01
Д	Подача суспензії реагентів	1	50	0,05

Таблиця 4.4 - Технічні характеристики центрифуги марки РГШ-352к-01

Критерій	Одиниці вимірювання	Значення
Діаметр ротора внутрішній (найбільший)	мм	350
Відношення робочої довжини ротору до внутрішнього максимального діаметру	-	4
Частота обертання ротору n (максимальна)	об./хв.	3600
Фактор розділення Ф (при максимальній n)	-	3127
Радіус зливу (змінний)	мм	122,5; 127,5; 132,5; 137,5; 102,5; 107,5; 112,5; 117,5
Відносна частота обертання шнеку	об./хв.	10
Електродвигун: Тип Потужність Частота обертання	- кВт об./хв.	АИММ180М2У2,5 5,5 3000
Двигун додаткового приводу центрифуги: Тип Потужність Частота обертання	- кВт об./хв.	АИММ100L2У2,5 30 3000
Двигун оливантації: Тип Потужність Частота обертання	- кВт об./хв.	АИМ63А4У2,5 0,25 1500
Маса центрифуги без приводу, віброізоляції, системи охолодження, трубопроводів, не більше	кг	1700
Маса центрифуги у комплекті з приводом, віброізоляцією, комплектом автоматики, не більше	кг	1800
Тип віброізоляції	-	УВЦр
Кількість віброізоляторів	шт.	9
Максимально допустиме завантаження	кг	195
Статичне навантаження на будівельну конструкцію	Н	18000
Вертикальне динамічне навантаження на будівельну конструкцію, не більше	Н	200
Маса центрифуги з віброізоляцією	кг	8700

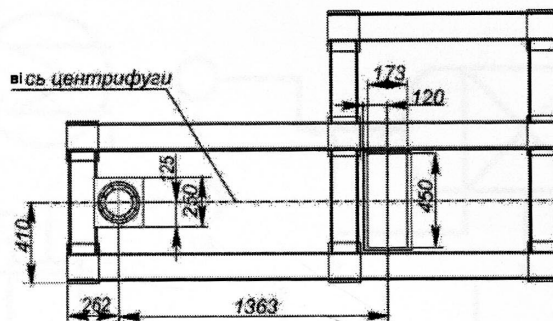
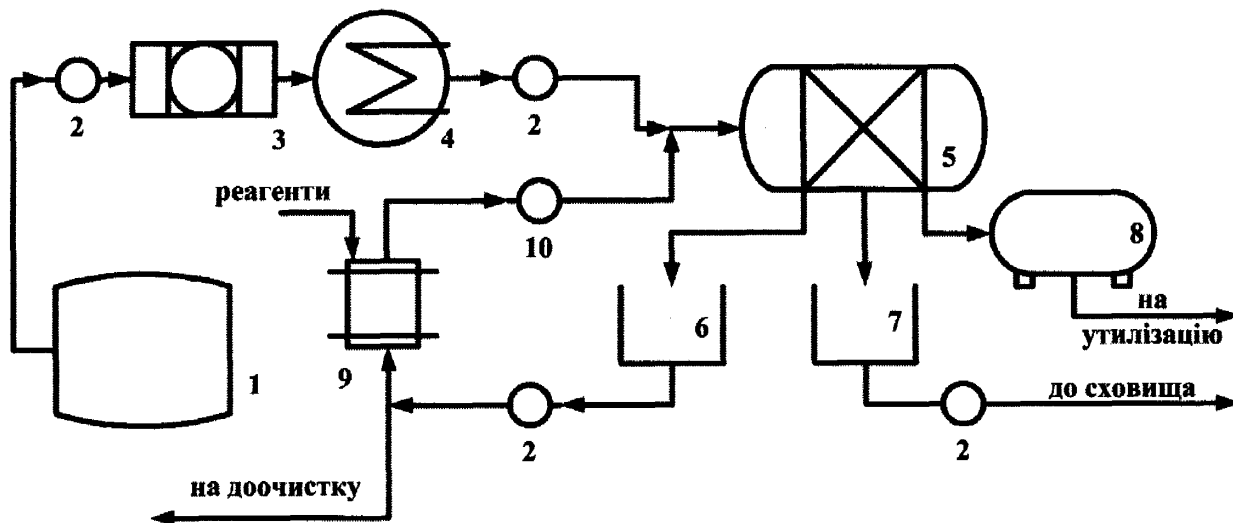


Рисунок 4.8 - План розташування бункерів вивантаження центрифуги марки РГШ-352к-01

Центрифуга має захист від абразивного зношування витків шнеку, вікон вивантаження і ротора. Матеріал захисту від абразивного зношування ТН-20. Частина, що безпосередньо контактує із сировиною, виготовлені зі сталі 12Х18Н10Т. У конструкції передбачена подача деемульгатора (або інших реагентів), відведення (при необхідності) парів з кожуха центрифуги. Тобто додатково можливо використовувати реагенти, які сприяли б швидшій водовіддачі, агломерації часток шламової суміші і їх осадженню. Так як реагенти-флокулянти можна вводити у декантер, їх приготування можна проводити безпосередньо перед подачею до центрифуги, використовуючи воду, що утворюється після розділення нафтошламу. Тоді загальна схема переробки нафтошламів прийме вигляд (рис. 4.9) [133].

Практичні дослідження показують, що для оптимального розділення трьох фаз технологічних шламів потрібні різні типи флокулянтів для кожного конкретного випадку. Залежно від типу устаткування, що використовується для обробки нафтошламів (центрифуг, фільтрпресів, вакуум-фільтрів) підбирається найбільш прийнятний тип реагентів і використовується в подальшій обробці.

Із досвіду застосування катіонні флокулянти найефективніше діють на органічні сполуки, тоді як аніонні більш прийнятні для неорганічних речовин. У зв'язку з різноманітністю складу і властивостей шламів, підбір ефективних флокулянтів у кожному окремому випадку повинен проводитися за попередніх лабораторних і дослідно-промислових випробуваннях [134].



1 - резервуар для зберігання нафтошламів; 2 - насоси; 3 - фільтр грубого очищення; 4 - теплообмінник; 5 - декантер-центрифуга; 6 - тара для збирання води; 7 - тара для збирання фуґату (вуглеводнів); 8 - тара для збирання осаду; 9 - тара для приготування реагентів; 10 – насос-дозатор для подачі реагентів

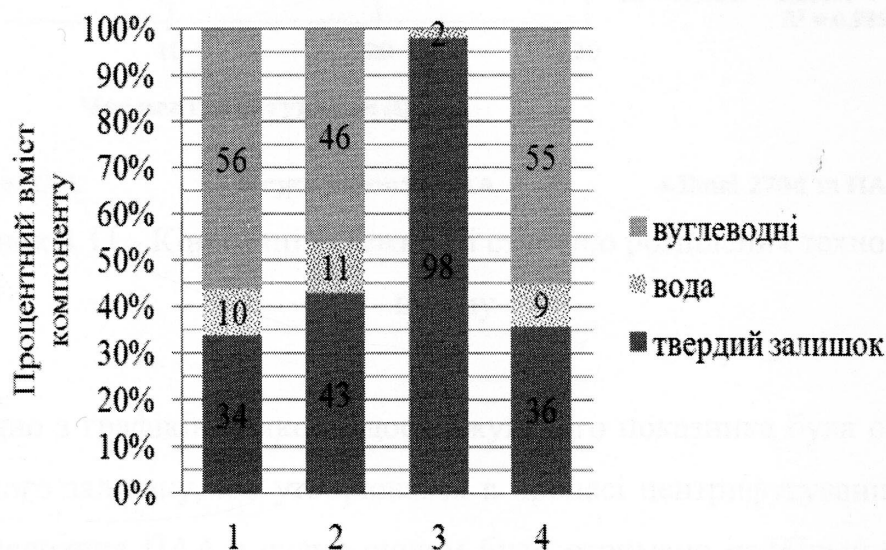
Рисунок 4.9 - Принципова схема реагентної переробки нафтошламу із застосуванням декантера і теплообмінника

Наприклад, широко відомі такі флокулянти, як ФТ-410, ПТ-506, флокулянти марки Zetag-89, поліакриламід технічний (ПАА) та ін. Так катіонний флокулянт Zetag-89 на водній основі виробництва швейцарської фірми Ciba Specialty Chemicals використовується в нафтопереробній промисловості в процесі зневоднення нафтошламів при витраті 2 кг на тону сухого залишку [135].

Відомі результати досліджень можливості очищення шламів у присутності флокулянтів марок Zetag-89, Praestol 853 і поліакриламіду при дозуванні 10 г на тону шламу. Отримані результати показали, що при малих витратах флокулянта можна досить чітко відокремити механічні домішки від нафтопродуктів. Вміст нафтопродуктів в нижньому шарі-осаді із застосуванням флокулянтів марок Zetag-89 і Praestol 853 склало 6-10 %, а в осаді без застосування флокулянтів – 18 % [134].

У якості реагентів-флокулянтів нами випробувані поверхнево-активні речовини (сульфонол, неонол АФ 9-12, кокамідопропілбетаїн) у поєднанні з класичним реагентом поліакриламідом (ПАА), що широко застосовується для роз-

ділення нафтошламів, для пришвидшення дії останнього. Випробування проходило наступним чином: технологічний шлам нагрівали до температури 85°C; додавали ПАА у кількості 1 % за масою і перемішували протягом 5 хвилин; додавали поверхнево-активну речовину у тій самій кількості, що і поліакриламід, перемішували 5 хвилин; суміш центрифугували протягом 30 хвилин зі швидкістю 3000 об./хв.; далі спостерігали за розділенням суміші (рис. 4.10).



1 – ПАА; 2 – сульфонол з ПАА; 3 - неонол АФ 9-12 з ПАА; 4 - кокамідопропілбетаїн з ПАА

Рисунок 4.10 - Залежність ступеня розділення технологічного шламу на фракції після додавання різних поверхнево-активних речовин та поліакриламід

Як видно з рисунку, найкращий результат, тобто ефективне розділення суміші на три фракції – твердий залишок, воду, вуглеводні, був отриманий при поєднанні поліакриламід з сульфонолом. Тому нами пропонується використовувати флокулянти поліакриламід у поєднанні з сульфонолом (пасти марки «технічний»), у кількості 1 % за масою кожного [133].

Також були отримані кінетичні залежності ступеню розділення технологічного шламу на фракції (рис. 4.11).

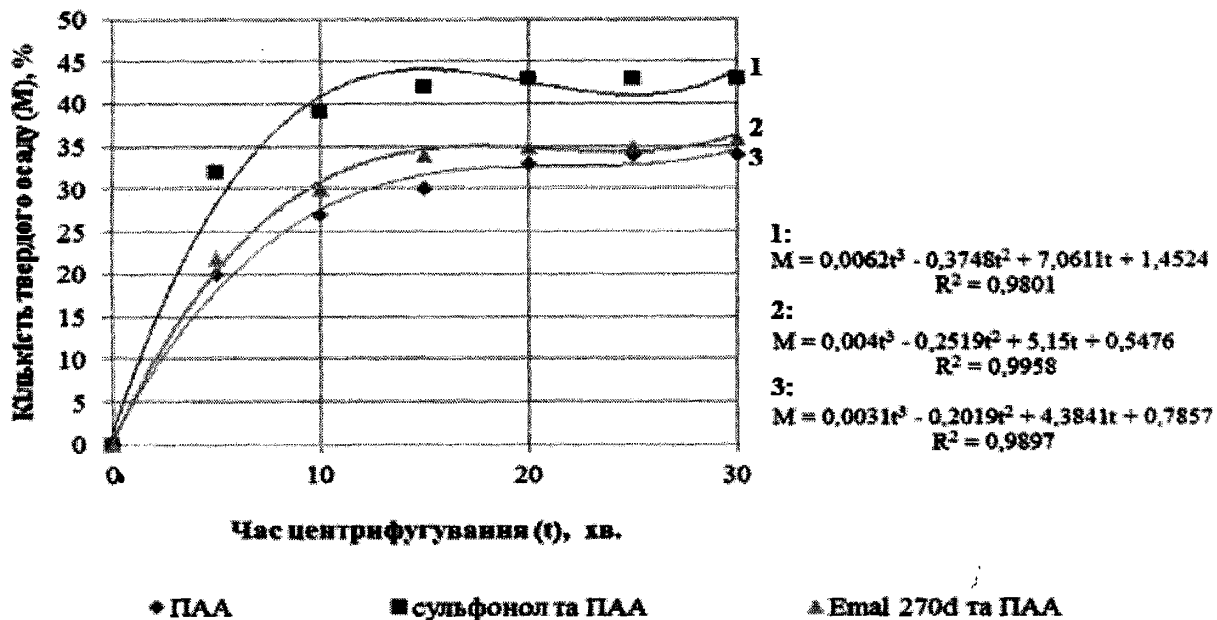


Рисунок 4.11 - Кінетичні залежності ступеню розділення технологічного шламу

Як видно з графіків, у якості досліджуваного показника була обрана кількість твердого залишку, що утворювався в процесі центрифугування. Так як у випадку поєднання ПАА з сульфанолом було отримано найбільш якісно очищені продукти (вуглеводні та воду), адже вони містила найменшу кількість мінеральних та інших домішок, нами пропонується використовувати флокулянти поліакриламід у поєднанні з сульфанолом (пасти марки «технічний»), у кількості 1 % за масою кожного.

Вода, що залишається після очищення нафтошламів, відправляється на доочистку і згодом може бути використана, як було вже зазначено вище, для приготування розчину реагентів, включена до технологічного циклу підприємства у якості технічної або скинута у водні об'єкти.

Для позбавлення від осаду зі значним вмістом механічних домішок, важких металів зазвичай пропонується декілька варіантів: їх утилізування на полігоні; спалення; поступове їх розкладання за допомогою біологічно активних сорбентів на спеціально підготовлених майданчиках.

В умовах депо можливе поступове накопичення та вивезення таких відходів на полігон для утилізування.

4.3 Висновки до розділу 4

1. Досліджені технологічні процеси, в результаті яких утворюються відходи технологічних шламів. Проаналізовано їх склад та властивості і в результаті виявлено, що вони містять такі небезпечні компоненти, як важкі метали, що підтвердило їх приналежність до третього класу небезпеки і необхідність їх детального вивчення.

2. Запропоновано принципову схему реагентної переробки нафтошламу із застосуванням декантера і теплообмінника, що забезпечує отримання очищених продуктів (вуглеводнів та води), які можна використати у технологічних процесах підприємства.

3. Проведено експериментальні дослідження щодо підбору реагентів-флокулянтів. Зокрема, найкращого результату, тобто ефективного розділення суміші на три фракції – твердий залишок, воду, вуглеводні, було отримано при поєднанні реагентів поліакриламідів та сульфоналу у кількості 1 % за масою кожного.

4. Отримані кінетичні залежності ступеню розділення технологічного шламу, що підтвердили правильність вибору реагентів та надали можливості оптимізації та прогнозування процесу розділення і очистки нафтошламів.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ ПРИРОДООХОРОННИХ ЗАХОДІВ

5.1 Техніко-економічний розрахунок обладнання

5.1.1 Розрахунок складових загальної схеми відновлення відпрацьованих моторних олив

На структурних підрозділах залізниць у технологічних процесах використовується значна кількість нафтовмісних матеріалів. Це бензини, дизельні палива, мастила, мастильно-охолоджуючі рідини, моторні, компресорні, трансформаторні, осьові оливи різних марок та ін. В результаті залізничні підприємства стають джерелами утворення значної кількості нафтовмісних відходів. На рис. 5.1 наведена еколого-хіммотологічна схема поводження з нафтопродуктами на залізницях на прикладі моторних олив локомотивних депо [111].

Нами для підвищення екологічності використання відпрацьованих моторних олив залізниць запропонована схема відновлення відпрацьованих олив марки М-14В₂ та отримання промивної рідини для оливних систем тепловозів на базі відпрацьованої оливи М-14Г₂ЦС. Запропоновані заходи мінімізують кількість відходів, знизять навантаження на навколишнє природне середовище відпрацьованих олив (відходів третього класу токсичності) та дозволять отримати певний економічний ефект.

Основні складові запропонованої схеми це ємкість-усереднювач, ємкості для зберігання основних реагентів, два змішувачі, центрифуга, насоси-дозатори, нафтошламонакопичувач.

Розрахунок проведемо для двох варіантів: для отримання малих кількостей оливи та для значних кількостей відновленої оливи в умовах роботи великих оливорегенераційних станцій.

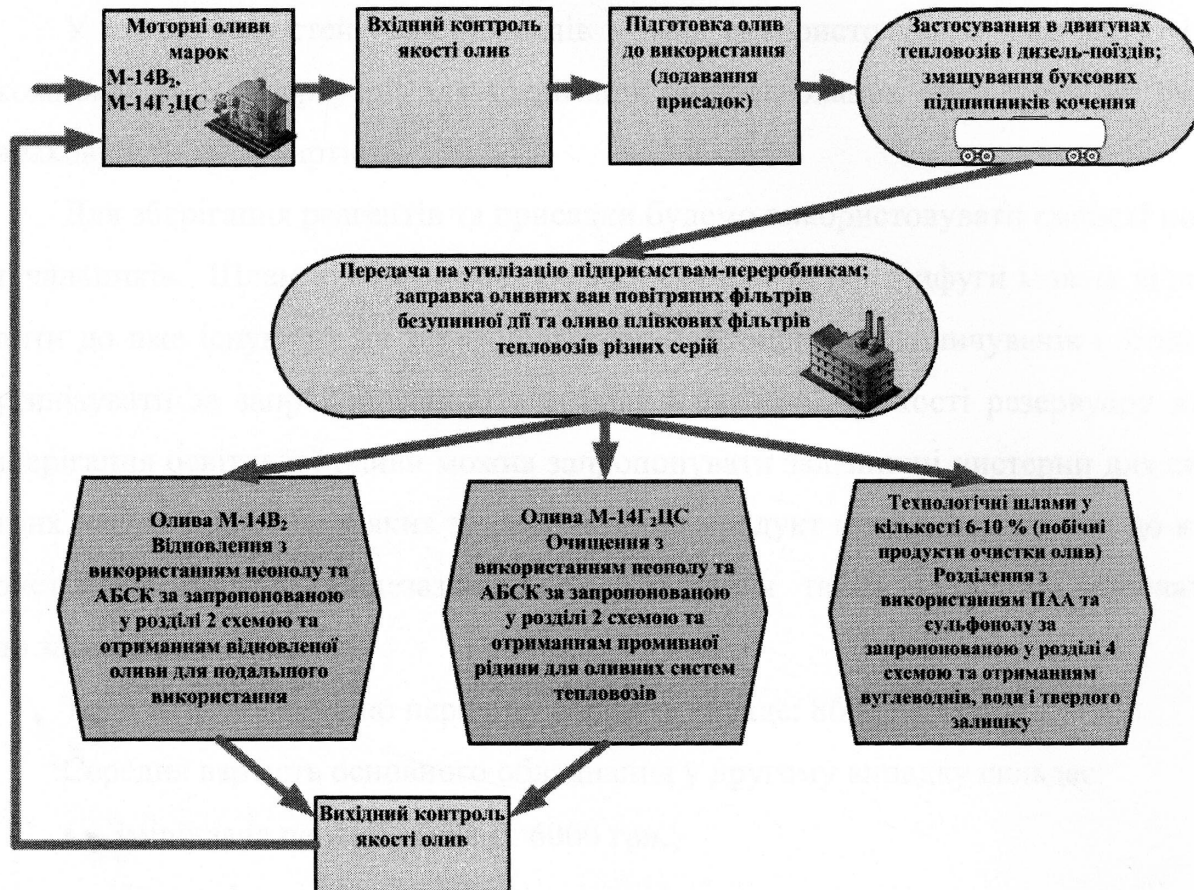


Рисунок 5.1 - Функціональна еколого-хіммотологічна схема поводження з нафтопродуктами на залізничному транспорті

Середня вартість основного обладнання у першому випадку складає:

- Змішувача першої ступені: 5000 грн.;
- Центрифуги: 800 тис. грн.;
- Змішувача другої ступені: 4000 грн.;
- Насоса для перекачування рідин з одного резервуару до іншого: 7 тис. грн.; врахуємо, що відповідно до запропонованої у розділі 3 схемі необхідно встановити 3 таких насоси, тоді вартість складе 21 тис. грн.;
- Насоса-дозатора: 10 тис. грн.; врахуємо, що відповідно до запропонованої у розділі 3 схемі необхідно встановити 3 насоси дозатори (для АБСК, неону, присадки), тоді вартість складе 30 тис. грн..

У якості ємкостей-усереднювачів можна використовувати вже існуючі в кожному депо резервуари для зберігання відпрацьованих олив, тому не буде враховувати їхню вартість.

Для зберігання реагентів та присадки будемо використовувати ємкості поставальників. Шлам від змішувача першої ступені та центрифуги можна відводити до вже існуючих на територіях депо нафтошлямонакопичувачів і згодом утилізувати за запропонованою у розділі 4 схемою. У якості резервуару для зберігання освітленої оливи можна запропонувати залізничні цистерни для світлих нафтопродуктів, у яких згодом готовий продукт можна перевозити до користувачів. Вартість вищезазначеного обладнання також не будемо включати до загальних витрат.

Тоді загальна сума по першому варіанту складе: 860 тис. грн..

Середня вартість основного обладнання у другому випадку складає:

- Змішувача першої ступені: 6000 грн.;
- Центрифуги: 800 тис. грн.;
- Змішувача другої ступені: 5500 грн.;
- Насоса для перекачування рідин з одного резервуару до іншого: 7 тис. грн.; врахуємо, що відповідно до запропонованої у розділі 3 схемі необхідно встановити 3 таких насоси, тоді вартість складе 21 тис. грн.;

- Насоса-дозатора: 10 тис. грн.; врахуємо, що відповідно до запропонованої у розділі 3 схемі необхідно встановити 3 насоси дозатори (для АБСК, неону, присадки), тоді вартість складе 30 тис. грн..

Тоді загальна сума по другому варіанту складе: 862,5 тис. грн..

Крім того, витрати на реагенти для відновлення 1 тони відпрацьованої оливи складуть суму вартостей:

АБСК: при необхідній кількості 1 % по масі на 1 т використовується 10 кг реагента, тоді при вартості 11 грн/кг отримуємо – $10 \text{ кг} \cdot 11 \text{ грн/кг} = 110 \text{ грн}$;

Неону: при необхідній кількості 2,7 % по масі для оливи М-14В₂ (2,0 % для М-14Г₂ЦС) на 1 т використовується 27 (20) кг реагенту, тоді при вартості

12,6 грн/кг отримуємо – $27 \text{ кг} \cdot 12,6 \text{ грн/кг} = 340,2 \text{ грн}$ ($20 \text{ кг} \cdot 12,6 \text{ грн/кг} = 252 \text{ грн}$);

Присадки: при необхідній кількості 32 мл на 1 л оливи (тобто 0,91 кг), тобто на 1 т буде використано 35,16 л кондиціонеру; тоді при вартості 165,6 грн/л отримуємо – $35,16 \text{ л} \cdot 165,6 \text{ грн/л} = 5822,50 \text{ грн}$;

Тоді сума складатиме 6272,70 грн для оливи М-14В₂ і 6184,50 грн для оливи М-14Г₂ЦС.

5.1.2 Розрахунок складових загальної схеми утилізування технологічних шламів та осадів

Основні складові запропонованої схеми це резервуар-накопичувач нафтошламу, фільтр грубого очищення, теплообмінник, декантер-центрифуга, насоси, ємкості для збирання побічних продуктів, ємкості для приготування реагентів. Середня вартість основного обладнання по запропонованій схемі складає:

- Фільтра грубого очищення: 40 тис. грн..;
- Теплообмінника: 10 тис. грн..;
- Декантера-центрифуги: 700 тис. грн..;
- Насоса для перекачування рідин з одного резервуару до іншого: 7 тис. грн.; врахуємо, що відповідно до запропонованої у розділі 4 схеми необхідно встановити 4 таких насоси, тоді вартість складе 28 тис. грн..;
- Насоса-дозатора: 10 тис. грн..; відповідно до запропонованої у розділі 4 схеми необхідно встановити 1 насос (для флокулянтів), тоді вартість складе 10 тис. грн..

У якості накопичувача можна використовувати вже існуючі в кожному депозитарії резервуари для зберігання технологічних шламів, тому не буде враховувати їхню вартість.

Для приготування реагентів будемо використовувати ємкості постачальників. У якості резервуару для збирання осаду можна запропонувати залізничні цистерни для темних нафтопродуктів, у яких згодом отриманий відхід можна

перевозити до місць утилізування. Вартість цього обладнання, а також ємкості для збирання води не будемо включати до загальних витрат. У ємкості немає необхідності, так як таку воду планується використовувати для приготування розчину реагентів.

Тоді загальна сума по всій схемі складе: 788 тис. грн..

Крім того, витрати на реагенти-флокулянти для 1 тони технологічного шламу складуть:

при необхідній кількості 1 % по масі на 1 т використовується по 10 кг сульфонулу марки Б та поліакриламід у кожного; тоді при вартості першого 10 грн/кг отримуємо – $10 \text{ кг} \cdot 10 \text{ грн/кг} = 100 \text{ грн}$; при вартості другого 30 грн/кг отримуємо – $10 \text{ кг} \cdot 30 \text{ грн/кг} = 300 \text{ грн}$; всього 400 грн.

Тоді сума складатиме 1188 тис. грн..

5.2 Розрахунок еколого-економічних збитків від антропогенного впливу на довкілля

Під економічним збитком від порушення природного середовища [136, 137] слід розуміти виражені у вартісній формі фактичні і можливі втрати, заподіяні економічним суб'єктам внаслідок екодеструктивного впливу, а також додаткові витрати на компенсацію цих збитків.

З урахуванням розглянутих факторів розрахунок величини еколого-економічного збитку зводиться до визначення трьох основних складових: втраченої, недовиробленої і компенсаційної. У господарських розрахунках звичайно використовуються ще два поняття: можливого і відверненого збитків. Можливий (очікуваний) збиток - це умовне теоретичне значення збитку, Що очікується в перспективі чи в передбачуваному стані забруднення навколишнього середовища. Відвернений збиток утворюється за рахунок величини ліквідованого збитку, який реально виникає завдяки здійсненню очисних заходів або планується (існує на розрахунковому рівні) як умовний результат їх проектування.

Оснoву визначення вихідної величини економічного збитку і розрахунку питoмих збитків становлять так званий метод прямого обліку, що базується на порівнянні показників забрудненого й умовно чистого (контрольного) районів, а також аналітичний метод, суть якого полягає в отриманні математичних залежностей (наприклад, за допомогою методів кореляційного чи регресивного аналізу) між показниками функціонування відповідної системи (промислового виробництва, комунального господарства, сільського господарства та ін.) і рівнем забруднення навколишнього середовища.

У загальному вигляді розрахунковий принцип визначення збитку можна виразити формулою:

$$Y = \sum_{i=1}^n K_i \cdot y(x_i), \quad (5.1)$$

де Y - збиток, що завдається народному господарству забрудненням атмосфери;

i - та сфера народного господарства, у якій визначається збиток (охорона здоров'я, комунальне, сільське і лісове господарство, промисловість);

K - кількість одиниць основного розрахункового елемента факторів сприйняття досліджуваної сфери народного господарства, що потрапляє в зону забруднення (1 тис. чоловік - для охорони здоров'я, 1 га - для сільського і лісового господарства, 1 млн. грн.. основних фондів - для промисловості);

$y(x)$ - питомий збиток, що завдається одиниці основного розрахункового елемента в економічній сфері при рівні забруднення атмосфери (x_i).

Однак зазначені оцінки не дають змоги враховувати екологічні фактори при розв'язанні другої частини проблеми: вони не торкаються можливостей оптимізації ресурсоспоживання. Але це передбачає вибір альтернативних ресурсів і політики ресурсозабезпечення (наприклад, варіантів ресурсозбереження і ресурсовиробництва), вибір технологічних стратегій виробництва ресурсу [136, 137].

Таким чином, очевидною є необхідність обліку еколого-економічних показників, пов'язаних із негативним впливом на природу попередніх процесів отримання ресурсів, що використовуються в поточних виробничих стадіях. Такі показники, віднесені до одиниці ресурсу, слід назвати екологічною ціною продукції (ресурсу, послуги, роботи).

Показники екологічної ціни характеризують своєрідну екологоемність продукції, тобто сумарні екологічні витрати суспільства, пов'язані з використанням природного середовища при виробництві і споживанні одиниці даної продукції. В екологічну ціну включаються виражені в економічній формі оцінки природних ресурсів для виробництва даної продукції і обсяг економічного збитку від порушення природного середовища на стадіях виробництва і споживання продукції. Таким чином, екологічна ціна продукції містить у собі економічну оцінку природних ресурсів, що вилучаються, та величину збитку від впливу на довкілля. За допомогою показників екологічної ціни можна порівняти позитивні ефекти виробництва і споживання даного ресурсу з тими негативними екологічними втратами, що несе суспільство.

У загальному вигляді комплексний наскрізний показник екологоемності продукції (ресурсу, послуги, роботи) може бути виражений як:

$$Y = Y_{\text{виг}} + Y_{\text{сп}} + Y_{\text{пост}}, \quad (5.2)$$

де $Y_{\text{виг}}$ - екологічна ціна виготовлення продукції, включаючи стадії видобутку, транспортування і переробки сировини, складування готової продукції, утилізування і поховання відходів виробництва;

$Y_{\text{сп}}$ - екологічна ціна споживання виготовленої продукції, включаючи її транспортування і зберігання;

$Y_{\text{пост}}$ - екологічна ціна постспоживчої стадії, тобто витрати утилізування відходів споживання продукції, їх транспортування, поховання чи переробки.

Дещо іншу роль відіграє використання показників екологічної ціни (екологоемності). Ці оцінки (за аналогією з цінами) доцільно застосовувати при роз-

в'язанні завдань, коли знеособлені (тобто не мають адресності) джерела впливу на природне середовище і регіон, у якому виробляється (споживається) продукція. Як правило, це завдання народногосподарського рівня, зокрема: вибір матеріалів для виробництва продукції і самої продукції, вибір варіантів розвитку в масштабі країни тієї чи іншої технології, оцінка ефективності економії матеріальних і енергетичних ресурсів тощо. Інакше кажучи, вирішуються одвічні питання: що виготовляти, із чого, яким чином.

Облік повного значення екологічної ціни будь-якого продукту може бути досягнутий на основі багатоетапного розрахунку. Відповідно до цього методу, наприклад, розрахунок величини збиткоємності має вигляд:

$$1. y' = y_{\text{пр}}; \quad (5.3)$$

$$2. y'' = y_{\text{пр}} + y_{\text{непр}}; \text{ при } (y') \quad (5.4)$$

$$3. y''' = y_{\text{пр}} + y_{\text{непр}}; \quad (5.5)$$

де $y_{\text{пр}}$ - збиткоємність, розрахована на основі збитку від прямих процесів впливу на середовище;

$y_{\text{непр}}$ - збиткоємність, розрахована на основі збитків від непрямих процесів впливу на середовище, тобто процесів, пов'язаних із виробництвом вихідних ресурсів (матеріальних і енергетичних), використаних при виготовленні розглянутого продукту (наданні послуг, виконанні корисної роботи) [136].

5.3 Розрахунок платежів (зборів) за розміщення відходів

Система екологічних платежів (зборів) [136, 137] в Україні виконує дві основні функції: по-перше, забезпечує збір і накопичення необхідних фінансових

коштів для реалізації заходів екологічної спрямованості; по-друге, сприяє формуванню економічних мотивів екологізації процесів виробництва і споживання виробів і послуг. При цьому ставки платежів (зборів) повинні відповідати кільком вимогам: а) враховувати основні закономірності (пропорції) впливу різних екодеструктивних факторів на економічні інтереси господарських суб'єктів; б) підтримувати рівновагу між інтересами виробників і споживачів продукції; в) враховувати загальну економічну ситуацію в країні і не викликати тотального підриву економічної системи (зокрема, масового банкрутства підприємств).

Величина зборів за розміщення відходів (Π_{pv}) визначається за формулою:

$$\Pi_{pv} = \sum_{i=1}^n (M_{li} + M_{ni} \cdot K_n) \cdot H_{bi} \cdot K_m \cdot K_o, \quad (5.6)$$

де M_{li} - обсяг відходів і-го виду в межах ліміту (відповідно до дозволів на розміщення) (т);

M_{ni} - обсяг понадлімітного розміщення відходів (різниця між обсягами фактичного розміщення і лімітом) і-ї забруднюючої речовини (т);

H_{bi} - норматив збору за тонну відходів і-го виду в рамках ліміту, у гривнях за тонну (грн/т);

K_r - коригувальний коефіцієнт, що враховує розташування місця розміщення відходів;

K_o - коригувальний коефіцієнт, що враховує облаштування місця розміщення відходів;

K_n - коефіцієнт кратності збору за понадлімітне розміщення відходів - 5.

Розрахунок збору та вибір відповідних нормативів плати та коригувальних коефіцієнтів здійснюється відповідно до вимог [138-140].

Величину зборів підрахуємо для обсягу відходу оливи, що утворилась на окремому підприємстві служби локомотивного господарства ДП «Придніпровська залізниця» ВСП «Дніпропетровське локомотивне депо» ТЧ-8 (розділ 2). Так за статистичними даними служби локомотивного господарства Придніп-

ровської залізниці у 2009 році на ТЧ-8 фактично утворилося 28,731 т цих відходів, що не перевищило ліміту відповідно до дозволів; тобто $M_{\text{н}}=28,731$ т.

При розрахунках приймемо наступні значення коефіцієнтів:

$K_{\text{т}}=1$ - як для місця, що розташоване за межами населених пунктів (на відстані більше 3 км від їх меж);

$K_{\text{о}}=1$ - як для спеціально створеного місця складування (полігону), що забезпечує захист атмосферного повітря та водних об'єктів від забруднення.

Відпрацьовані оливи відносяться до третього класу токсичності, тобто до помірно небезпечних; тому норматив збору за тону відходу складе $H_6=7,52$ грн/т [141].

Платники збору за забруднення навколишнього природного середовища проводять починаючи з 1 січня 2008 р. індексацію його нормативів за формулою:

$$H_i = H_{\text{н}} \cdot I / 100 \cdot H, \quad (5.7)$$

де H_i - проіндексований норматив збору у поточному році, гривень з копійками (з округленням до двох десяткових знаків) за 1 тону (одну одиницю);

$H_{\text{н}}$ - проіндексований норматив збору у попередньому році, гривень з копійками (з округленням до двох десяткових знаків) за 1 тону (одну одиницю);

I - індекс споживчих цін (індекс інфляції) за попередній рік, відсотків.

У разі коли індекс споживчих цін (індекс інфляції) за попередній рік не перевищує 100 відсотків, індексація нормативів збору не проводиться.

Як відомо, у 2009 році індекс інфляції склав 112,3.

Проведемо розрахунок із врахуванням I :

$$P_{\text{пс}} = 28,731 \cdot \frac{7,52 \cdot 112,3}{100} \cdot 1 \cdot 1 = 242,65 \text{ грн.}$$

5.4 Розрахунок еколого-економічної ефективності природоохоронних заходів

У вузькому розумінні природоохоронні заходи - це ті види господарської діяльності, які безпосередньо спрямовані на вирішення певних природоохоронних завдань. Як правило, подібні заходи мають одноцільову спрямованість, тобто призначені для досягнення однієї конкретної природоохоронної мети.

У широкому розумінні до середовищезахисних заходів можна віднести всі види господарської діяльності, що як прямо, так і побічно сприяють зниженню або ліквідації негативного впливу людини на довкілля.

Зокрема, серед згаданих вище природоохоронних заходів до логічно спрямованих дій у широкому розумінні належать ті, які так чи інакше підвищують загальну ефективність функціонування економічних систем. у кінцевому підсумку це обумовлює зменшення ресурсомісткості (матеріаломісткості, енерго- чи водоемності) виробництва одиниці продукції (виконання певної роботи, надання послуг). Інакше кажучи, зменшується питома потреба в зазначених ресурсах. Безпосередніми наслідками цього є відносне зменшення екологічного тиску на стадіях виробництва: зникає (або зменшується) потреба в ресурсі - зникають (або зменшуються) і негативні наслідки його виробництва. Як правило, екологічно спрямовані заходи непрямої дії мають багатоцільовий характер. Крім екологічних ефектів, вони дають можливість отримати цілу низку економічних і соціальних результатів (зокрема, зменшення виробничих та невиробничих витрат, поліпшення за рахунок цього достатку людей тощо). Подібні заходи можуть мати на меті:

- раціоналізацію розміщення підприємств;
- економію ресурсів;
- упровадження маловідходних технологічних процесів;
- зміну обсягів і структури виробництва;
- збільшення випуску екологічно чистої продукції;
- регулювання транспортних потоків та ін.

Прикладами розробки таких заходів можуть слугувати роботи [142-143].

Загальними для будь-яких заходів екологічної спрямованості є два моменти:

- по-перше, вони спрямовані на досягнення конкретного результату (соціального або економічного);
- по-друге, вони потребують витрат коштів (або інших ресурсів).

Теорія ефективності чітко розмежує поняття ефекту й ефективності, розуміючи під першим результат заходу, а під другим - співвідношення ефекту і витрат, що його викликали.

Економічний ефект - виражений у вартісній формі будь-яких дій (зокрема, зазначених вище господарських заходів).

У тому випадку, якщо згадані результати впливають не тільки на суто виробничу сферу, але й обумовлюють зміни, пов'язані з впливом на здоров'я або умови життєдіяльності людини прийнято говорити про соціально-економічний ефект. Якщо ці зміни стосуються природоохоронної сфери, використовують вираз еколого-економічний ефект.

Принциповий взаємозв'язок між зазначеними двома поняттями може бути виражений формулою:

$$E = P - Z, \quad (5.8)$$

де E - величина умовного економічного ефекту;

P - величина економічного результату;

Z - повні витрати на реалізацію заходу, завдяки якому з'явився ефект.

Для рівня підприємства показники набувають наступного змісту:

P - загальна виручка підприємства внаслідок здійснення природоохоронних заходів;

Z - витрати на реалізацію природоохоронних заходів;

E - прибуток.

Для одноцільових заходів результат можна визначити за формулою

$$P = \Delta Y, \quad (5.9)$$

Відповідно для багатоцільових заходів:

$$P = \Delta Y + \Delta BP, \quad (5.10)$$

де ΔY - ліквідований (для короткострокових) або усунений (для довгострокових) економічний збиток, грн./рік; розраховується за формулою:

$$\Delta Y = Y_1 - Y_2, \quad (5.11)$$

де Y_1, Y_2 - сумарний економічний збиток до і після проведення природоохоронних заходів;

ΔBP - приріст виробничих результатів унаслідок здійснення заходів.

З будуть розраховуватись за формулою:

$$Z = C + E_n \cdot K, \quad (5.12)$$

де C – експлуатаційні витрати;

E_n – коефіцієнт приведення одноразових вкладень до одного року – коефіцієнт дисконтування (приймається в діапазоні 0,12...0,15); у подальших розрахунках прийматимемо значення E_n таким, що дорівнює 0,15;

K – капітальні витрати, необхідні для впровадження заходу.

Якщо результати економічної діяльності перевищують витрати, говорять про позитивний ефект (підприємство отримує прибуток), в іншому разі - про негативний ефект (збитки, шкода, втрати та ін.).

Ефективність визначається відношенням результату (ефекту) до витрат, що забезпечили його отримання. Ефективність розкриває характер причинно-наслідкових зв'язків виробництва. Вона показує не сам результат, а те, якою ціною він був досягнутий. Тому ефективність найчастіше характеризується від-

носними показниками, що розраховуються на основі двох груп характеристик (параметрів) - результату і витрат. Це, втім, не виключає використання в системі показників ефективності і самих абсолютних значень вихідних параметрів.

Економічна ефективність - це вид ефективності, що характеризує результативність діяльності економічних систем (підприємств, територій, національної економіки). Головною особливістю таких систем є вартісний характер засобів (видатків, витрат) досягнення цілей (результатів), а в деяких випадках і самих цілей (зокрема, одержання прибутку).

У загальному вигляді принципова схема визначення показника ефективності може бути виражена формулою:

$$e = \frac{E}{Z}, \quad (5.13)$$

де e - показник економічної ефективності;

E - величина економічного ефекту;

Z - витрати ресурсів на забезпечення зазначеного економічного ефекту.

Однією з форм показника абсолютної економічної ефективності є термін (строк) окупності витрат (капітальних вкладень). Він характеризує період, протягом якого понесені на реалізацію заходу витрати повністю повертаються за рахунок отриманого ефекту. Термін окупності визначається зворотним співвідношенням витрат і річного ефекту:

$$T_{\text{ок}} = \frac{Z}{E_{\text{річ}}}, \quad (5.14)$$

де Z - витрати на реалізацію заходу протягом усього періоду його дії; як варіанти можуть використовуватися: величина повних витрат або тільки капітальних вкладень (грн);

$E_{\text{річ}}$ - величина чистого річного економічного ефекту (грн/рік).

Модернізація основних фондів (збільшення капітальних вкладень) часто дає можливість знизити величину поточних (експлуатаційних) витрат.

У цьому випадку прийнято говорити про термін (строк) окупності додаткових капітальних вкладень:

$$K_{кв.} = \frac{K_2 - K_1}{Z_1 - Z_2}, \quad (5.15)$$

де K_1 і K_2 - відповідно капітальні вкладення до і після проведеного заходу;
 Z_1 і Z_2 - відповідно поточні витрати до і після проведеного заходу.

Показники економічної ефективності є найважливішими інструментами реалізації економічної політики на рівні підприємств, регіонів, національної економіки. На рівні підприємств вони є ключовим засобом обґрунтування управлінських рішень з організації інвестиційної діяльності, оптимізації витрати ресурсів, удосконалення цінової політики. На рівні регіонів і національної економіки показники економічної ефективності покликані бути основою обґрунтування інвестиційної політики, Управління системою кредитування, удосконалення оподаткований.

Проведемо розрахунок умовного економічного ефекту, який отримала б служба локомотивного господарства ДП «Придніпровська залізниця» на окремому своєму підрозділі (ВСП «Дніпропетровське локомотивне депо» ТЧ-8) при впровадженні у ньому запропонованої нами у 3 розділі схеми утилізування відпрацьованих олив типу М-14В₂, що і використовуються на даному підприємстві.

При розрахунку величини економічного результату Р будемо враховувати той факт, що на підприємстві у 2009 р. фактично було утворено 28,731 т відпрацьованих олив (розділ 2). При впровадженні запропонованої схеми вихід очищеного продукту складала б для оливи М-14В₂ 90 %.

Можемо розрахувати кількість відновленої оливи по підприємству, що могла б бути отримана у 2009 році: $28,731 \cdot 90 \% / 100 = 25,858$ т.

Тоді кількість побічних продуктів (шламів) складе: $28,731 - 25,858 = 2,873$ т.

Вартість 1 т свіжої оливи складає на сьогодні 12800 грн/т., тоді величина загальної виручки підприємства внаслідок здійснення природоохоронних заходів склала б:

$$P = 25,858 \cdot 12800,000 = 330982,40 \text{ грн.}$$

Для розрахунку повної витрати на реалізацію заходу 3 необхідно врахувати:

1. витрати на утилізування побічних продуктів регенерації оливи, а також технологічних шламів підприємства;

2. капітальні витрати для впровадження запропонованої схеми (вартість основного обладнання, арматури, їх встановлення на підприємстві);

3. подальші експлуатаційні витрати на обслуговування устаткування.

Із врахуванням вартості обладнання, що була прорахована у підрозділі 5.1, а саме для оливи М-14В₂ та М-14Г₂ЦС для малих потужностей вона склала 860000,0 грн., для великих потужностей - 862500,0 грн.; для технологічного шламу – 788000,0 грн..

Так як різниця між вартостями обладнання для відновлення відпрацьованих оливи для малої і великої потужності незначна (2500,0 грн.), розрахунок будемо вести для більшої суми. Тоді загальна суми капітальних витрат в обладнання складе для комплексної схеми оливи-шлам 1650500,0 грн.

Експлуатаційні витрати, що відповідають значенню С (формула (5.12)), були прораховані у підрозділі 5.1 і відповідають значенням витрат на реагенти. Так, для оливи М-14В₂ сума склала 6272,70 грн, для оливи М-14Г₂ЦС - 6184,50 грн, для технологічного шламу – 400,0 грн. Їх сума складатиме:

$$C = 6272,70 + 6184,50 + 400,00 = 12857,20 \text{ грн.}$$

Тоді без урахування витрат на утилізування фугату, який утворюється після обробки технологічних шламів підприємства у суміші зі шламами після відновлення оливи, можемо говорити, що значення З дорівнюватиме:

$$Z = 12857,20 + 0,15 \cdot 1650500,00 = 12857,20 + 247575,00 = 260432,20 \text{ грн.}$$

Тоді Е дорівнюватиме:

$$E=330982,40 - 260432,20 = 70550,20 \text{ грн.}$$

За умови щорічної економії у середньому 300 тис. грн.. на закупівлю нової оливи така схема дасть позитивний ефект вже через 4 роки і 11 місяців після впровадження (формула (5.14)):

$$T_{\text{ок}} = 1650500,00 / 330982,40 = 4,9 \text{ років.}$$

5.5 Висновки до розділу 5

1. Запропонована еколого-хіммотологічна схема поводження з відпрацьованими оливами на залізниці, яка забезпечить відновлення відпрацьованих олив марки М-14В₂ та отримання промивної рідини для оливних систем тепловозів на базі відпрацьованої оливи М-14Г₂ЦС для підвищення екологічності використання відпрацьованих моторних олив залізниць.

2. Проведений техніко-економічний розрахунок складових технологічної схеми, розрахунок зборів за розміщення відходів, крім того, розрахована еколого-економічна ефективність запропонованих природоохоронних заходів. Величина умовного екологічного ефекту склала 70550,20 грн. при накопиченні 28,731 т відпрацьованої оливи на рік. За нашими розрахунками за умови щорічної економії у середньому 300 тис. грн. на закупівлю нової оливи така схема дасть позитивний ефект вже через 4 роки і 11 місяців після впровадження.

ВИСНОВКИ

У дисертації, що є завершеною науково-дослідною роботою, поставлена і вирішена актуальна науково-прикладна задача, яка полягає у розробці екологічної технології утилізації нафтовмісних відходів залізниць із застосуванням принципів ресурсозбереження. Найбільш важливі наукові і практичні результати, висновки і рекомендації полягають у наступному:

1. Аналіз утворення нафтовмісних відходів на залізниці з оцінкою їх небезпеки з точки зору впливу на навколишнє середовище та людину, а також дослідження сучасних методів поводження з відпрацьованими оливами і технологічними шламами дали змогу розробити технології їх утилізації.

2. Досліджено методи відновлення олив та встановлено, що застосування сорбційних технологій не забезпечує достатній ступінь їх освітлення, при цьому визначено, що використання сорбентів для підвищення значень рН кислих олив після обробки їх сульфатною кислотою дає змогу підвищити екологічну безпеку процесів доочистки олив.

3. Запропонований новий метод відновлення та регенерації моторних олив марок М-14В₂ та М-14Г₂ЦС та отримано кінетичні залежності процесу їх освітлення, що дозволяє визначити мінімальний час освітлення та найефективнішу ПАР, при цьому найкращі показники отримані з використанням алкілбензосульфокислоти у суміші з неололом АФ 9-12. Процент освітлення склав 95,08 % для оливи М-14В₂ і 96,25 % для оливи М-14Г₂ЦС; вихід очищеного продукту становить 90,01 % для оливи М-14В₂ і 94,12 % для оливи М-14Г₂ЦС.

4. У процесі випробування розробленого методу відновлення олив доведено, що він має ряд переваг перед існуючими технологіями, зокрема, забезпечує більшу ступінь освітлення, вихід очищеного продукту та екологічну безпеку завдяки значному зменшенню кількості або повній ліквідації присутності у відновлених оливах важких металів, хлоридів та бенз(а)пірену.

5. Запропонований метод переробки нафтошламу із застосуванням декантера, теплообмінника, ПАА та сульфонолу забезпечує якісне розділення фаз нафтошламу, раціональне поводження та маловідходність процесу утилізування. Отримані кінетичні залежності розділення фаз забезпечують вибір оптимального співвідношення реагентів та ефективність процесу.

6. На основі проведених досліджень розроблена функціональна еколого-хімотологічна схема поводження з нафтопродуктами на залізничному транспорті, виконано техніко-економічне обґрунтування запропонованих схем, а також розрахована еколого-економічна ефективність від впровадження запропонованої схеми утилізації відпрацьованих олив і шламів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Первая международная конференция „Сотрудничество для решения проблемы отходов”: сборник материалов конференции [Электронный ресурс]. 5-6 фев. 2004 г., Харьков / Х., 2004. – Режим доступа: <http://waste.ua/cooperation/2004/thesis/index.html>
2. Інструкція з використання мастильних матеріалів на тяговому рухомому складі залізниць України: ЦТ-0060. – [Чинний від 2003-21-04]. – К.: Стандарт, 2003. – 51 с.
3. Технология переработки нефти и газа. В 2-х частях. Ч. 1-я. Первичная переработка нефти / [О. Ф. Глаголева, В. М. Капустин, Т. Г. Гюльмисарян и др.]; под ред. О. Ф. Глаголевой, В. М. Капустина, – М.: Химия, КолосС, 2005. – 400 с.
4. Дудышев В. Д. Утилизация нефтешламов / В. Д. Дудышев // Экология и промышленность России. – 2002. – № 5. – С. 20–23.
5. Третья международная конференция „Сотрудничество для решения проблемы отходов”: сборник материалов конференции [Электронный ресурс]. 7-8 фев. 2006 г., Харьков / Х., 2006. – Режим доступа: <http://waste.ua/cooperation/2006/theses/index.html>
6. Маркизова Н. Ф. Токсикология нефтепродуктов: [методическое пособие] / Н. Ф. Маркизова, А. Н. Гребенюк, В. А. Башарин. – СПб: Невский диалект, 2003. – 128 с.
7. Исидоров В. А. Введение в химическую экотоксикологию: [учебное пособие] / В. А. Исидоров. – СПб: Химиздат, 1999. – 144 с.
8. Давыдова С. Л. Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века: [учебное пособие] / С. Л. Давыдова, В. И. Тагасов. – М.: Изд-во РУДН, 2002. – 140 с.
9. Рябцев Г. С. Куда направлять масляные реки / Г. С. Рябцев // Терминал. – 2010. – № 27. – С. 6–10.

10. Смазочные материалы и проблемы экологии / А. Ю. Евдокимов, И. Г. Фукс, Т. Н. Шабалина, Л. Н. Багдасаров. – М.: ГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2000. – 424 с.

11. Фукс И. Г. Основы химмотологии. Химмотология в нефтегазовом деле: [учебное пособие] / И. Г. Фукс, В. Г. Спиркин, Т. Н. Шабалина. – М.: ФГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2004. – 280 с.

12. Конференция Сторон Стокгольмской конвенции: Руководящие принципы по наилучшим имеющимся методам и указания по наилучшим видам природоохранной деятельности: Раздел VI Указания и руководящие принципы по категориям источников: Категории источников в Части III: Приложения С Категория источников (m): Предприятия по переработке отработанных масел [Электронный ресурс]. 30 апр.–4 мая 2007 г., Дакар / 2007. – 6 с.

13. Нефтепродукты отработанные. Общие технические условия: ГОСТ 21046-86. – Межгосударственный стандарт – [Дата введения 1987-01-01]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 4 с.

14. Туктамышев А. Ф. Совершенствование технологий сбора разлитых во время аварий нефтей и нефтепродуктов для вовлечения их в сырьевую базу нефтепереработки и нефтехимии : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. тех. наук : спец. 02.00.13 „Нефтехимия” / А. Ф. Туктамышев. – Уфа, 2009. – 28 с.

15. Нафта і нафтопродукти. Маркування, пакування, транспортування та зберігання: ДСТУ 4454:2005. – Державний стандарт України – [Чинний від 2006-07-01]. – К.: Держспоживстандарт, 2006. – 34 с.

16. Никулин Ф. Е. Утилизация и очистка промышленных отходов / Ф. Е. Никулин. – Л.: Судостроение, 1980. – 232 с. – (Охрана окружающей среды).

17. Природоохранная деятельность на железнодорожном транспорте Украины: проблемы и решения. / [Плахотник В. Н., Ярышкина Л. А., Сираков В. И. и др.]. – К.: Транспорт Украины, 2001. – 244 с.

18. Сметанин В. И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления: учебное пособие / В.И. Сметанин. – М.: КолосС, 2003. – 230 с.

19. Безовська М. С. Вивчення корозійної активності олив та розробка рекомендацій щодо їх регенерації / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, Л. О. Яришкіна // Збірник наукових праць: Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності / За ред.. Козяра М. М., Ковалишина В. В., Семераки М. М. [та ін.]. – Львів: Вид-во ЛДУ БЖД, 2008. – № 2. – С. 171-177.

20. Шашкин П. И. Регенерация отработанных масел. / П. И. Шашкин, И. В. Брай. – [2-е изд.]. – М.: Химия, 1970. – 304 с.

21. Коваленко В. П. Загрязнение и очистка нефтяных масел / В. П. Коваленко. – М.: Химия, 1978, – 304 с.

22. Пат. 2245901 Российская федерация. МПК С 10 М 175/02. Способ очистки отработанных минеральных масел / Власкин А.Т., Пикалов И.И.; патентообладатель Власкин Александр Терентьевич, Пикалов Игорь Иванович. – № 96101385/04; заявл. 03.12.2003; опубл. 10.02.2005, Бюл. № 4.

23. Пат. 2122562 Российская федерация. МПК С 10 G 31/10. Способ очистки моторного масла / Кузьминов В.М., Колодяжный В.Г., Низьев О.Г., Юдин В.И., Руденко А.И., Вишневский И.Я., Филина Т.В.; заявитель и патентообладатель Московская нефтебаза – филиал АООТ „Моснефтепродукт”. – № 97114688/04; заявл. 29.08.97; опубл. 27.11.98, Бюл. № 33.

24. Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки: справочник / [Г. Г. Рабинович, П. М. Рябых, П. А. Хохряков и др.]; под ред. Е. Н. Судачкова. – [3-е изд.] – М.: Химия, 1979. – 568 с.

25. Устройство и технология системы Purifiner [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.myshared.ru/slide/298230>. – Назва з екрану.

26. Андреев В. Г. Термический крекинг отработанных масел / В. Г. Андреев, Г. П. Толмачев // Экология и промышленность России. – 2002. – № 8. – С. 4-9.

27. Пат. 2246533 Российская федерация. МПК С 10 М 175/02. Способ очистки отработанного масла / Толтинова Л.А., Хорошев С.В., Сиротина В.В., Солянов А.Н.; патентообладатель ОАО „Научно-исследовательский технологи-

ческий институт”. – № 2002134870/04; заявл. 23.12.2002; опубл. 20.02.2005, Бюл. № 5.

28. Пат. 2032718 Российская федерация. МПК С 10 М 175/02. Способ очистки отработанного моторного масла от механических примесей / Ахметкалиев Р.Б.; патентообладатель Ахметкалиев Рыскали Бахтыгереевич. – № 4924165/04; заявл. 02.04.91, опубл. 10.04.95, Бюл. № 10.

29. Пат. 2015160 Российская федерация. МПК С 10 М 175/02. Способ очистки моторного масла от суспензированных примесей и воды / Ахметкалиев Р.Б. – № 96101385/04; заявл. 22.11.91; опубл. 30.06.94, Бюл. № 12.

30. Пат. 2004584 Российская федерация. МПК С 10 М 175/02. Способ регенерации отработанного моторного масла / Мухортов И.В. – № 5044254/04; заявл. 26.05.92, опубл. 15.12.93, Бюл. № 45–46.

31. Цеолиты – минерал XXI века: по данным компании „Сибирь-Цео” [Электронный ресурс] // Журнал С.О.К.: Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2004. – № 4. – Назва з титул. екрану.

32. Пат. 2112018 Российская федерация. МПК С 10 М 175/02. Способ очистки отработанного минерального масла / Шебанов С.М., Кириллова Л.Н., Шуварин Д.В., Мочалова Н.Ю., Муравьева М.Б., Павленко А.Д., Козин А.И., Мартинская Т.Д.; заявители и патентообладатели Шебанов Сергей Михайлович, Кириллова Любовь Николаевна. – № 96119549/04; заявл. 30.09.96; опубл. 27.05.98, Бюл. № 15.

33. Пат. 2109037 Российская федерация. МПК С 10 М 175/02. Способ регенерации отработанных нефтяных масел / Подберезный Б.Ф.; заявитель и патентообладатель Ангарский электролизный химический комбинат. – № 96101385/04; заявл. 23.01.96; опубл. 20.04.98, Бюл. № 11.

34. Пат. 2106398 Российская федерация. МПК С 10 М 175/02. Способ регенерации отработанных масел / Хафизов А.Р., Ишмаков Р.М.; заявитель и патентообладатель Уфимский государственный нефтяной технический университет. – № 95102849/04; заявл. 01.03.1995; опубл. 10.03.1998.

35. Пат. 2055863 Российская федерация. МПК С 10 М 175/02. Способ регенерации отработанных минеральных масел и установка для его осуществления / Картошкин А.П., Ашкинази Л.А., Браславский М.И.; патентообладатель НПО „Теплоэнергетика”. – № 5048326/04; заявл. 02.06.92; опубл. 10.03.96, Бюл. № 7.

36. А. с. 1442537 СССР. МКИ С 10 М 175/02. Способ регенерации моторного масла / Елесеев В.С., Наумов Н.У. (СССР). – № 4056353/31-04; заявл. 16.04.86; опубл. 07.12.88, Бюл. № 45.

37. Пат. 1834902 СССР. МПК С 10 М 175/00. Способ очистки отработанных моторных и смазочных масел / Эрих-Клаус Мартин (Германия), Адекунле Онабайо (Нидерланды); заявитель РВЭ-Энтзоргунтг АГ (Германия). – № 4743108/04; заявл. 16.02.90; опубл. 15.08.93, Бюл. № 30.

38. Д.П.В. 34719 Україна. МКВ С 10 М 175/02. Спосіб очищення відпрацьованого моторного мастила від суспендованих механічних домішок та води / Симоненко О.П., Узденніков М.Б., Симоненко В.П., патентовласник Донецький державний університет. – № 99063090; заявл. 04.06.99; опубл. 15.03.2001, Бюл. № 2.

39. П.В. 39145 Україна. МКВ С 10 М 175/00, 175/02. Спосіб регенерації відпрацьованого моторного мастила / Симоненко О.П., Узденніков М.Б., патентовласник Донецький державний університет. – № 97062989; заявл. 23.06.97; опубл. 15.06.2001, Бюл. № 5.

40. Мальований М. С. Комплексна ресурсозберігаюча технологія регенерації відпрацьованих олив / [Мальований М. С., Семенишин Є. М., Чайка О. Г. та ін.] // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2007, №1. – С. 38-41.

41. Универсальная установка регенерации и осветления минеральных масел [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://motor-oil-regeneration.org.ua/oil_regeneration_01.htm. – Назва з екрану.

42. Анализ зарубежных подходов к проблеме утилизации отработанных нефтепродуктов / [Петросова М. Р., Школьников В. М., Гордукалов А. А., Юзефович В. И.] // Мир нефтепродуктов – 2004. – № 1. – С. 36-39.

43. Пат. 2061741 Российская федерация. МПК 3 10 М 175/02. Способ регенерации отработанных смазочных масел / Меркулов О. А., Жеребцов В. Л., Тимофеева Т. В., Пеганова М. М. – № 94020447/04; заявл. 25.05.94; публ.10.06.96, Бюл. № 16.

44. Кухаренко А. А. Смазочные материалы и охрана окружающей среды / Кухаренко А. А., Дадашев М. Н., Фукс И. Г. // Экология промышленного производства. – 2005. – № 3. – С. 47-49.

45. Скобельцин А. С. Использование отработанных моторных масел в качестве компонента дисперсионной среды пластичных смазок: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. тех. наук: спец. 05.17.07 „Химия и технология топлив и специальных продуктов” / А. С. Скобельцин. – М., 2006. – 24 с.

46. Фукс И. Г. Консервационные смазочные материалы. (Разработка, исследования, применение) / Фукс И. Г., Спиркин В. Г. // Нефть, газ и бизнес. – 2006. – № 9. – С. 4-10. – № 10. – С. 13-21.

47. Суфьянов Р. Р. Исследование воздействия высокочастотного электромагнитного поля на нефтяные пламы: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. тех. наук : спец. 01.04.14 „Теплофизика и молекулярная физика” / Р. Р. Суфьянов. – Уфа, 2005. – 23 с.

48. Шурыгин А. П. Огневое обезвреживание промышленных сточных вод / А. П.Шурыгин, М. Н. Бернардиев. – К.: Техніка, 1976. – 200 с.

49. Надеин А. Ф. Очистка воды и почвы от нефтезагрязнений / А. Ф. Надеин // Экология и промышленность России. – 2001. – № 11. – С. 24–26.

50. Пат. 2229060 Российская федерация. МПК F 23 В 1/34. Установка для термической переработки нефтешлама / Войченко А. А, Медведев А. В., Опарин В. В.; патентообладатель Закрытое акционерное общество „Социально-ориентированное предприятие”. – № 2002119938/032002119938/03; заявл. 22.07.2002; опубл. 20.05.2004.

51. Фомченко Н. В. Очистка сточных вод и утилизация нефтешламов с применением биопрепаратов / Н. В. Фомченко, И. Н Щерблькин, В. В. Бирюков. // Водоснабжение и санитарная техника, – 2002. – № 2. – С. 32–33.

52. Бурлака И. В. Обезвреживание нефтешламов и замазученных грунтов – существенное снижение экологической нагрузки на окружающую среду / И. В. Бурлака, Н. В. Бурлака, В. А. Бурлака [и др.] // Экология и промышленность России. – 2008. – № 9. – С. 34–37.

53. Ягафаров И. Р. Совершенствование методов и средств для обезвреживания и ликвидации нефтешламовых накопителей: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. тех. наук : спец. 03.00.16 „Экология” / И. Р. Ягафаров. – Уфа, 2006. – 23 с.

54. Пат. 2342188 Российская федерация. МПК В 01 F 11/02 . Способ получения эмульсий и суспензий / Акопян В. Б., Давидов Е. Р., Кузнецова О. В., Мордвинова Е. М., Рух ман А. А.; патентообладатель Рухман Андрей Александрович. – № 2007113000/15; заявл. 09.04.2007; опубл. 27.12.2008.

55. Детоксикация нефтешлама с использованием целлюлозосодержащих субстратов / [Н. А. Киреева, Т. Р. Кабиров, А. С. Григориади, Т. С. Онегова] // Вестник Башкирского университета. – 2008. – Т. 13, №1. – С. 47-51.

56. Мутин И. И. Утилизация нефтешламов с использованием негашеной извести / И. И. Мутин, Н. М. Исхакова. // Экология и промышленность России. – 2007. – № 5. – С. 9.

57. Дворянинов Н. А.. Новые технологические решения для переработки кислых гудронов и нефтешламов в товарные виды продукции / Н. А. Дворянинов, А. Д. Зорин, Е. Н. Каратаев, В. Ф. Занозина // Рециклинг отходов. – 2007. – № 4 (10). – С. 12–15.

58. IV міжнародна науково-практична конференція „Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення”: збірник наукових статей у двох томах. 8-12 верес. 2008 р., Алушта, Т. 2, / Х.: Райдер, 2008. – 434 с.

59. Яманина Н. С. Утилизация отходов машиностроительных и нефтеперерабатывающих предприятий / Н. С. Яманина, Е. А. Фролова, О. П. Филиппова [и др.] // Экология и промышленность России. – 2001. – № 10. – С. 13–15.

60. Пат. 2110496 Российская федерация. МПК С 04 В 26/26 . Способ приготовления асфальтобетонной смеси / Шпербер Р.Е., Сухоруков А.Т., Шпербер

Е.Р., Шпербер Ф.Р.; заявитель и патентообладатель Строительное научно-техническое малое предприятие „ЭЗИП”. – № 96119615/03; заявл. 01.10.96; опубл. 10.05.98.

61. Переработка ТПБО и нефтешламов в синтез-газ, сизгаз в продукцию [Электронный ресурс] / Международный консорциум „Чистый мир”. – М.: 2009.– Режим доступа: <http://www.iic-pw.ru>.

62. Боковикова Т. Н. Магнитные жидкости в нефтепереработке / Т. Н. Боковикова, С. В. Степаненко, М. В. Двадненко // Экология и промышленность России. – 2005. – № 8. – С. 11–13.

63. Терра-21 – мобильная установка разделения нефтешламов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eko-log.ru/node/359>. – Назва з екрану.

64. Фердман В. М. Комплексная технология утилизации промышленных нефтешламов : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. тех. наук : спец. 03.00.16 „Экология” / В. М. Фердман. – Уфа, 2002. – 24 с.

65. Жантахов С. А. Снижение техногенного воздействия на окружающую среду при внутрипромысловом сборе и подготовке нефти (на примере месторождения Кенкияк): автореф. дис. на соискание ученой степени канд. тех. наук : спец. 25.00.36 „Геоэкология” / С. А. Жантахов. – Алматы, 2007. – 20 с.

66. Бойченко С. В. Моторні палива і масла для сучасної техніки: [монографія] / Бойченко С. В., Іванов С. В., Бурлака В. Г. – К.: НАУ, 2005. – 216 с.

67. Масла моторные для дизельных двигателей. Технические условия: ГОСТ 12337-84. – Межгосударственный стандарт – [Действительный от 1985-01-01]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 20 с.

68. Оливи моторні для дизелів. Технічні умови ТУ У 23.2-31852954-006-2003, – [Чинний від 2003-04-02] – Запоріжжя, 2002. – 21 с.

69. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: справочник / [И. Г. Анисимов, К. М. Бадыштова, С. А. Бнатов и др.]; под ред. В.М. Школьников. – М.: Издательский центр «Техинформ», 1999. – 596 с.

70. Безовська М. С. Моніторинг утворення оливовміщуючих відходів на підприємствах залізничного транспорту / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, Л. О. Яришкіна // Довкілля – XXI. Матеріали четвертої Міжнародної молодіжної наукової конференції; м. Дніпропетровськ, 9–10 жовтня 2008 р. / ред. кол.: А. Г. Шапар (голов. ред.) та ін. – Дніпропетровськ, 2008 р. – С. 10–11.

71. Безовська М. С. Утилізація нафтошламів та мастил структурних підрозділів залізниць / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, Л. О. Яришкіна, О. Б. Бабенко // Науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України» / ред. кол. Бакаєв О. О., Боднар Б. Є., Даніленко Е. І. [та ін.]. – К.: Вид-во ДНДЦ УЗ, 2008. – №1. – С. 36–38.

72. Безовська М. С. Відновлення відпрацьованих компресорних олиव залізничних підприємств / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько // Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми хімотології» (м. Київ, 20–24 вересня, 2010) / ред. кол.: Харченко В. П., Бойченко С. В., Любінін Й. А. [та ін.]. – Одеса: Астропринт, 2010. – С. 36–37.

73. Химия нефти и газа: учеб. пособие для вузов / [А. И. Богомолов, А. А. Гайле, В. В. Громова и др.]; под ред. В. А. Проскуракова, А. Е. Драбкина. – СПб: Химия, 1995. – 448 с.

74. Кононов В. Е. Тепловозы. Механическое оборудование. Устройство и ремонт / Кононов В. Е., Хуторянський Н. М., Скалин А. В. – М.: Желдориздат, Трансинфо, 2005. – 568 с.

75. Кузьмич В. Д. Тепловозы: основы теории и конструкция / [В. Д. Кузьмич, И. П. Бородулин, Э. А. Пахомов и др.]; под ред. В. Д. Кузьмича. – М.: Транспорт, 1991. – 352 с.

76. Устройство и ремонт тепловозов: [учебник для нач. проф. образования] / Л. А. Собенин, В. И. Бахолдин, О. В. Зинченко, А. А. Воробьев. – М.: Издательский центр „Академия”, 2004. – 416 с.

77. Нотик З. Х. Тепловозы ЧМЭЗ, ЧМЭЗТ, ЧМЭЗЭ: [пособие машинисту] / З. Х. Нотик. – [2-е изд.]. – М.: Транспорт, 1996. – 444 с.

78. Дробинский В. А. М. Как устроен и работает тепловоз / В. А. Дробинский, П. М. Егунов. – М.: Транспорт, 1980. – 367 с.

79. Гуреев А. А. Химмотология / А. А. Гуреев, И. Г. Фукс, В. Л. Лашхи – М.: Химия, 1986. – 368 с.

80. Переверзев А. Н. Основы химмотологии: [учебное пособие] / А. Н. Переверзев, С. Н. Овчаров. – Ставрополь: СевГавГТУ, 2010. – 181 с.

81. Масла моторные. Фотометрический метод оценки загрязненности работавших масел: ГОСТ 24943-81. – Государственный стандарт СССР – [Действительный от 1982-07-01]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1981. – 5 с.

82. Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле: ГОСТ 4333-87 (ИСО 2592-73): – Государственный стандарт СССР – [Действительный от 1991-07-01]. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 22 с.

83. Нафтопродукти. Прозорі і непрозорі рідини. Визначення кінематичної в'язкості і розрахунок динамічної в'язкості: ДСТУ ГОСТ 33-2003 (ИСО 3104-94). – Державний стандарт України – [Чинний від 2003-07-01]. – К.: Держспоживстандарт, 2003. – 29 с.

84. Масла и смазки. Методы определения наличия воды: ГОСТ 1547-84. – Межгосударственный стандарт – [Действительный от 1986-01-01]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 3 с.

85. Нефть и нефтепродукты. Метод определения содержания воды: ГОСТ 2477-65. – Межгосударственный стандарт – [Действительный от 1966-01-01]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 7 с.

86. Нафтопродукти. Оливи мастильні, присадки і пакети присадок. Визначення загального лужного числа методом потенціометричного титрування: ДСТУ 5094:2008. – Державний стандарт України – [Чинний від 2009-03-01]. – К.: Держспоживстандарт, 2008. – 13 с.

87. Нафта і нафтопродукти. Метод визначення густини, відносної густини та густини в градусах API ареометром: ДСТУ ГОСТ 31072:2006. – Державний

стандарт України – [Чинний від 2007-01-01]. – К.: Держспоживстандарт, 2007. – 36 с.

88. Нефть, нефтепродукты и присадки. Метод определения содержания механических примесей: ГОСТ 6370-83. – Межгосударственный стандарт – [Действительный от 1984-01-01]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 8 с.

89. Безовська М. С. Використання природних адсорбентів для регенерації відпрацьованих мастил / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, Л. О. Яришкіна // Науковий вісник Національного гірничого університету, науково-технічний журнал / ред. кол. Г. Г. Півняк, О. С. Бешта, П. І. Пілов [та ін.]. – Дніпропетровськ: Вид-во НГУ, 2008. – № 4: – С. 75–77.

90. Безовская М. С. Применение природных цеолитов для очистки отработанных масел / М. С. Безовская, Л. О. Ярышкіна // Збірка тез доповідей «Екологічні проблеми регіонів України»: Матеріали Х Всеукраїнської наукової конференції студентів, магістрантів і аспірантів. «Регіональні екологічні проблеми»: Матеріали I Міжнародної наукової конференція студентів, магістрантів і аспірантів, 17–18 квітня 2008 р. / За ред. д.г.-м.н., проф. Т. А. Сафранова; Одеський державний екологічний університет. – Одеса: Вид-во ОДЕКУ, 2008. – С. 23.

91. Безовська М. С. Використання природних адсорбентів для регенерації відпрацьованих мастил / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, Л. О. Яришкіна // Збірка тез доповідей «Екологічні проблеми техногенно-навантажених регіонів»: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 12–14 травня 2008 р. / ред. кол.: Бешта А. С., Горова А. І., Крупська Л. Т. [та ін.]. – Дніпропетровськ: Вид-во НГУ, 2008. – С. 217.

92. Безовська М. С. Підбір цеолітів вітчизняного походження для регенерації відпрацьованих мастил / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, Л. О. Яришкіна // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми хімотології» (м. Київ, 02–06 червня, 2008) / ред. кол.: Харченко В. П., Бойченко С. В., Запорожець О. І. [та ін.]. – К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту, 2008. – С. 136.

93. Безовська М. С. Відпрацьовані оливи: утворення, зберігання, регенерація / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, Л. О. Яришкіна // Науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України» / ред. кол. Самсонкін В. М., Бакаєв О. О., Боднар Б. Є. [та ін.]. – К.: Вид-во ДНДЦ УЗ, 2009. – №6. – С. 33–35.

94. Безовская М. С. Проблемы регенерации отработанных моторных масел железнодорожных предприятий / М. С. Безовская, А. Л. Лещинская, Ю. В. Зеленько // Збірка тез доповідей «Екологічна безпека держави»: Матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів та аспірантів, 21–24 квітня 2009 р. – К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2009. – С. 223.

95. Безовская М. С. Регенерация отработанных нефтепродуктов / М. С. Безовская, А. Л. Лещинская, Ю. В. Зеленько // Збірка тез доповідей «Екологічні проблеми регіонів України»: Матеріали XI Всеукраїнської наукової конференції студентів, магістрантів і аспірантів. «Регіональні екологічні проблеми»: Матеріали II Міжнародної наукової конференція студентів, магістрантів і аспірантів, 21–25 квітня 2009 р. / За ред. д.г.-м.н., проф. Т. А. Сафранова; Одеський державний екологічний університет. – Одеса: Вид-во ОДЕКУ, 2009. – С. 31.

96. Безовская М. С. Разработка рекомендаций по регенерации отработанных масел железнодорожных предприятий / М. С. Безовская, Ю. В. Зеленько, Л. А. Ярышкіна, В. Ю. Карпов // Политранспортные системы: Материалы VI Всероссийской НТК (Новосибирск, 21–23 апреля 2009 г.): в 2-х ч. – Новосибирск: Из-во СГУПС, 2009. – Ч. 1. – С.66-71.

97. Безовська М. С. Регенерація відпрацьованих моторних олів підприємств залізничного транспорту / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько // Збірник матеріалів I Міжнародного конгресу «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування», 28–29 травня 2009 р. / ред. кол.: Бобало Ю. Я., Мальований М. С., Атаманюк В. М. [та ін.]. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. – С. 14.

98. Безовская М. С. Регенерация отработанных моторных масел линейных подразделений железной дороги / М. С. Безовская, Ю. В. Зеленько, Л. О. Ярышкіна // Проблемы безопасности на транспорте: Материалы V Междуна-

родной научно-практической конференции (Гомель, 25–26 ноября 2010 г.) / Под ред. Сенько В. И., Негрея В. Я., Бочковой К. А. [и др.]. – Гомель: БелГУТ, 2010. – С.249–250.

99. Безовська М. С. Розробка загальної схеми регенерації відпрацьованих олив залізниць / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, Л. О. Яришкіна, Л. О. Шевченко // Вестник Херсонского национального технического университета. – Херсон: Издательство Херсонского национального технического университета, 2011. – С. 43–47.

100. П.В. 95154 Україна. МПК С 10 М 175/00. Спосіб регенерації відпрацьованої моторної оливи / Безовська М. С., Зеленько Ю. В., Яришкіна Л. О., патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – № а 2009 13563; заявл. 25.12.2009; опубл. 11.07.2011, Бюл. № 13.

101. Безовська М. С. Упровадження новітніх розробок у сфері відновлення відпрацьованих олив / М. С. Безовська // Матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції «Авіа-2011» (Київ, 19-21 квітня), Т. 3 / Под ред. Сенько В. И., Негрея В. Я., Бочковой К. А. [и др.]. – К.: НАУ, 2011. – С.18.46–18.49.

102. Зеленько Ю. В. Разработка комплексной технологии утилизации нефтесодержащих отходов железных дорог / М. С. Безовская // Материалы докладов Международной научно-практической конференции «Академическая наука – проблемы и достижения» (Москва, 30-31 января). – М.: 2013. – С. 198-200.

103. Зеленько Ю. В. Розробка інноваційних ресурсозберігаючих технологій утилізування нафтовміщуючих відходів / Ю. В. Зеленько, М. С. Безовська, А. Л. Лещинська // Журнал «Технологический аудит и резервы производства» / За ред. Дмитрімова В. П., Дуднікова А. А., Біловода О. І. [та ін.]. – Харків: ПП «Технологічний центр», 2013. – № ½ (9). – С. 17–21.

104. П.К.М. 70077 Україна. МПК С 10 М 175/00. Спосіб очистки відпрацьованої моторної оливи для дизелів / Безовська М. С., Зеленько Ю. В., патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту

імені академіка В. Лазаряна. – № и 2011 13558; заявл. 18.11.2011; опубл. 25.05.2012, Бюл. № 10.

105. Инструкция по применению смазочных материалов на локомотивах и моторвагонном подвижном составе: ЦТ-940. – [Действительный от 2003-16-05]. – М.: Изд-во МПС РФ, 2003. – 80 с.

106. Паливо дизельне підвищеної якості. Технічні умови: ДСТУ 4840:2007. – Державний стандарт України – [Чинний від 2008-01-01]. – К.: Держспоживстандарт, 2008. – 7 с.

107. Інструкція по промивці дизелів та оливних систем рідиною МПТ-2М. – [Чинний від 2000-01-01]. – К.: Стандарт, 2000. – 6 с.

108. Пат. 2107716 Российская федерация. МПК С 10 М 175/02. Способ и установка для регенерации смазочных масел / Мед Хеди Мершауи [TN]; Насеэр Кхалеф [TN]; Абдельхафид Джаафар [TN]; Ашур Уаззан [TN]; Мед Али Буфахжа [TN]; Салах Мезиу [TN]; заявитель и патентообладатель Сосьете Тюнизьен де Любрифьян-Соткюлюб (TN). – № 95121595/04; заявл. 21.03.1994; опубл. 27.03.1998.

109. Присадки и масла с присадками. Метод определения содержания бария, кальция и цинка комплексонометрическим титрованием: ГОСТ 13538-68. – Межгосударственный стандарт – [Дата введения 1969-01-01]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. – 11 с.

110. Рекомендации по внедрению диагностической системы управления состоянием дизелей тепловозов и дизель-поездов по результатам анализа масла: Р 647/1 [Электронный ресурс]. – [Действительный от 2009-23-10]. – [2-е изд.]. – Варшава: 2009. – 32 с. – Режим доступа:
http://osjd.org/isvp/public/osjd?STRUCTURE_ID=5070&layer_id=4581&refererLayerId=4621&id=91&print=0

111. Безовська М. С. Новітні еколого-хіммотологічні моделі поведження з відпрацьованими оливами залізниць / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько // Общегосударственный научно-технический журнал «Вопросы химии и химической

технологии» / Под ред. Николаенко Н. В., Баштаника П. И., Начовного И. И. – Днепропетровск: «Новая идеология», 2012. – № 1. – С. 145–148.

112. Зеленько Ю. В. Разработка комплексной технологической станции утилизации нефтесодержащих отходов железных дорог / Ю. В. Зеленько, М. С. Безовская // Бюллетень научных работ Брянского филиала МИИТ. Выпуск 3. – Брянск: Издательство ООО «Дизайн-Принт», 2013. – № 1 апрель. – С. 13–17.

113. Зеркалов Д. В. Екологізація енергоспоживання / Д. В. Зеркалов. – К.: ТОВ „Міжнар. фін. агенція”, 1998. – 273 с.

114. Зеркалов Д. В. Економія нафтопродуктів / Д. В. Зеркалов. – К.: ТОВ „Міжнар. фін. агенція”, 1998. – 197 с.

115. Коннова Г. В. Оборудование транспорта и хранения нефти и газа: учеб пособие для вузов / Г. В. Коннова. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 128 с.

116. A. Leshynska Improved environmental safety in the treatment of waste oil / A. Leshynska, M. Bezovskaya, Y. Zelen`ko // Proceedings the fifth world congress “Aviation in the XXI-st century. Safety in Aviation and Space Technologies” (Kyiv, September 25-27), - Kyiv: 2012. – P. 5.23-5.25.

117. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии. Часть I. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. – М.: Химия, 1995. – 400 с.

118. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – [7-е изд.] – М.: Химия, 1971. – 832 с.

119. Леонтьева А. И. Оборудование химических производств / А. И. Леонтьева. – М.: КолосС, 2008. – 479 с.

120. Баранов Д. А. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 2-х т. / Д. А. Баранов, А. В. Вязьмин., А. А. Гухман. – М.: Логос, 2000-2001. – 480 с. (т. 1), 600 с. (т. 2).

121. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии / И. Л. Иоффе. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.

122. Тимонин А. С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Т. 2.: справочник / А. С. Тимонин. – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2006. – 1028 с.

123. Гельперин Н. И. Основные процессы и аппараты химической технологии / Н. И. Гельперин. – М.: Химия, 1981. – 812 с.

124. Плановский А. Н. Процессы и аппараты химической технологии / А. Н. Плановский, В. М. Каган, С. З. Каган – М.: Госхимиздат, 1962. – 846 с.

125. Флореа О. Расчеты по процессам и аппаратам химической технологии / О. Флореа, О. Смигельский; пер. с румын. З. М. Хаимского. – М.: Химия, 1971. – 447 с.

126. ПАО «Сумское НПО им. М.В.Фрунзе». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.frunze.com.ua>. – Назва з екрану.

127. Филиппов М. М. Железные дороги. Общий курс. / [М. М. Филиппов, М. М. Уздин, Ю. И. Ефименко и др.]; под ред. М. М. Уздина. – [4-е изд.] – М.: Транспорт, 1991. – 295 с.

128. Локомотивное хозяйство: [учебник для вузов ж/д транспорта] / Под ред. проф. С.А. Айзинбуда. – М.: Транспорт, 1986. – 263 с.

129. Теория и конструкция локомотивов: [учебник для вузов ж.-д. транспорта] / Г. С. Михальченко, В. Н. Кашников, В. С. Коссов, В. А. Симонов; под ред. Г. С. Михальченко – М.: Маршрут, 2006. – 584 с.

130. Безовська М. С. Утилізація нафтовмісних технологічних шламів структурних підрозділів залізниць / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, В. М. Плахотник, Л. О. Яришкіна // Збірка тез доповідей II Міжнародної Конференції з питань поводження з відходами виробництва та споживання, 25–27 квітня 2007 р. – К., 2007. – С. 21–22.

131. Безовська М. С. Проблеми утилізації нафто- та мастиловміщуючих відходів на залізничному транспорті / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, В. М. Плахотник, Л. О. Яришкіна // Тези доповідей 67 Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізнич-

ного транспорту», 24–25 травня 2007 р. / Дніпроп. Нац. ун-т залізн. трансп. Ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: Вид-во Дніпроп. Нац. ун-т залізн. трансп. Ім. акад. В. Лазаряна, 2007. – С. 216–217.

132. ZA 18-4 Трехфазный декантер-центрифуга для переработки нефтешламов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ekolog.ru/node/287>. – Назва з екрану.

133. Безовська М. С. Розробка сучасних принципів утилізації технологічних шламів підприємств залізничної інфраструктури / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту / За ред. Поддубняка В. Й., Загарія Г. І., Чепцова М. М. [та ін.]. – Донецьк: Видавництво Донецького інституту залізничного транспорту, 2011. – Випуск 27. – С. 159–162.

134. Мастобаев Б. Н. История применения химических реагентов и технологий в трубопроводном транспорте нефти и нефтепродуктов: автореф. дис. на соискание ученой степени докт. тех. наук : спец. 07.00.10 „Истории науки и техники”, 02.00.13 „Нефтехимия” / Б. Н. Мастобаев. – Уфа, 2003. – 50 с.

135. Овчаренко С. В. Флокулянти і якість питної води / С. В. Овчаренко, А. В. Головка – Х.: Основа, 2001. – 200 с.

136. Основи екології. Екологічна економіка та управління природокористуванням: підручник / За заг. ред. д.е.н., проф. Л.Г Мельника та к.е.н., проф. М.К Шапочки. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. – 759 с.

137. Царенко О. М. Основи екології та економіка природокористування / Царенко О. М., Несветов О. О., Кадацький М. О. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. – 759 с.

138. Закон України «Про відходи» (станом на 1 січня 2011 р.): офіційне видання. – К.: Парламентське видавництво, 1998. – 50 с.

139. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України у сфері поводження з відходами» (станом на 21 січня 2010 р.): офіційне видання. – К.: Парламентське видавництво, 2010. – 12 с.

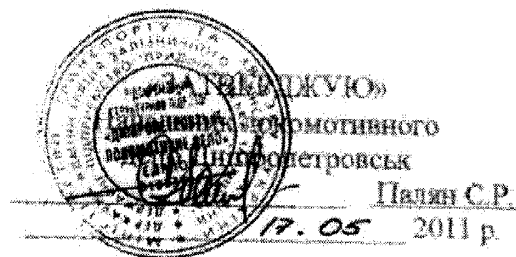
140. Закон України «Про внесення змін до податкового кодексу України щодо перегляду ставок деяких податків і зборів» // Голос країни. – 2013. – № 2. – С. 8-22.

141. Чайка О. Г. Попередження забруднення навколишнього природного середовища відпрацьованими моторними оливами.: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. тех. наук: спец. 21.06.01 „Екологічна безпека” / О. Г. Чайка. – Суми, 2012. – 24 с.

142. Ветошкин А.Г. Защита литосферы от отходов: [учебное пособие] / А.Г. Ветошкин. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. – 189 с.

143. Технический справочник по обработке воды. 2 тома., Т. 1, – [10-е изд.]. / пер. с фр. СПб.: Новый журнал. 2007. – 1726 с.

ДОДАТОК А**Акти випробування і опубліковані праці апробаційного характеру**



АКТ

проведення випробувань технології регенерації відпрацьованої моторної оливи, яка розроблена Безовською М.С. в дисертаційній роботі «Управління поведження з відходами підприємств Придніпровської залізниці»

Комісія державного підрозділу Придніпровської залізниці локомотивного депо на станції Дніпропетровськ у складі начальника локомотивного депо Палия С.Р., головного інженера Федика Я.М., зам. начальника депо по ремонту Міщенко М.В., завідувачої хіміко-технічної лабораторії Байкалової С.В. та інженера хіміко-технічної лабораторії Булгакової І.Ю. констатує:

Технологія регенерації відпрацьованої моторної оливи, запропонована Безовською М.С., в якій автор для отримання відновленої оливи використовує для її обробки кислотний реагент з використанням у якості флокулянту неізогенних ПАВ, а саме оксіетильованого моноалкілфенолу, була застосована на дільниці бази палива та екіпіровки тепловозів локомотивного депо Дніпропетровськ.

Були проведені наступні етапи: злиття відпрацьованої моторної оливи М-14В₂ з картера тепловоза типу ЧМЭ-3, обробка її вищезазначеними реагентами у співвідношенні, запропонованому автором у дисертації, протягом 30 хвилин, відокремлення отриманих продуктів (відновленої оливи та шламу) один від одного.

У результаті випробувань встановлено, що по всім експлуатаційним показникам відновлена олива відповідала даним на Залізницю нормативам, а вихід відновленого продукту склав 90 %.

Таким чином, вважаємо за можливе практичне використання запропонованої Безовською М.С. технології регенерації відпрацьованої моторної оливи.

/ Головний інженер

Федик Я.М.

/ Зам. начальника депо по ремонту

Міщенко М.В.

Завідуюча хіміко-технічної лабораторії

Байкалова С.В.

Інженер хіміко-технічної лабораторії

Булгакова І.Ю.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
 Головного інженера локомотивного
 депо Придніпровськ-Вузол
 Хитрий О.В.
 2011 р.

АКТ

проведення випробувань технології регенерації відпрацьованої моторної оливи,
 яка розроблена Безовською М.С. в дисертаційній роботі
 «Управління поведження з відходами підприємств Придніпровської залізниці»

Комісія державного підрозділу Придніпровської залізниці локомотивного депо на станції Нижньодніпровськ-Вузол у складі головного інженера Хитрого О.В., начальника бази палива Поляха В.Л., інженера-технолога Семенової Л.П., завідувачої хімічною лабораторією Шелест Л.А. та інженера-еколога Торопко І.В. констатує:

Технологія обробки відпрацьованої моторної оливи з метою отримання альтернативної промивної рідини для оливних систем тепловозів, запропонована Безовською М.С., в якій автор для отримання промивної рідини використовує для обробки оливи кислотний реагент з використанням у якості флокулянту неіоногенних ПАВ, а саме оксіетильованого моноалкілфенолу, була застосована на дільниці бази палива та екіпіровки тепловозів локомотивного депо Дніпропетровськ.

Були проведені наступні етапи: злиття відпрацьованої моторної оливи М-14Г₂ЦС з картера тепловоза типу 2ТЭ116, обробка її вищезазначеними реагентами у співвідношенні, запропонованому автором у дисертації, протягом 30 хвилин, відокремлення отриманих продуктів (освітленого продукту та шламу) один від одного.

У результаті випробувань встановлено, що освітлений продукт (промивна рідина) по всім експлуатаційним показникам відповідала діючим на Залізничі нормативам, а вихід відновленого продукту склав 94 %.

Таким чином, вважаємо за можливе практичне використання запропонованої Безовською М.С. технології отримання альтернативної промивної рідини з відпрацьованої моторної оливи.

Начальник бази палива

Полях В.Л.

Інженер-технолог

Семенова Л.П.

Завідуюча хімічною лабораторією

Шелест Л.А.

Інженер-еколог

Торопко І.В.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
 Головного інженера локомотивного
 депо Придніпровськ-Вузол
 Хитрий О.В.
 2011 р.

АКТ

проведення випробувань схеми реагентної переробки технологічного шламу із застосуванням декантера і теплообмінника, яка розроблена Безовською М.С. в дисертаційній роботі
 «Управління поведження з відходами підприємств Придніпровської залізниці»

Комісія державного підрозділу Придніпровської залізниці локомотивного депо на станції Нижньодніпровськ-Вузол у складі головного інженера Хитрого О.В., начальника бази палива Поляха В.Л., інженера-технолога Семенової Л.П., завідуючої хімічною лабораторією Шелест Л.А. та інженера-еколога Тарапко І.В. констатує:

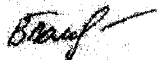
Схема реагентної переробки технологічного шламу із застосуванням декантера і теплообмінника з метою розділення шламу на складові, запропонована Безовською М.С., в якій автор для розділення застосовує для обробки шламу поліакриламід у сполученні з аніонними ПАВ, а саме сульфонуол (пасти марки «технічний»), була застосована на дільниці бази палива та екіпіровки тепловозів локомотивного депо Дніпропетровськ.

Були проведені наступні етапи: перекачування технологічного шламу, що утворився після обмивки рухомого складу депо, у ємкості-накопичувачі; обробка його вищезазначеними реагентами у співвідношенні, запропонованому автором у дисертації, протягом 5 хвилин; відокремлення отриманих продуктів (вуглеводнів, води, твердого залишку) один від одного.

У результаті випробувань встановлено, що вуглеводневий продукт, вихід якого склав 46 %, можливо використовувати у якості мастильного матеріалу для вузлів тертя різних механізмів і устаткування та в якості низькокалорійного рідкого палива для теплоагрегатів.

Таким чином, вважаємо за можливе практичне використання запропонованої Безовською М.С. схеми реагентної переробки технологічного шламу із застосуванням декантера і теплообмінника.

Начальник бази палива



Полях В.Л.

Інженер-технолог



Семенова Л.П.

Завідуюча хімічною лабораторією



Шелест Л.А.

Інженер-еколог



Тарапко І.В.

УКРАЇНА

UKRAINE

ПАТЕНТ

НА ВІНАХІД

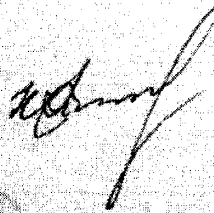
№ 95154

СПОСІБ РЕГЕНЕРАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНОЇ МОТОРНОЇ
ОЛИВИ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи
і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на винаходи
11.07.2011.

Голова Державного департаменту
інтелектуальної власності



М.В. Паладій



УКРАЇНА

ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 70077

СПОСІБ ОЧИСТКИ ВИЩРАЦЬОВАНОЇ МОТОРНОЇ ОЛИВИ
ДЛЯ ДИЗЕЛІВ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи
і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні
моделі 25.05.2012.

Голова Державної служби
інтелектуальної власності України

І.В. Паладій



ДОДАТОК Б**Результати фізико-хімічних і триботехнічних випробувань оливи**

Таблиця Б1 - Результати фізико-хімічних і триботехнічних випробувань
моторної оливи М-14Г₂ЦС

Показник		Норма ГОСТ 12337-84	Результати випробувань	
			Свіжої (товарної)	З додаванням кондиціонера «Техні Люб»
Кінематична в'язкість при 100°C, мм ² /с		13,5-15,0	13,61	13,92
Лужне число, мг КОН/г		Не менше 9,0	9,81	9,92
Випробування на чотири кульовій машині тертя	Критичне навантаження, Н	Не менше 823	1039	1051
	Навантаження зварювання	-	2071	2071
	Діаметр плями зношення, мм	Не більше 0,4	0,27	0,22
Випробування на машині тертя СМЦ-2	Середнє зношення зразків, г	ролик	-	0,00241
		колодка	-	0,00415
	Середня температура оливи, °С	-	50	46

Таблиця Б2 - Результати фізико-хімічних і триботехнічних випробувань
моторної оливи М-14В₂

Показник		Норма ГОСТ 12337-84	Результати випробувань	
			Свіжої (товарної)	З додаванням кондиціонера «Техні Люб»
Кінематична в'язкість при 100°C, мм ² /с		13,5-14,5	13,55	13,94
Лужне число, мг КОН/г		Не менше 4,8	5,97	7,71
Випробування на чотири кульовій машині тертя	Критичне навантаження, Н	Не менше 784	995	1051
	Навантаження зварювання	-	2070	2070
	Діаметр плями зношення, мм	Не більше 0,4	0,24	0,21
Випробування на машині тертя СМЦ-2	Середнє зношення зразків, г	ролик	-	0,00237
		колодка	-	0,00365
	Середня температура оливи, °С	-	49	45

ДОДАТОК В

Орієнтовні граничні значення концентрації продуктів зносу і забруднювачів для різних типів дизелів

Таблиця В1 - Орієнтовні граничні значення концентрації продуктів зносу і забруднювачів для різних типів дизелів (у г/т оливи)

№	Тип дизеля	Д100		14Д40		5Д49		Д50		6S310ДР	
	Тепловоз	ТЭ10 в/и		М62		ТЭ116 ТЭП70		ТЭМ2		ЧМЭЗв/и	
	Граничне значення	К1	К2	К1	К2	К1	К2	К1	К2	К1	К2
1	Залізо	50	100	50	100	65	100	100	200	100	200
2	Купрум	25	70	50	100	50	100	40	60	20	40
3	Свинець	25	100	25	100	15	20	40	100	40	100
4	Алюміній	20	30	15	100	20	30	25	50	25	50
5	Олово	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10
6	Хром	10	15	5	10	10	15	-	-	-	-
7	Кремній	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20

Примітка: алгоритм ґрунтується на порівнянні величин концентрацій продуктів зносу і забруднень різних типів з граничними значеннями. Весь діапазон концентрацій елементів поділяється на три піддіапазони граничними значеннями: К1 і К2. При вмісті елементу менше К1 стан дизеля оцінюється як нормальний. При вмісті елементу більше К1, але менше К2, стан дизеля оцінюється, як незадовільний. При вмісті елементу більше К2 стан дизеля оцінюється, як аварійний [118].

ДОДАТОК Д**Технічні умови на поверхнево-активні речовини**

1. ТУ 2483-077-05766801-98 Неоноли. Технічні умови.

Неонол (концентрація 100 %) являє собою водно-гліколевий розчин суміші аніонних і неіоногенних ПАР. Зовнішній вигляд - рухома в'язка рідина від жовтого до коричневого кольору. Температура застигання - мінус 20°C. Миючий склад РХП-20 - негорюча рідина. За ступенем впливу на організм людини РХП-20 відноситься до помірно-небезпечних речовин - 3 клас (ГОСТ 12.1.007-76).

2. ТУ 6-14-501-79

Аспарал Ф (концентрація 36 %) - натрієві солі похідних аспарагінової кислоти. Аніонна ПАР. Непрозора рухлива або пастоподібна рідина від світло-жовтого до світло-коричневого кольору. Допускається розціарування продукту з утворенням верхнього ущільненого шару, після розмішування стає однорідним. Масова частка основної речовини - $36,0 \pm 2,5$ %. Масова частка вільного гідрату окису натрію, %, не більше 1,0.

3. ТУ 2482-007-04706205-2006

Кокамідопропіламіноксид (Євроксід СРО) - кокамідопропіламіноксид, м'яка ПАР неіоногенного типу (концентрація 30 %). Жовта прозора рідина, рН 6,0 - 8,0; вміст активної речовини - мін. 33 %, вільних перекисів - макс. 0,20 %.

4. ТУ 2481-023-50199225-2002

Emal 270d - натрію лауретсульфат (концентрація 70 %). Аніонна ПАР. Норма за НД 70 %: Молекулярна Формула: $RO(CH_2CH_2O)_n-SO_3Na$. Зовнішній вигляд при температурі 20°C: від безбарвної до жовтуватого кольору. Вміст активної речовини 70 ± 2 %. Вміст залишку, що не сульфується, ≤ 2.5 . Вміст натрію сульфату 1,5. рН (10 % водний розчин): 7,0-9,5.

5. ТУ 2480-002-04706205-2004

Кокамідопропілбетаїн (Cocamidopropyl Betaine) - м'яка (неіоногенна) ПАР, що одержують із застосуванням кокосової олії (концентрація 30 %). М'який очищувач, використовується в комбінації з сильнішими сурфактантами (натрію лаурилсульфат).

6. ТУ 2481-014-50685486-2005

Сульфол - натрію алкілбензолсульфонат марки Б - паста (концентрація 40 %). Аніонна ПАР. Масова частка алкілбензолсульфонатів натрію, %, не менше 40. Масова частка нессульфованих сполук, %, не більше 4. Показник активності водневих іонів (рН) водного розчину сульфонолу з масовою часткою 1 % , од.рН 8-10 .

7. ГОСТ 8980-75 Речовини текстильно-допоміжні. Стеарокс-6. Технічні умови.

Стеарокс (концентрація 100 %) являє собою суміш поліоксіетіленгліколевих етерів стеаринової кислоти з добавкою 5-10 % препарату ОС-20 або 5-7 % допоміжної речовини неолу АФ/9-10 (або Синтанолу ДС-20). Стеарокс-6 відноситься до неіоногенних поверхнево-активних речовин. Стеарокс-6 відноситься до речовин, які важко біологічно розкладаються; ступінь розкладання приблизно 50 %.

8. ТУ 2483-135-05757587-99

Синтанол АЛМ-10 (концентрація 100 %) - неіоногенна ПАР. Зовнішній вигляд: при $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ - в'язка рідина або щільна маса від білого до злегка жовтого кольору. Показник активності водневих іонів (рН) водного розчину препарату з масовою часткою основної речовини 2 %, в межах 6,0-9,0. Кольоровість розплаву (йодна шкала) $\text{мг I}_2/100 \text{ см}^3$, не більше 4. Температура помутніння водного розчину препарату з масовою часткою основної речовини 2 %, $^\circ\text{C}$ 53-56 .