

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ДЕРЕВООБРОБНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ДИЗАЙНУ

Кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки
життєдіяльності


Пояснювальна записка

до диплому/роботи магістра


на тему: «Екологічні проблеми накопичення відпрацьованих мастил на
підприємствах лісопромислового комплексу та розробка методів щодо їх
утилізації»

Виконав: студент VI курсу, групи ТЗНС-62м

Спеціальності 183 «Технології захисту
навколишнього середовища»

Єлесін О.В. 
(прізвище та ініціали)

Керівник

доц. Сторожук В.М. 
(прізвище та ініціали)

Рецензент

Кусирк І.В. 
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Інститут деревообробних технологій і дизайну

Кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки життєдіяльності

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЗНСДБЖД

проф. Кашвецький Б. Я.

30 вересня

2024 року

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Єлесін Олег Вячеславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Екологічні проблеми накопичення відпрацьованих мастил на підприємствах лісопромислового комплексу та розробка методів щодо їх утилізації»

керівник роботи Сторожук Віктор Михайлович, кандидат техн. наук, доцент.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені навчом по університету від " 12 " 07 2024 року № С-469

2. Строк подання студентом роботи до 15 грудня 2024

3. Вихідні дані до роботи Вихідними даними для роботи є дані щодо накопичення відпрацьованих мастил на підприємствах лісопромислового комплексу

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Мастильні матеріали та їх відпрацювання

2. Накопичення відпрацьованих мастильних матеріалів та оцінка їхнього впливу на складові природного середовища

3. Усунення негативного впливу відпрацьованих мастильних матеріалів на довкілля

4. Матеріали і методи досліджень

5. Розробка схем комплексної регенерації відпрацьованого мастильного продукту

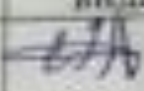
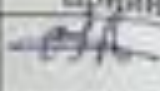
6. Охорона праці

7. Висновки

8. Список використаних літературних джерел

9. Презентація

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видані	завдання прийняті
Охорона праці	Соколовський І.А.		

7. Дата видачі завдання 15 вересня 2024 року

Керівник проекту доц. Сторожук В.М.


КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Промітка
1.	Масляні матеріали та їх відпрацювання	до 01.10.24	
2.	Накопичення відпрацьованих масляних матеріалів та оцінка їхнього впливу на складові природного середовища	до 01.10.24	
3.	Усування негативного впливу відпрацьованих масляних матеріалів на довкілля	до 01.10.24	
4.	Матеріали і методи досліджень. Розробка схем комплексної регенерації відпрацьованого масляного продукту	до 20.10.24	
5.	Розділ з охорони праці	до 15.11.24	
6.	Загальні висновки по роботі	до 01.12.24	
7.	Оформлення роботи, презентація	до 15.12.24	

Студент

Керівник проекту

 Єлєсін О.В.

 доц. Сторожук В.М.

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота «Підвищення екологічної безпеки підприємств з виробництва деревоволокнистих плит мокрим способом» складається із: пояснювальної записки (51 стор.), яка містить 17 рисунків, 3 таблиці, 15 джерел.

Робота присвячена актуальній проблемі утилізації та регенерації відпрацьованих мастильних матеріалів, які накопичуються на підприємствах лісопромислового комплексу і, при порушенні вимог складування та зберігання, завдають шкоди компонентам навколишнього середовища. Представлений компонентний склад мастильних матеріалів, а також описані зміни, які відбуваються внаслідок відпрацювання, виділено основні забрудники та представлена їх характеристика. Проведено оцінку впливу відпрацьованих мастильних матеріалів на складові природного середовища: поверхневі та підземні води, атмосферу та ґрунти. Представлені відомості щодо необхідності розроблення комплексу заходів для функціонування дієвої системи охорони середовища від відпрацьованих мастильних матеріалів, розглянено вимоги до їх збору та зберігання, представлено рішення щодо утилізації та регенерації. Представлено фізико-хімічні характеристики відпрацьованої оливи, які визначено згідно представлених методик, а також охарактеризовано адсорбенти, які обрано для реалізації адсорбційного методу очищення відпрацьованого матеріалу. Представлено результати, отримані внаслідок застосування адсорбційного методу очищення відпрацьованої оливи та апаратурне оформлення лінії регенерації відпрацьованої оливи для можливості реалізації постадійного процесу у промислових умовах.

Ключові слова: мастила, оливи, утилізація, регенерація, охорона середовища.

SUMMARY

Master's qualification thesis «**Ecological problems of used lubricating oils accumulation at the forestry complex enterprises and the development of methods for their disposal**» consists of: explanatory note (51 pages) containing 17 figures, 3 tables, 15 sources.

The work is devoted to the actual problem of disposal and regeneration of used lubricants, which accumulate at the enterprises of the forestry complex and, in violation of the storage and storage requirements, cause damage to the components of the environment. The component composition of lubricants is presented, the changes that occur as a result of aging are described, the main pollutants are highlighted, and their characteristics are presented. An assessment of the impact of used lubricants on the components of the natural environment: surface and underground waters, the atmosphere, and soils was carried out. Information on the need to develop a set of measures for the functioning of an effective environmental protection system against used lubricants, considers the requirements for their collection and storage is present, and solutions for disposal and regeneration are presented. The physicochemical characteristics of the used oil, which were determined according to the presented methods are presented. Also the adsorbents chosen for implementing the adsorption method for cleaning used material are characterizes. The results of applying the adsorption method for oil purification, along with the design of the equipment used in the oil regeneration line, allowing for the implementation of a continuous process in industrial conditions are presented.

Keywords: *lubricants, oils, utilization, regeneration, environmental protection.*

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. МАСТИЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ЇХ ВІДПРАЦЮВАННЯ	10
1.1. Компонентний склад мастильних матеріалів	10
Відпрацювання мастильних матеріалів. Основні види забруднень у відпрацьованих мастильних матеріалах	12
РОЗДІЛ 2. НАКОПИЧЕННЯ ВІДПРАЦЮВАНИХ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ОЦІНКА ЇХНЬОГО ВПЛИВУ НА СКЛАДОВІ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА	15
2.1. Огляд проблеми накопичення відпрацьованих мастильних матеріалів	15
Оцінка впливу відпрацьованих мастильних матеріалів на складові природного середовища	16
РОЗДІЛ 3. УСУНЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ВІДПРАЦЮВАНИХ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ДОВКІЛЛЯ	19
3.1. Розроблення комплексу заходів щодо функціонування дієвої системи охорони навколишнього середовища від відпрацьованих мастильних матеріалів	19
3.2. Поводження з відпрацьованими мастильними матеріалами	20
3.3. Характеристика способів утилізації відпрацьованих мастильних матеріалів	20
3.4. Вимоги до ділянок збору відпрацьованих мастильних матеріалів для подальшої регенерації	21
3.5. Характеристика способів регенерації відпрацьованих мастильних матеріалів	22
РОЗДІЛ 4. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	27
4.1. Характеристика матеріалів: оливи і адсорбентів	27
4.2. Методи досліджень	28
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА СХЕМ КОМПЛЕКСНОЇ РЕГЕНЕРАЦІЇ ВІДПРАЦЮВАНОВОГО МАСТИЛЬНОГО ПРОДУКТУ	32

5.1. Розробка схеми комплексної регенерації відпрацьованої оливи на основі даних щодо вмісту забрудників	32
5.2. Регенерація оливи із застосуванням адсорбційного методу в лабораторних умовах	33
5.3. Апаратурне оформлення лінії регенерації відпрацьованої оливи	37
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ	41
ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ	50

ВСТУП

Актуальність роботи. Підприємства лісопромислового комплексу використовують значну кількість пластичних та мінеральних мастил, моторних масел, змащувальних олив, тощо. Пластичні мастила належать до переліку найбільш затребуваних нафтопродуктів, широко застосовуються для змащування транспортних двигунів та вузлів технологічного обладнання, тому відіграють одну з ключових ролей у забезпеченні надійної роботи автомобільних двигунів та безпечної експлуатації вузлів обладнання та технологічного обладнання в цілому. Їх використання забезпечує значне зменшення зношування поверхонь деталей внаслідок тертя, а також частковий захист від корозійного впливу середовища. Пластичні мастила при їх нанесенні мають здатність утримуватись на вертикальних поверхнях, тому використовуються там, де використання рідких змащувальних олив є неможливим. Широким є також застосування мінеральних мастил в якості змащувально-охолоджувальних рідин. Поява нових підприємств лісопромислового комплексу, які забезпечуються найрізноманітнішою технікою, введення в експлуатацію виробничих технологічних ліній, станкового обладнання, нового устаткування, а також збільшення кількості транспортних засобів, пов'язані з витратами великої кількості індустріальних та моторних олив, меншою мірою трансмісійних та гідравлічних.

Відпрацьовані мастила та оливи часто зберігаються та складуються на територіях підприємств лісопромислового комплексу, і, таким чином накопичуються. Належачи до категорії небезпечних відходів, такі відпрацьовані матеріали становлять значну загрозу для навколишнього середовища та здоров'я людей, тому потребують особливого поводження.

Питання утилізації відпрацьованих мастил, мастильних матеріалів, олив є актуальним питанням сьогодення [1-3, 9]. Однак відпрацьовані мастила мають ресурсну цінність і можуть бути повторно використаними. У промислово розвинених країнах, частка переробленого мастила (від загального виробництва) є значною і становить близько 30%. В зв'язку з великим обсягом накопичення зістарених мастильних матеріалів та їхньою доволі високою

вартістю, розробка та впровадження технологій відновлення властивостей останніх (їх регенерація) є завданням, яке потребує вирішення. Повторне використання мастил та мастильних матеріалів забезпечує економію ресурсів, та, разом з цим, ліквідує екологічну загрозу потрапляння цих матеріалів у навколишнє середовище, таким чином підвищуючи економіко-екологічну ефективність господарської діяльності [8, 9].

Метою роботи є дослідження екологічних проблем пов'язаних з накопиченням відпрацьованих мастильних матеріалів та розробка методів їх утилізації та регенерації.

Для досягнення мети, були виділені наступні завдання:

- вивчити компонентний склад мастильних матеріалів та встановити основні зміни, пов'язані з завершенням терміну експлуатації та викликані довготерміновим зберіганням;
- дослідити вплив відпрацьованих мастильних матеріалів на компоненти довкілля;
- провести огляд технологічних рішень щодо утилізації відпрацьованих мастильних матеріалів та їх регенерації;
- провести очищення відпрацьованого мастильного матеріалу методом адсорбції;
- розробити ресурсозберігаючу комплексну технологію регенерації та представити її апаратне оформлення.

Об'єкт дослідження – відпрацьовані мастильні матеріали.

Предмет дослідження – вплив відпрацьованих матеріалів на компоненти довкілля та методи утилізації та регенерації відпрацьованих мастильних матеріалів.

РОЗДІЛ 1. МАСТИЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ЇХ ВІДПРАЦЮВАННЯ

1.1. Компонентний склад мастильних матеріалів

За джерелом походження, мастильні матеріали поділяються на:

- мінеральні - є продуктами первинної переробки нафти, містять ряд домішок (сірка, активні вуглеводні), є високов'язкими продуктами;

- синтетичні - отримують шляхом хімічної переробки продуктів перегонки нафти, нафта для їх отримання багаторазово оброблена, тому в ній відсутні небажані домішки. Синтетичні масла є менш в'язкими, мають довший термін експлуатації;

- змішані (напівсинтетичні масла, комбіновані олії) – це суміші, в яких 55-70% займає мінеральна та 30-50% – синтетична складова.

У відповідності до застосування, мастила поділяються на: моторні; газотурбінні; трансмісійні; енергетичні; промислові, тощо [1, 3, 4].

Загалом, основними компонентами, що входять до складу мастильного матеріалу є:

- базова складова (олива мінеральна чи синтетична, яка становить 70-90% складу);
- загущувачі (високомолекулярні солі жирних кислот, полімери, карбаміди, глина), що становлять близько 20% складу;
- наповнювачі (тальк, графіт, мідний порошок, дисульфід молібдену, слюда, тощо), що становлять близько 10% складу;
- присадки (поліфункціональні добавки).



Рис. 1.1. Компонентний склад мастил.

Отже, загалом, мастильні матеріали являють собою складні суміші, що

складаються з: вуглеводневої (ароматичні вуглеводні, ізопарафіни, тощо) та неуглеводневої частин (сполуки сірки, важких металів, азоту, кисню, тощо); згущувачів; наповнювачів; присадок.

Наповнювачі. Мастильні матеріали містять у своєму складі до 10 % мас. наповнювачів – різних за складом і походженням твердих порошкоподібних продуктів, не розчинних у дисперсійному середовищі. Вони вводяться до мастил для поліпшення їх експлуатаційних властивостей (в'язкості, стабільності, тощо), а іноді додаються з економічних міркувань. В якості наповнювачів можуть застосовуватись органічні матеріали (фторопласт, метил- та етилцелюлоза, тощо), а також неорганічні матеріали (сажа, азбест, графіт, слюда, тальк, тощо). У деяких випадках, в якості наповнювачів, використовують: карбонати; окиси; сульфіди та сульфати металів.

Поліфункціональні присадки. Присадки (добавки) – речовини, що додаються у мастила (моторне масло) для посилення чи послаблення, стабілізації властивостей продуктів. Присадки вводяться у мастила у кількості 0,1...5,0 % мас, розчиняються у дисперсійному середовищі, впливають на формування структури мастил, поліпшують їх експлуатаційні властивості.

Основними присадками є: адгезійні – підвищують здатність мастил утримуватися на поверхнях; антиокиснювальні – забезпечують можливість використання мастил за високих температур без окислення; протизношувальні – зменшують зношуваність поверхонь тертя; антифрикційні – знижують коефіцієнт тертя між дотичними поверхнями; протизадирні – запобігають появі заїдань і задирів на парі із поверхонь дотику; антикорозійні – оберігають від корозії металічні деталі; в'язкісні (або загущуючі) – покращують в'язкісно-температурні характеристики мастил за рахунок зміни властивостей дисперсійного середовища; металоплакуючі – містять порошки металів чи оксидів металів, знижують втрати енергії на тертя.

Оливи. Моторні та індустриальні оливи є найбільшими групами за обсягом виробництва та асортиментом. Базові оливи - оливи до яких не додані присадки. Значна частина товарних олив, більшою мірою моторних, містять у своєму складі присадки, що поліпшують фізико-хімічні, експлуатаційні властивості.

Моторні оливи призначені для змащування поршневих ДВЗ (двигунів внутрішнього згорання), є оливи для бензинових та дизельних двигунів, а також універсальні. Індустріальні оливи застосовують на промисловому обладнанні – пресах; верстатах; станках, гідравлічних системах, обладнанні де є: підшипники, редуктори. Трансмісійні оливи знаходять застосування: у вузлах тертя агрегатів трансмісій (легкових і вантажних автомобілів); черв'ячних передачах, зубчастих редукторах. Гідравлічні оливи - робочі технічні рідини для гідравлічних систем. На основі оливок одержують інші мастильні матеріали, серед яких: пластичні мастила, консерваційні мастильні матеріали й мастильно-охолоджувальні рідини.

1.2. Відпрацювання мастильних матеріалів. Основні види забруднень у відпрацьованих мастильних матеріалах

Загалом, можна виділити кілька основних причин старіння (відпрацювання) мастильних матеріалів. Основні причини пов'язані із втратою хімічної стабільності мастила внаслідок випаровування; процесів окислення; розкладання та полімеризації; конденсації вуглеводнів; обвуглення (неповне згорання), заводнення; забруднення механічними домішками, тощо. Такі процеси відбуваються під час роботи двигунів та роботи технологічного обладнання, коли мастила контактують з металами, піддаються впливу тиску, температури. В результаті в мастилах накопичується ряд сполук (асфальтно-смолисті сполуки), тверді частинки (колоїдні частинки, різні солі, кокс та сажа, металічна стружка, пил, волокнисті речовини), а також рідинні включення (кислоти, вода).

Мастильні матеріали мають свій термін експлуатації, після завершення якого необхідною є їх заміна через процес старіння (відпрацювання) в процесі експлуатації, під яким розуміють поступові та незворотні зміни в якісному та кількісному складі матеріалів з часом. *Відпрацьовані мастильні матеріали - це складні багатоконпонентні системи, що характеризуються:*

- окисленим вуглеводневим складом (продукти згорання - поліциклічні ароматичні вуглеводні (поліциклічні ацени);
- продуктами термічного розкладання - при контакті мастильного матеріалу з

нагрітими частинами обладнання, відбувається крекінг і в результаті утворюються легкі летючі і важкі продукти;

- накопиченням продуктів неповного згорання палива;
- вмістом твердих включень: продукти зносу деталей, твердих часток пилу, присадок ті їх залишків (особливо токсичні продукти).
- наявністю важких металів.

Загалом, відпрацьоване масло можна розглядати як суміш токсичних сполук з низьким ступенем біодеградації (10-30%), що містять у своєму складі більше 140 канцерогенних поліциклічних вуглеводнів і їх кількість зростає пропорційно до збільшення терміну експлуатації мастильного матеріалу. Окрім цього, у відпрацьованих маслах спостерігається накопичення значної кількості токсичних сполук, яких в складі мастильних матеріалів не було перед початком їх експлуатації (відбувається розкладення компонентів мастильних матеріалів; термоокисна деструкція компонентів; біодеструкція. Додатково відпрацьовані мастила забруднюються твердими частинками в процесі їх збору та зберігання. У зв'язку з цим, відпрацьовані мастила та мастильні матеріали відносяться до категорії небезпечних відходів (3 клас небезпеки для моторних масел), а за токсичністю – до другої категорії.

Небезпечні компоненти відпрацьованих мастил:

Поліциклічні ацени (ПА). Дослідженнями встановлено, що ріст канцерогенної дії відпрацьованих нафтових масел, в порівнянні із свіжими, відбувається в результаті накопичення в них біологічно-активних поліциклічних аценів (ПА), які є продуктами неповного згорання палива та продуктами, що утворюються при термічному розкладанні масел. Масла з бензинових двигунів стають канцерогенно-вмісними після пробігу більше 5 тис. км. В таких маслах виявляли стократне збільшення кількості поліциклічних аценів. Небезпечність ПА проявляється ще у їх здатності до синергічної взаємодії з іншими сполуками цього ж класу.

Поліхлоровані дифеніли (ПХД). Найбільшу небезпеку в складі зістарених мастил являють похідні галогенів. Особливо небезпечними є поліхлоровані дифеніли - високотоксичні продукти розкладання хлоромісних присадок, вони

ідентифікуються у зразках зістарених мастильних матеріалах. Одночасна присутність у відпрацьованих маслах ПА та ПХД підсилює шкідливий вплив на організм людини та оточуюче середовище.

Діоксини та фурани. Присадки типу пентахлорфенолу є джерелами діоксинів та фуранів у відпрацьованих мастильних матеріалах.

Метали. У відпрацьованих маслах можуть бути присутніми свинець (свинцеві антидетонатори); барій; хром; алюміній; залізо; мідь; олово; нікель.

Інші токсичні відходи. До токсичних продуктів, що містяться в складі відпрацьованих моторних мастил належать продукти неповного згорання палива; мілка металева стружка; розчинники; бактерії; гриби [17].

РОЗДІЛ 2. НАКОПИЧЕННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ОЦІНКА ЇХНЬОГО ВПЛИВУ НА СКЛАДОВІ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

2.1. Огляд проблеми накопичення відпрацьованих мастильних матеріалів

В світі щорічно виробляється до 42 млн. т різних мастильних матеріалів, причому в Україні обсяг їх виробництва щорічно зростає. За статистикою, в Україні споживається близько 1,1 млн т/рік мастил, мастильних матеріалів та олів. Споживання мастильних матеріалів в Україні є наступною: моторні масла - 74,1 % індустріальні масла - 21,4 %; та масла іншого призначення - 4,5 %. Однак, збір відпрацьованих матеріалів складає лише близько 400-550 тис т/рік. Таким чином, близько 75-80% обсягів відпрацьованих мастил використовується нераціонально через відсутність сучасних технологій регенерації [5, 6]. Окрім цього, значні обсяги скидаються в навколишнє природне середовище (відпрацьовані продукти викидають на муніципальні звалища та зливають у каналізаційну мережу), наносячи непоправну шкоду.

Через відсутність досконалої системи роздільного збирання мастил на рівні держави та окремих підприємств, несвоєчасність вивезення відпрацьованих матеріалів з виробничих територій, а також відсутність належної інформативності щодо способів та умов утилізації відпрацьованих мастил із залученням відповідних інстанцій, відбувається нагромадження мастильних матеріалів на територіях промислових об'єктів. Негаразди у сфері поводження з відпрацьованими мастильними матеріалами, як відходами, на жаль, стали складовою не лише виробничо-промислової, але і загальної культури частини громадян. Внаслідок неправильного зберігання, нагромадження, розливів та витоків (при аваріях, ремонтних роботах, наповненні резервуарів та іншої тари, заміні мастила, зборі відпрацьованого продукту) спостерігається значне навантаження на довкілля поряд із втратами значних матеріальних ресурсів.

2.2. Оцінка впливу відпрацьованих мастильних матеріалів на складові природного середовища

Вплив на атмосферне повітря. Головним чином, забруднення повітря (рис. 2.1) відбувається внаслідок процесів випаровування легколетких компонентів з мастил (при довготривалому зберіганні; розливах, витоках, тощо). Швидкість випаровування залежить від хімічного складу мастил та робочої температури об'єкта.

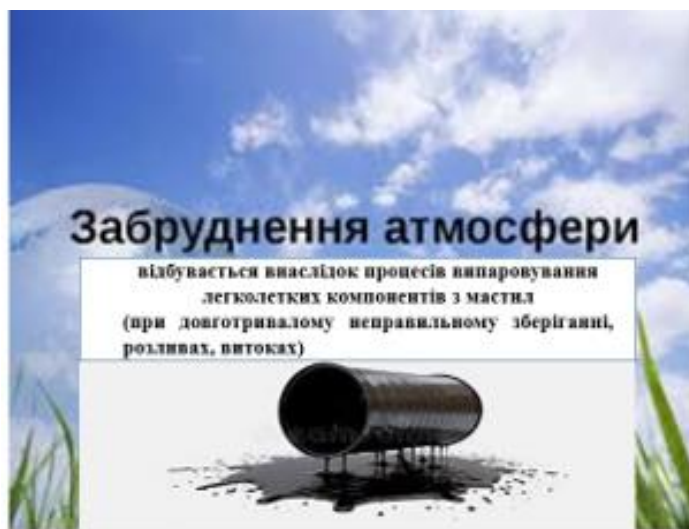


Рис. 2.1. Забруднення атмосфери внаслідок випаровування легколетких компонентів пролитого продукту

За використання процесу спалювання мастил у якості палива для печей та котлів відбувається сильне забруднення повітря продуктами спалювання. В повітря надходять: поліциклічні ароматичні вуглеводні; свинець та інші метали; сірка, азот, фосфор, хлор, бром, тощо.

Забруднення поверхневих та підземних вод. Відпрацьовані мастильні матеріали попадаючи у водні об'єкти (рис. 2.2) утворюють плівку, яка не піддається біологічному розкладу, і з часом може частково осісти на дно водойми. Попадання мастильних матеріалів у водойми спричиняє захворювання та гибель риби, мікрофлори та рослинності водойми.



Рис. 2.2. Забруднення водного об'єкту відпрацьованим мастильним матеріалом

Якщо не вжити запобіжних заходів, разом із забрудненнями ставків, озер та річок, хімічні речовини можуть поширюватися на великі площі поверхневих вод, а також проникати у підземні, що є головним джерелом водопостачання.

Забруднення ґрунтів. Найскладніше відновлюється забруднений ґрунт(рис. 2.3), оскільки він здатен акумулювати і закріплювати шкідливі й токсичні речовини [7].



Рис. 2.3. Забруднення відпрацьованим маслом ґрунту.

Природне відновлення ґрунтів, забруднених відпрацьованими маслопродуктами є дуже повільним процесом, оскільки ґрунт здатен акумулювати і закріплювати шкідливі й токсичні речовини. Пролиті відпрацьовані мастильні матеріали всмоктуються ґрунтом (особливо сухим) за

рахунок капілярних сил і можуть утримуватися в ньому тривалий термін, при цьому перетворюючи його в насичену забрудненим нафтопродуктом губку.

Особливу небезпеку для ґрунтових покривів представляють синтетичні та напівсинтетичні мастильні матеріали.

При високому рівні забруднення ґрунту спостерігається:

- диспергація структури ґрунту;
- зниження водопроникності ґрунту (погіршується водний режим);
- витіснення кисню (погіршується повітряний режим);
- зміна співвідношення між карбоном та нітрогеном, зменшення вмісту рухомих форм фосфору та калію;
- порушення біохімічних та мікробіологічних процесів;
- зниження родючості ґрунту (порушується кореневе живлення рослин, гальмується їх ріст і розвиток);
- відсутність функціональної активності флори і фауни (зміна чисельності та видового різноманіття ґрунтової мезо- і мікрофауни та мікрофлори).
- зниження самоочищаючої здатності.

РОЗДІЛ 3. УСУНЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ДОВКІЛЛЯ

3.1. Розроблення комплексу заходів щодо функціонування дієвої системи охорони навколишнього середовища від відпрацьованих мастильних матеріалів

Зважаючи на значні об'єми накопичених на територіях підприємств відпрацьованих мастильних матеріалів, які спричиняють негативний на організм людини та навколишнє середовище при недотриманні правил зберігання та поводження, виникає необхідність їх класифікації; збору; утилізації (знешкодження) чи регенерації. Для забезпечення функціонування системи щодо охорони середовища від відпрацьованих мастильних матеріалів, необхідним є:

- створення більш досконалої системи класифікації відпрацьованих мастильних матеріалів та системи їх збору;
- розробка та введення в експлуатацію установок чи технологічних ліній, які б забезпечували необхідний об'єм утилізації чи перероблення зібраних продуктів (із вмістом різних забрудників);
- впровадження законодавчих заходів, які б дозволяли організувати систему переробки відпрацьованих мастильних матеріалів в Україні;
- створення дозвільної системи щодо поводження з відпрацьованими маст. матеріалами, як з відходами небезпечними;
- забезпечення економічного стимулювання діяльності виробництв щодо збору відпрацьованих мастильних матеріалів;
- функціонування штрафів (за накопичення, порушення норм поводження з відпрацьованими мастильними матеріалами).

3.2. Поводження з відпрацьованими мастильними матеріалами

На підприємствах, де утворюються відходи в якості відпрацьованих мастильних матеріалів необхідно:

- вести облік кількості, типу відходів;
- забезпечувати повне збирання відпрацьованих матеріалів (не допускати змішування відходів);
- забезпечувати належне зберігання та недопущення псування відходів. На

підприємствах лісопромислового комплексу, де відпрацьовані мастила, оливи, змащувальні матеріали утворюються в результаті технічного обслуговування транспортних засобів та технологічного обладнання (основного та допоміжного), усі утворені відходи повинні тимчасово зберігатися у герметичних ємностях (з маркуванням) на спеціально обладнаній території промислового майданчика. Маркування: код відходів (згідно ДК 005-96) – 6000.2.8.10; назва (згідно класифікатора відходів ДК 005-96) – масла та мастила моторні, трансмісійні інші зіпсовані або відпрацьовані).

- здійснювати контроль за станом місць розміщення відходів;
- призначати відповідальних осіб у сфері поведження з відходами;
- не допускати зберігання та видалення відходів у несанкціонованих місцях чи об'єктах.

Зберігання на території підприємства є тимчасовим, після чого відходи повинні передаватися спеціалізованим організаціям, з якими укладені договори, для знешкодження чи проведення регенерації.

3.3. Характеристика способів утилізації відпрацьованих мастильних матеріалів

До основних способів утилізації відпрацьованих мастильних матеріалів належать [9, 10-12]:

1. Спалювання (для отримання додаткового джерела енергії);
2. Проведення термічному розкладу (термокрекінгу) – у результаті одержують легкі фракції – компоненти бензину та дизельного палива, а також бітумних матеріалів (що використовують для дорожнього покриття).

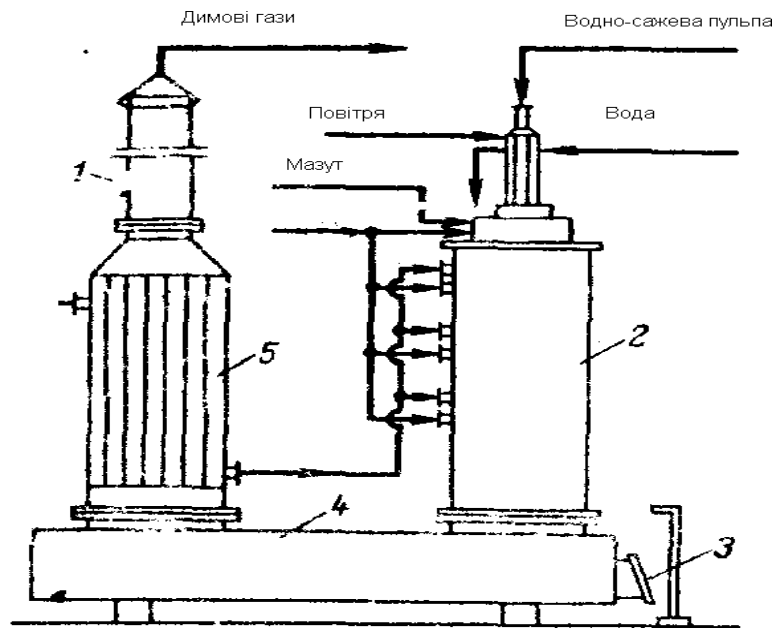


Рис. 3.1. Піч для спалювання відпрацьованих мастильних матеріалів: 1– димова труба; 2– піч; 3 – фільтрувальний елемент; 4 – відвід; 5 – повітропідігрівач

Для реалізації термічного розкладу відпрацьованого мастильного матеріалу, застосовують установку, зображену на рис. 3.1. Відпрацьоване масло через форсунковий елемент подається в камеру згоряння печі 2, яка обкладена з середини вогнетривким матеріалом. Для реалізації процесу спалювання (за температур вище 900 °С), в піч додатково подають рідке або газоподібне паливо. Термічний метод дозволяє отримати теплову енергію для виробничих цілей. Недоліком термічного знезаражування є утворення продуктів спалювання, зокрема, окислів азоту.

3.4. Вимоги до ділянок збору відпрацьованих мастильних матеріалів для подальшої регенерації

Одним із найбільш перспективних шляхів поводження з відпрацьованими мастильними матеріалами є їх регенерація для повторного використання. Регенерація є економічно та екологічно оправданим технологічним рішенням, що дозволяє зменшити екологічне навантаження на довкілля.

Відпрацьовані мастильні матеріали доцільно поділяти на три групи:

- 1 група – мастила моторні відпрацьовані та їх суміші з індустріальними;
- 2 група – мастила індустріальні відпрацьовані і їх суміші, а також турбінні

і компресорні мастила, які призначені для регенерації;

3 група – суміш нафтопродуктів відпрацьованих в тому числі і масел, бензину, гасу, дизельного пального.

Вимоги до ділянок збору відпрацьованих мастильних матеріалів. Ділянки збору відпрацьованих мастильних матеріалів повинні мати складські приміщення, обладнані сучасними засобами пожежогасіння та сигналізації. У складських приміщеннях повинні бути розміщені спеціальні марковані резервуари (ємності) об'ємом 4-5м³ – окремі для кожної групи відпрацьованих матеріалів (рис. 3.2).

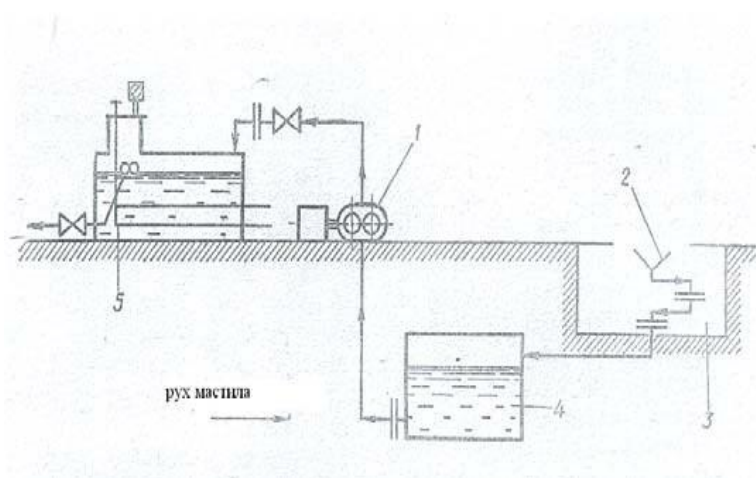


Рис. 3.2. Схема збору відпрацьованого мастила: 1 – насос відцентровий; 2 – воронка; 3 – оглядова яма; 4 – ємність проміжна; 5 – ємність накопичувальна наземна

Патрубки ємностей повинні бути виконані таким чином, щоб дрібні частки та волога не попадали у ємності – для цього передбачається захисна сітка і герметична кришка. Якщо резервуари встановлені в неопалювальних приміщеннях, то в зимових умовах передбачаються засоби підігріву та теплоізоляції.

3.5. Характеристика способів регенерації відпрацьованих мастильних матеріалів

Встановлено, що одним із шляхів зменшення накопичення значної кількості шкідливих речовин у мастильних матеріалах та, відповідно, зменшення ступеня канцерогенності мастильного матеріалу, є зменшення терміну його

використання (своєчасна зміна відпрацьованих мастильно засобу). Таке рішення також полегшує регенерацію, оскільки видалення із зістарених мастил поліциклічних аренів та ПХД вимагає реалізації складних технологічних рішень.

Для аргументованого підходу щодо потреби регенерації відпрацьованих мастил цінною є наступна інформація: з 1т нафти можна отримати 250-300 кг мастила, а з 1т відпрацьованого мастила можливо отримати 700-850 кг продукту, який можна повторно використати як сировину для промислового виробництва. Оскільки значна частина мастил імпортується в Україну, то важливо проводити збір відпрацьованих мастил та проводити їх переробку.

Регенерація мастил та олив є економічно-оправданим технологічним рішенням, що дозволяє зменшити екологічне навантаження на довкілля, зменшити кількість матеріалів, які необхідно утилізувати, а також отримати продукти, що можуть бути повторно використаними [8]. Регенерація мастил, олив може здійснюватись безперервно очисткою в циркуляційних системах виробничого обладнання та двигунів за допомогою пристроїв фільтрування чи центрифуг, або відновленням відпрацьованих матеріалів, які зливають з агрегатів і обладнання. В такому разі, відновлення властивостей відпрацьованих матеріалів здійснюють на регенераційних установках в стаціонарних умовах – на регенераційних станціях, цехах, заводах, які забезпечені цільовим обладнанням.

Можна виділити два основні *напрями регенерації*. Перший напрямок полягає у відновленні початкових властивостей та якостей відпрацьованого мастильного матеріалу до стандартизованих (спеціальні технічні умови повинні встановлювати допустимі відхилення від показників стандартизованих). Другий варіант зводиться до очищення від забруднень, основним чином присадок, для одержання базових олив.

На основі огляду джерел літератури, було виділено наступні *методи регенерації*:

Методами фізичної регенерації є: відстоювання, фільтрування, перегонка, ректифікація, промивання водою;

Методами фізико-хімічної регенерації є: коагуляція, адсорбція, гідроочищення за присутності адсорбентів.

Застосування коагулянтів сприяє збільшенню та випаданню в осад асфальтно-смолистих речовин, які знаходяться в оливі в дисперсному стані.

Адсорбційні методи очищення базуються на здатності вибіркового поглинання адсорбентами речовин, які містяться в оливі (можна видалити асфальтно-смолисті речовини; емульговану і розчинену воду; кислотні речовини). Як адсорбенти з високою поглинальною здатністю найчастіше використовують активовані глини.

Процес гідроочищення – спрямований на відщеплення від вуглеводнів молекул азото-, сірко-, кислото-, металовмістких радикалів, тощо, та приєднання на їх місце атомарного водню. Процес реалізується у високотемпературних режимах (380 - 400°C та тиску 50 - 70 кгс/см²) за присутності алюмо-кобальтових каталізаторів. Це достатньо складний, пожежо-небезпечний виробничий процес.

Методами хімічної регенерації є: сірчаноокислотне очищення та лужне очищення. Реалізація хімічних методів регенерації дозволяє очистити мастильні матеріали від асфальто-смолистих, гетероорганічних речовин, кислотних речовин, води. Недоліком методу є утворення відходів хімічно-стійких сполук, які важко утилізувати. Для прикладу, світовий об'єм регенерації відпрацьованих мастильних матеріалів із застосуванням сірчаноокислотного очищення становить близько 80%. Однак, наслідком реалізації цього методу є утворення кислих гудронів – найбільших небезпечних відходів, накопичення яких створює екологічну загрозу довкіллю.

Вибір методу регенерації повинен базуватися на попередніх дослідженнях щодо типів забруднення відпрацьованих мастильних матеріалів, визначенні їх вмісту, а також з врахуванням технологічної можливості реалізації методів регенерації (регенерація є тривалим процесом, який вимагає реалізації процесу на спеціальних станціях, де розміщене все необхідне обладнання) та економічних показників.

Комбіновані методи – це сукупність кількох доступних методів.

Для регенерації відпрацьованого мастильного матеріалу застосовують установку «Віта-Р», зображену на рис. 3.3. Регенерація за представленою схемою базується на застосуванні фізичного методу, з використанням процесів

відстоювання, сепарації на центрифугах, фільтрування і промивки водою. Відпрацьовані мастильні матеріали (потік II) подаються в ємність 3, звідки за допомогою відцентрового насосу 4 подаються в підігрівач 1 для підігріву до температури 110-120°C, звідки подаються в ємність-електролізер 5. З ємності 7 (потік I) подається деемульгатор (*Sot* чи ДОР-22). Масло з поверхні ємності 5 видаляється, подається на сепарацію у центрифугу 6, а далі - на фільтрування та промивку водою.

Вода (потік III) з резервуару 5 за допомогою насоса відводиться. Осілі у відстійнику частки механічних домішок за допомогою скребоків видаляються.

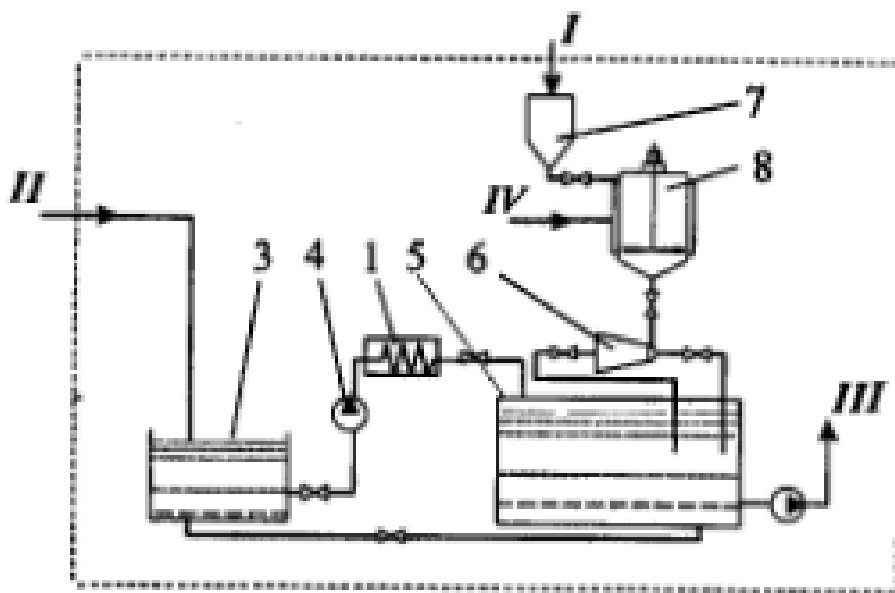


Рис. 3.3. - Схема установки «Віта-Р» для регенерації відпрацьованих мастильних матеріалів

Для регенерації відпрацьованих мастильних матеріалів застосовують установку, основним елементом якої є ректифікаційна колона (рис. 3.4). Відпрацьоване масло за допомогою відцентрового насоса 1 перекачується через секції трубчастої печі 2. З печі 2 з температурою 300°C продукт направляється в ректифікаційну колону 3 – для розділення компонентів мастила на фракції. В колону 3 вводиться перегріта водяна пара, під дією якої більша частина масла переходить в газоподібний стан. Флегма для зрошення подається на верхню тарілку колони 3. Важколеткі фракції мастильного матеріалу стікають в нижню частину колони 3 через гідрозасувку 8 і виводяться в збірник 9. Пари (легколеткі

фракції масла та вода) із верхньої частини колони 3 відводяться в конденсатор 4 і холодильник 5. В сепараторі 6 масло відстоюється від води.

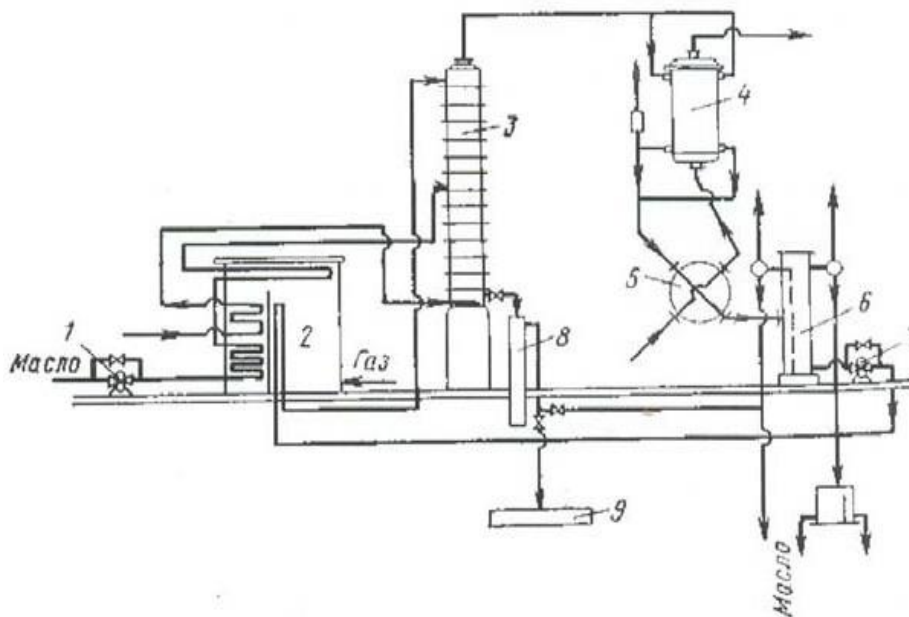


Рис. 3.4. Технологічна схема установки регенерації відпрацьованого мастильного матеріалу із застосуванням методу ректифікації

Вихід регенованого масла 80-90%. Більша частина регенованого масла відводиться у збірник, а інша незначна частина масла насосом 7 прокачується через нагрівальний екран трубчастої і подається в якості флегми на верхню тарілку колони 3.

РОЗДІЛ 4. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Характеристика матеріалів: оливи і адсорбентів

Олива

Відпрацьовані оливи на підприємствах не змішують, а зберігають окремо за марками. Для дослідження була використана відпрацьована індустріальна олива, яка зберігалася на підприємстві протягом тривалого часу в неналежних умовах (на відкритій ділянці). Дана олива в свіжому стані відповідає стандартам.

Відпрацьована олива, що подається на регенерацію була попередньо проаналізована щодо основних характеристик. Характеристики відпрацьованої оливи були порівняні з характеристиками свіжої оливи та показниками стандартів. Результати представлені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1. Характеристики свіжої та відпрацьованої оливи

Найменування показника	Олива свіжа	Стандарт	Відпрацьована олива
Густина при 20°C, кг/м ³ , не більше	820	не більше 950	392 (розріджена)
Кінематична в'язкість при 40°C, мм ² /с (сст)	61	вище 35	28
Масова частка механічних домішок, % (мас.)	відсутні	відсутні	2,5
Масова частка води, % (мас.)	сліди	Не більше 2	15 (емульгована та фізично зв'язана вода)
Вміст забруднень	відсутні	відсутні	асфальтени

Адсорбенти

Бентоніти (рис. 4.1) – природні глинисті мінерали (алюмосилікати), основну частину яких складають мінерали монтморилоніту ($Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$). Бентоніти мають розвинену питому поверхню і для них притаманні сорбційні властивості [14-15]. Вони забезпечують одночасний перебіг процесів фізичної адсорбції та іонного обміну (мають обмінні катіони

Na⁺ , Mg²⁺, Fe³⁺, Ca²⁺, Al³⁺ [17]) і тому мають високу вибірковість щодо органічних та неорганічних йонів та молекул [18]. Для реалізації процесу адсорбції, використовували подрібнений бентоніт з розміром фракції 0,7...1,2 мм. Перевагою застосування бентоніту є низька вартість матеріалу. Доступність бентонітів дає можливість їх використання в адсорбційних процесах, які не передбачають проведення їхньої регенерації.



Рис. 4.1. Бентонітовий мінерал та подрібнений мінерал, що використовувався в якості адсорбенту

Активоване вугілля (деревне) – вуглецевий адсорбент, виготовлений промисловим способом. Активне вугілля (рис. 4.2а) має пористу структуру (пори мають розміри від 0.3 нм до декількох тисяч нм (1 нм (нанометр) = 10⁻⁹ м) та велику внутрішню поверхню (близько 500 м²/г). Завдяки цим властивостям активоване вугілля в змозі затримувати на внутрішній поверхні пор молекули широкого класу забрудників [13]. Розмір фракції активованого вугілля для проведення досліджень становив 0,7...1,7 мм (рис. 4.2б).



а



б

Рис. 4.2. Активоване вугілля деревне (рис. а) та подрібнений матеріал (рис. б), що використовувався в якості адсорбенту

2.2. Методи досліджень

Для визначення густини відпрацьованої оливи застосовували пікнометричний метод. Густину розраховували як:

$$\rho = \frac{m_3 - m_1}{m} \quad (4.1)$$

де m_3 – маса пікнометра з відпрацьованою олією в г;

m_1 – маса без відпрацьованої олії (маса пікнометра) в г;

m - водяне число пікнометра в г.

Для визначення кінематичної в'язкості олив та відпрацьованих олив використовують зворотні віскозиметри (рис 2.3).

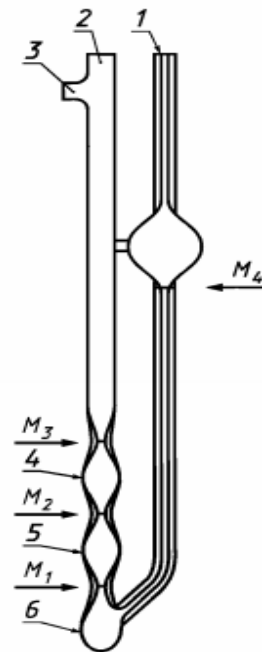


Рис. 2.3. Зворотній віскозиметр (типу ВНЖ): 1, 2 –трубки скляні; 3 -краник; 4, 5 та 6 – резервуари скляні; $M_1 \dots M_4$ – мітки.

Проведення вимірювань. Одягають гумову трубку на краник 3; затискають трубку 2; перевернувши віскозиметр, трубку 1 занурюють в ємність з оливою і затягують її (гумовою грушею) до мітки M_4 . Віскозиметр виймають із ємності та перевертають. На трубку 1 надягають гумову трубку із зажимом.

Після цього, відкривають краник 3 для можливості заповнення рідким продуктом резервуару 6 і закривають його коли заповниться половина резервуару.

Віскозиметр з продуктом встановлюють в термостат на 20хв; відкривають трубку 1; проводять вимірювання часу витікання оливи від мітки M_1 до M_2 та пізніше від мітки M_2 до M_3 (користуючись двома секундомірами).

За часом заповнення резервуарів 5 та 4 поводять розрахунок в'язкості. Час заповнення резервуару 4 – контрольний (для порівняння). Кінематичну в'язкість оливи, ν ($\text{мм}^2/\text{с}$) визначають:

$$\nu = C \cdot t, \quad (4.2)$$

де C – стала віскозиметра, $\text{мм}^2/\text{с}^2$; t – час витікання, с.

Визначення вмісту механічних домішок. Застосовували ваговий метод. Паперовий фільтр поміщали у вагову посудину, яку наполовину закривали кришкою, після чого поміщали у термостат і, за температури 110°C висушували (протягом 30 хв) до постійної ваги. Охолодження проводили в ексікаторі, після чого зважували фільтр+вагова посудина+кришка на аналітичних вагах (точність виміру 0,0002 г).

Фільтри для аналізів обробляли у фільтрувальній воронці 50 мілілітрами гарячого спирту.

Пробу досліджуваної відпрацьованої оливи встановлювали у вібромішалку на 5 хв для ретельного перемішування. Після перемішування, зразок оливи відважували на технічно-хімічних вагах (25 г) у конічну колбу ємністю 800 мл із широким горлом. Далі готували суміш продукту з розчинником (толуолом) і встановлювали у вібромішалку. Перемішану суміш відфільтровували за допомогою вакуум-фільтра.

Процентний вміст домішок розраховували за формулою:

$$\tilde{O} = 100 \frac{a}{A} \quad (4.3)$$

де, a – маса механ. домішок, г;

A – маса наважки відпрацьованої оливи, г.

Визначення вмісту води у відпрацьованій оливі. Використовували метод Діна-Старка. Суть методу полягає в одночасній відгонці з наважки відпрацьованої оливи води разом з розчинником. Вміст води W (% мас) розраховували:

$$W = \frac{V \cdot \rho_{\ddot{a}}}{C} \cdot 100 \quad (4.4)$$

V – об'єм води у вловлювачі, мл; C – наважка відпрацьованої оливи, взята для визначення; $\rho_{\ddot{a}}$ – густина дисперсної фази, г/мл.

Для визначення вмісту асфальтенів (смола) було використано фотоколориметричний спосіб із використанням фотокалориметра — метод кількісного аналізу, що базується на вимірюванні ступеня поглинання чи пропускання (немонохроматичного) світла оливою.

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА СХЕМ КОМПЛЕКСНОЇ РЕГЕНЕРАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНОВОГО ПРОДУКТУ

5.1. Розробка схеми комплексної регенерації відпрацьованої оливи на основі даних щодо вмісту забрудників

Запропонована блок-схема (рис. 5.1) комплексної регенерації відпрацьованої оливи на основі даних щодо вмісту забрудників включає кілька послідовних стадій:



Рис. 5.1. Схема комплексної регенерації відпрацьованої оливи

Очищення від механічних домішок відпрацьованих олив доцільно проводити методом відстоювання, фільтрування, центрифугування.

Зневоднення. Процес зневоднення проводять із застосуванням деемульгатора (напр. *Sot*)- для руйнування емульсій типу «вода в нафтопродукт».

Видалення легких фракцій – застосовують метод перегонки чи ректифікації. Ректифікаційна колона передбачає відгін паливних фракцій з регенованої моторної оливи: при цьому одержуємо бензинову фракцію, яка википає в границі 50 – 215°C і дизельну фракцію при температурі 180 – 350°C. Це дозволяє отримати кращу якість регенованої оливи.

Видалення продуктів конденсації – застосовують випарювання.

Введення долатків забезпечує покращення якостей оливи та покращення характеристик.

Отже, для регенерації олив, зазвичай, використовується наступна послідовність методів:

- механічний - для видалення з оливи вільної води; твердих домішок;
- тепло-фізичний метод (випарювання; вакуумна перегонка- для виділення легко киплячих компонентів);
- фізико-хімічний (коагуляція - укрупнення частинок забруднення; адсорбція).

Із блок схеми (рис. 5.1) видно, що реалізація процесів перегонки чи ректифікації для відділення легких фракцій домішок, а також випарювання для відділення продуктів конденсації потребує використання перегонних чи ректифікаційних колон та випарних апаратів, які є великогабаритним та енергозатратним обладнанням. Тому, було вирішено використати метод адсорбційного очищення для регенерації індустріальної оливи.

5.2. Регенерація оливи із застосуванням адсорбційного методу в лабораторних умовах

Висока ефективність очищення, порівняно невелика складність організації процесу, невисока енерго- та ресурсоемність дають можливість застосовувати адсорбційний метод для відновлення властивостей відпрацьованих олив. Адсорбційний метод базується на вибіркового поглинанні певних (цільових) компонентів рідинної суміші твердими поглиначами – адсорбентами, активною поверхнею яких є як зовнішня поверхня зерен, так і внутрішня поверхня утворена порами та капілярами. Цей метод можна реалізувати у лабораторних умовах. Методом адсорбційного очищення можна очистити оливи від продуктів окислення та конденсації. Метод адсорбції є одним з методів ефективного очищення олив від асфальтно-смолистих, кислотних сполук, інших продуктів старіння, емульгованої та розчиненої води. В якості адсорбентів були використані активоване вугілля та бентоніт (ВА + Б) для очищення від смол та асфальтенів.

Метод адсорбції для регенерації відпрацьованих олив доцільно поєднувати з іншими методами, внаслідок чого ефективність регенерації збільшиться. Тому,

перед процесом адсорбції методом відстоювання та фільтрування з оливи були відділені тверді домішки. Аналіз літератури показав, що доцільним є спочатку дещо зменшити вміст вологи в оливах деемульгаторами. Для зневоднення оливи використовували деемульгатор (*Sot*) - для руйнування емульсії «вода-олива».

Доочищення до вмісту вологи 0,15 % проводили за допомогою адсорбційного методу. Процес регенерації адсорбційним методом здійснювали у апараті з мішалкою (рис. 5.2), в якому відпрацьована олива та адсорбенти перемішували протягом тривалого часу (30хв). Проводили експерименти - до оливи вагою 0,2 кг додавали по чергово адсорбент (бентоніт+активоване вугілля – розміри частин 1,2...1,7 мм) у різній кількості (від 0,01 до 0,06 кг).



Рис. 5.2. Схема проведення експерименту

Перемішування забезпечувало інтенсивний контакт оливи з адсорбентом. Після завершення процесу, важкі частинки адсорбентів осідали на дно ємності. З верхнього шару продукту відбирали проби для аналізу на визначення процентного вмісту вологи в оливі з використанням методу Діна—Старка та вмісту асфальтенів методом фотоколориметрії.

Залежність кінцевого вмісту води (V , %) у відпрацьованій оливі від кількості адсорбенту (M , кг) зображено на рис. 5.3.

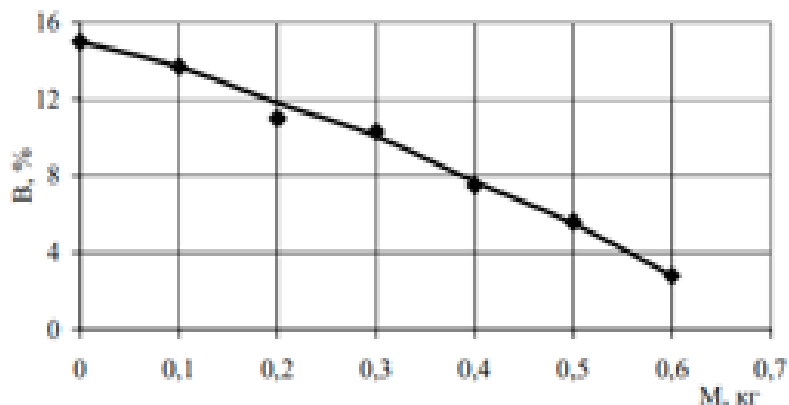


Рис. 5.3. Залежність кінцевого вмісту води (В, %) у відпрацьованій оливі від кількості адсорбенту (М, кг)

Вплив кількості адсорбенту на вміст асфальтенів в регенованій оливі представлено у таблиці 5.1. Таким чином, вміст адсорбенту у кількості 0,06 кг (30% адсорбенту на 100% оливи) за даних умов реалізації експерименту забезпечував практично повне поглинання асфальтенів.

Таблиця 5.1. Вплив кількості адсорбенту на вміст асфальтенів в регенованій оливі

Кількість адсорбенту (ВА + Б), кг	Вміст асфальтенів, %	
	відпрацьована олива	регенована олива
0,01	0,2	0,16
0,02		0,09
0,03		0,07
0,04		0,04
0,05		0,009
0,06		сліди

Після завершення процесу адсорбції, суміш олії та адсорбенту відфільтрували для остаточного видалення адсорбенту. Відділений відпрацьований адсорбент можна подати на утилізацію чи регенерацію. Проведення очищення відпрацьованої індустріальної оливи методом адсорбції є ефективним, оскільки дозволяє відновити важливі експлуатаційні характеристики.

Реалізація процесу регенерації відпрацьованої індустріальної оливи за

запропонованою комплексною схемою із застосуванням процесу адсорбції дала змогу отримати наступні характеристики регенерованої оливи (Таблиця 5.2).

Таблиця 5.2. Параметри регенерованої оливи

Найменування показника	Олива свіжа	Відпрацьована олива	Регенерована олива
Густина при 20°C, кг/м ³ , не більше	820	392	780
Кінематична в'язкість при 40°C, мм ² /с (сст)	61	28	36
Масова частка механічних домішок, % (масю)	відсутні	2,5	відсутні
Масова частка води, % (мас.)	сліди	15 (емульгована та розчинена вода)	незначний вміст
Вміст забруднень	відсутні	асфальтно-смолисті сполуки	практично відсутні

5.3. Апаратне оформлення лінії регенерації відпрацьованої оливи

Регенерована олива, згідно досліджених параметрів, може повторно використовуватися для механізмів, вузлів промислового обладнання, або як компонент базової оливи для виготовлення моторних чи індустріальних олив.

Реалізований в лабораторних умовах порядок регенерації може бути апаратуро оформленим, що дасть змогу реалізувати регенерацію олив у промислових умовах. Перед процесом адсорбції методом відстоювання та центрифугування з відпрацьованої оливи відділяють тверді домішки (рис. 5.3).

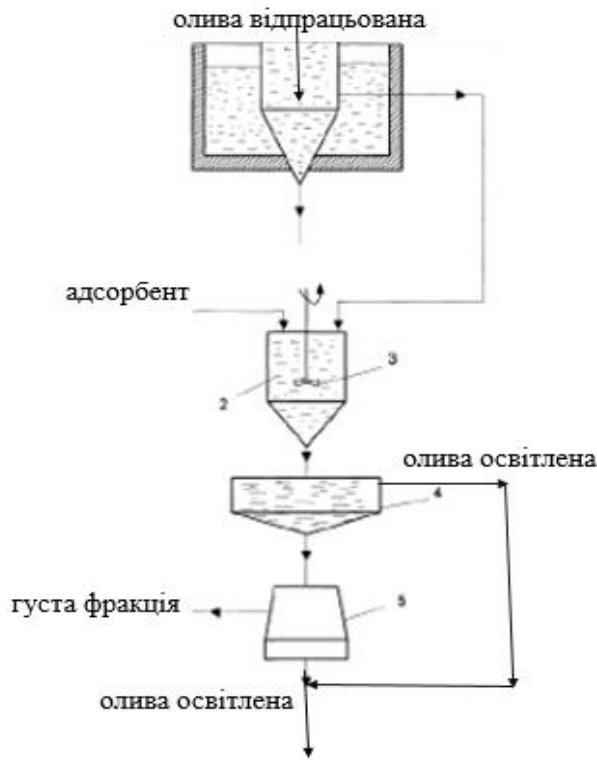


Рис. 5.3. Апаратурне оформлення лінії регенерації відпрацьованої оливи: 1- ємність для відпрацьованої оливи; 2 – реактор-змішувач (в який подають адсорбент); 3 – пристрій перемішувальний; 4 – відстійник; 5 – центрифуга

Установка для регенерації відпрацьованої оливи представлена на рис. 5.3. В ємність 1 подається відпрацьована олива та демульгатор, за допомогою якого відбувається зневоднення оливи. Відділена вода відводиться. Зневоднена олива поступає в реактор-змішувач 2 з мішалкою 3, куди подається адсорбент. В реакторі 2 відбувається поглинання адсорбентом основної маси домішок відпрацьованої оливи. Після реактора 2, очищена від домішок олива поступає у апарат-відстійник 4, де відбувається осадження під дією сил тяжіння твердих частинок більших розмірів відпрацьованого адсорбенту та інших забруднювачів. Остаточне відділення найдрібніших твердих частинок відбувається в центрифугі 5 під дією відцентрових сил.

Опис обладнання, що використовується

Реактор-змішувач. Основними елементами апарату-змішувача (рис. 5.4) є корпус 5 з еліптичним днищем та кришкою. Всередині змішувача розташований перемішуючий пристрій 8, закріплений на валу 4; обертання пристрою 8 забезпечується приводом електродвигуна 1, встановленого на стійці 2. Герметизація забезпечується за допомогою ущільнення 3. Олива відпрацьована подається у змішувач подають через патрубок труби 9. Для забезпечення належної якості перемішування, у корпусі міститься відбивна перегородка 7. Під час високих швидкостей руху мішалок, рідина починає обертатись навколо вала і виникає лунка, глибина якої збільшується із збільшенням густини і в'язкості середовища. Для запобігання утворенню лунок використовують відбивальні перегородки. Змішувач оснащують теплообмінною сорочкою 6, в яку поступає гаряча вода для створення належного температурного режиму. Температура визначається за допомогою терморпари. Вихід продукту здійснюється через зливний патрубок.

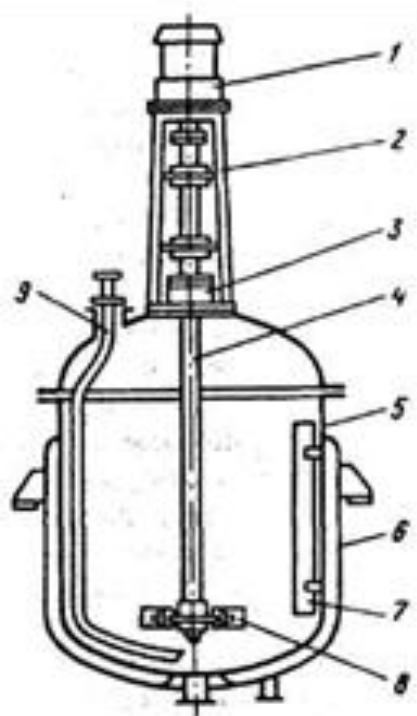


Рис. 5.4. Змішувач: 1 – привід електродвигуна; 2 – стійка приводу; 3 – ущільнення; 4 – вал; 5 – корпус; 6 – сорочка теплообмінна; 7 – відбивна перегородка; 8 – пристрій перемішуючий; 9 – патрубок для введення вихідних продуктів.

Відстійник (рис. 5.5) являє собою циліндричний резервуар із конічним дном, у нижній частині якого розміщений зливний патрубок 1. Після заповнення резервуара відпрацьованою оливою через деякий час відбувається її розшарування на легку й важку фракції.

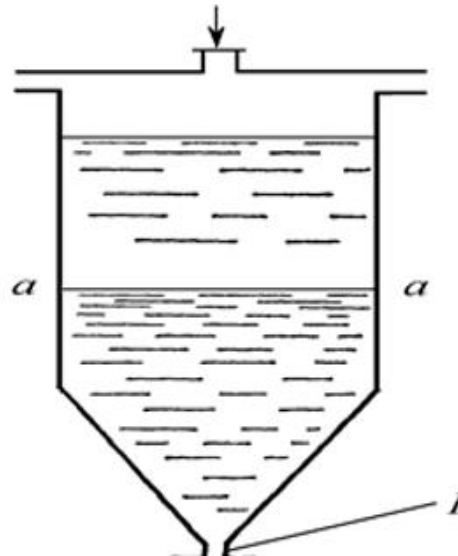
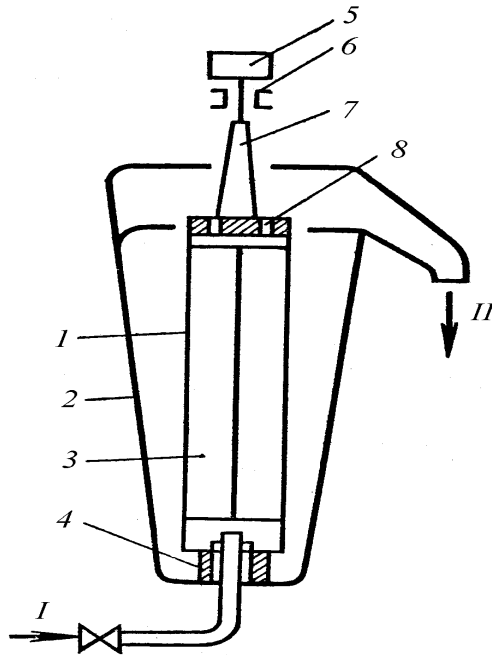


Рис. 5.5. Відстійник: 1 – зливний патрубок

Легка фракція виводиться з відстійника, а важка фракція подається на подальше розділення у центрифугу

Центрифуга (трубчаста) представлена на рис. 5.6. Центрифугування - процес розділення неоднорідних систем, у полі відцентрових сил. Центрифугування здійснюють у машинах, які називають центрифугами.

У кожусі 2 розміщений трубчастий барабан 1, всередині якого є радіальні лопаті 3. Лопаті запобігають відставанню рідини від стінок ротора під час його обертання. Верхня частина ротора з'єднана з конічним шпинделем 7, останній підвішений на опорі 6. Шпиндель приводиться в обертання за допомогою шківа 5. У нижній частині ротора розміщений еластичний підп'ятник 4, через який у ротор введена живильна труба.



*Рис. 5.6. Схема будови трубчастої центрифуги: 1 – трубчастий барабан;
 2 – кожух; 3 – радіальні лопаті; 4 – підп'ятник; 5 – шків; 6 – опора;
 7 шпиндель; 8 – отвір для виведення проясненої рідини;
 I – олива забруднена; II – прояснена олива*

Попередньо очищена у відстійнику олива надходить у нижню частину ротора і рухається знизу догори. Тверді частинки під дією відцентрової сили осаджуються на стінці барабана, а прояснена олива викидається через отвори 8 і видаляється з верхньої частини кожуха через трубу.

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці на підприємствах лісопромислового комплексу щодо поводження з мастильними матеріалами

Підприємства лісопромислового комплексу активно використовують мастильні матеріали для підтримання працездатності обладнання та техніки. Використовують їх також для потреб автотранспорту. Застосування мастильних матеріалів забезпечує зниження тертя між рухомими частинами машин і механізмів, що продовжує термін їхньої експлуатації; забезпечує захист від зносу – мастила утворюють захисну плівку, яка перешкоджає пошкодженню деталей. Мастила також допомагають охолоджувати робочі елементи техніки, захищають деталі від впливу вологи та агресивного середовища, перешкоджають проникненню пилу та бруду у робочі вузли.

На підприємствах лісопромислового комплексу застосовуються різноманітні мастильні матеріали: моторні масла – для змащування двигунів лісозаготівельної техніки (тракторів, лісовозів, бензопил); трансмісійні масла – використовуються у редукторах і коробках передач техніки; гідравлічні масла – забезпечують роботу гідравлічних систем навантажувачів та іншого обладнання. Густі мастила (пластичні) – застосовуються для вузлів тертя з високими навантаженнями, наприклад у підшипниках лісозаготівельної техніки. Консерваційні мастила – використовуються для захисту запчастин і механізмів під час зберігання. Індустріальні масла – для змащування стаціонарного обладнання в лісопильному та деревообробному виробництві.

Поводження з мастильними матеріалами

Зберігання:

Мастильні матеріали повинні зберігатися у герметичних ємностях, маркованих відповідно до їхнього типу. Приміщення для зберігання має бути обладнане стелажми або піддонами для уникнення протікань. Температурний режим зберігання має відповідати нормам, зазначеним у технічній документації. Мастильні матеріали зберігаються у герметичних ємностях, які захищають від попадання пилу, вологи чи сторонніх домішок. Не допускається зберігання мастильних матеріалів поруч із хімічно агресивними речовинами, які можуть

викликати їх розкладання. Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони (згідно ДСТУ та СНіП): пари мастильних матеріалів (вуглеводні): 300–500 мг/м³ залежно від складу; ароматичні вуглеводні (наприклад, бензол): не більше 5 мг/м³; сполуки сірки та інші домішки: не більше 1 мг/м³. Система газоаналізаторів повинна періодично перевіряти концентрацію шкідливих речовин у приміщенні.

Транспортування:

Перевозити мастила необхідно у закритих ємностях, що унеможливають розлив. Заборонено транспортувати мастила разом із легкозаймистими речовинами чи продуктами харчування. Для перевезення використовуються спеціалізовані транспортні засоби, обладнані системами кріплення та захисту від перевертання ємностей. При транспортуванні необхідно мати документи на мастильні матеріали (паспорт безпеки, сертифікати якості). Контейнери повинні бути чітко промарковані із зазначенням типу мастила, його призначення та заходів безпеки.

Використання:

Перед застосуванням необхідно перевірити марку мастила, технічний стан ємності та відсутність забруднень. У разі потрапляння мастил на шкіру чи одяг слід негайно змити їх теплою водою з милом. Залишки мастил слід збирати у спеціальні ємності для подальшої утилізації.

Заходи безпеки при роботі з мастильними матеріалами

На підприємствах лісопромислового комплексу, де накопичуються та використовуються мастильні матеріали, необхідно дотримуватись правил безпеки для запобігання аваріям, отруєнню, пожежам і негативному впливу на здоров'я працівників.

Мастильні матеріали мають зберігатися в окремих, добре вентиляованих приміщеннях з дотриманням температурного режиму. Забороняється паління, використання відкритого вогню або джерел іскріння у місцях зберігання мастильних матеріалів. Приміщення повинні бути обладнані системами пожежогасіння, аварійного освітлення та вентиляції. Необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту під час роботи. Контролювати вентиляцію у

приміщеннях для запобігання накопиченню парів мастил. Необхідно проводити регулярну перевірку обладнання на витoki мастил.

Необхідно регулярно проводити навчання працівників з правил поводження з мастильними матеріалами. Дотримання цих вимог дозволить мінімізувати ризики для здоров'я працівників та довкілля, забезпечивши безпечні умови праці на підприємствах лісопромислового комплексу.

Керівник підприємства – забезпечує загальний контроль за дотриманням норм охорони праці та екологічної безпеки. Начальник складу паливно-мастильних матеріалів – відповідає за облік, зберігання та організацію збору відпрацьованих мастил. Еколог підприємства – здійснює контроль за екологічними ризиками, пов'язаними з утилізацією відпрацьованих мастил. Відділ охорони праці – контролює дотримання вимог безпеки при поводженні з мастильними матеріалами.

Відділ охорони праці розробляє інструкції і нормативні документи щодо безпечного поводження з мастильними матеріалами. Проводить інструктажі і навчання працівників з правил зберігання, збору та утилізації відпрацьованих мастил. Проводить контроль дотримання техніки безпеки на робочих місцях, де використовуються мастила. Організовує регулярні перевірки стану місць зберігання мастильних матеріалів. Проводить контроль за наявністю засобів пожежогасіння у місцях накопичення мастил. Забезпечує взаємодію зі спеціалізованими організаціями, які здійснюють утилізацію відпрацьованих мастильних матеріалів. Забезпечує ведення документації про обсяги зібраних, переданих на утилізацію та знешкоджених відпрацьованих мастил.

Сортування відпрацьованих мастильних матеріалів

Відпрацьовані мастильні матеріали необхідно зберігати окремо від нових мастил. Для збору використовуються спеціальні ємності, які мають маркування "відпрацьовані мастила". Відпрацьовані мастила сортують за наступними критеріями:

- за походженням: відпрацьовані моторні масла; відпрацьовані трансмісійні масла; гідравлічні відпрацьовані масла; пластичні (густі) мастила.

- за рівнем забруднення: відпрацьовані мастила з низьким рівнем забруднення (придатні до регенерації або вторинного використання). Мастила з високим рівнем забруднення (потребують утилізації чи переробки на спеціалізованих підприємствах).

За способом утилізації: придатні для повторної переробки; придатні для спалювання у промислових печах (з дотриманням норм); ті, що потребують знешкодження.

Ведеться облік кількості зібраних та утилізованих відпрацьованих мастил.

Утилізація:

Відпрацьовані мастила утилізуються відповідно до законодавства через спеціалізовані компанії або переробні заводи. Відпрацьовані мастильні матеріали повинні збиратися та передаватися на утилізацію спеціалізованим підприємствам. Заборонено зливати мастила у ґрунт, водойми або каналізаційну систему.

Пожежна безпека

Мастильні матеріали належать до пожежонебезпечних речовин, які за класом небезпеки входять до 4-го класу небезпеки відповідно до ДСТУ (небезпечні, але з низьким рівнем токсичності для людини). За пожежною небезпекою мастила відносяться до горючих речовин, оскільки вони мають здатність займатися при певних температурах. Мастильні матеріали складаються з вуглеводнів, які мають здатність до займання у присутності джерела вогню або іскри. Під час нагрівання мастила випаровуються, утворюючи легкозаймісті пари, які можуть загорітися від найменшого джерела іскри. Температура займання мастильних матеріалів залежить від їх типу: *мінеральні масла*: температура займання становить 150–220°C; *синтетичні масла*: температура займання вища – близько 250–300°C. Густі (пластичні) мастила: температура займання може досягати 200–250°C. Температура самозаймання мастильних матеріалів – приблизно 350–400°C, але це залежить від хімічного складу конкретного продукту. У разі загоряння мастильні матеріали підтримують полум'я, що ускладнює процес гасіння пожежі.

*Вимоги до приміщень для зберігання мастильних матеріалів з точки зору
пожежної безпеки*

Приміщення, в яких зберігають мастильні матеріали повинні бути відокремленими від інших виробничих зон вогнетривкими перегородками. Стіни, підлога та стеля повинні мати вогнестійке покриття (бетон, металеві конструкції з вогнетривким облицюванням).

Усі ємності з мастильними матеріалами повинні бути герметично закритими та промаркованими. Температура зберігання мастил повинна бути стабільною, без перегріву. Заборонено розміщувати приміщення поруч із джерелами тепла або відкритим полум'ям. Приміщення повинно мати природну або примусову вентиляцію для запобігання накопиченню парів мастил.

Освітлення та електроприлади повинні бути вибухозахищеними. Повинна проводитись регулярна перевірка електромереж на предмет їх справності. У кожному приміщенні повинні бути вогнегасники, протипожежний інвентар та автоматична система пожежогасіння. Повинен бути організований легкий доступ до засобів пожежогасіння. У приміщеннях мають бути попереджувальні знаки про пожежонебезпеку.

Дотримання правил пожежної безпеки дозволяє мінімізувати ризики виникнення пожежі на підприємствах, забезпечуючи безпечні умови роботи та збереження матеріальних ресурсів. Мастильні матеріали є потенційно небезпечними для виникнення пожежі, тому на підприємствах лісопромислового комплексу необхідно дотримуватися чітких правил пожежної безпеки:

Мастильні матеріали слід зберігати у спеціально обладнаних приміщеннях, відокремлених від виробничих зон. Заборонено зберігання мастил поблизу джерел відкритого вогню, теплогенеруючого обладнання чи електричних пристроїв, що можуть створювати іскри.

У приміщеннях, де зберігаються мастила, забороняється паління, використання відкритого вогню або робота з інструментами, що можуть утворювати іскри.

Приміщення мають бути оснащені засобами пожежогасіння: вогнегасниками (порошкові або вуглекислотні). В доступі повинен бути пісок

або азбестові полотна для гасіння невеликих загорянь. Встановлюють протипожежні щити з необхідними інструментами. Повинна бути передбачена система автоматичного пожежогасіння (пінне або порошкове).

Приміщення повинно бути обладнане ефективною вентиляцією для запобігання накопиченню парів мастил, які можуть займатися при високій концентрації.

Електроприлади та освітлення повинні мати вибухозахищене виконання відповідно до пожежонебезпечної категорії приміщення.

Електромережі та обладнання повинні регулярно перевірятися на відсутність пошкоджень та коротких замикань.

Система вентиляції приміщень

У приміщеннях для зберігання мастил повинна бути обладнана примусова чи природна вентиляція для забезпечення циркуляції повітря. Вентиляція має знижувати концентрацію парів мастильних матеріалів, що можуть бути легкозаймистими або шкідливими для здоров'я. Система вентиляції приміщень для зберігання мастильних матеріалів та відпрацьованих матеріалів має забезпечувати дотримання санітарних норм, виключати накопичення шкідливих речовин та парів, що можуть спричинити загоряння, а також створювати безпечні умови праці. Регулярно перевіряється справність вентиляційної системи.

Особливості вентиляції приміщень для зберігання мастильних матеріалів
Система вентиляції повинна бути змішаного типу. *Природна вентиляція* (через вікна, вентиляційні шахти) забезпечує базову циркуляцію повітря. *Примусова вентиляція* активується у разі підвищення концентрації парів мастильних матеріалів.

У місцях можливого розливу мастил або біля ємностей із матеріалами встановлюються локальні відсмоктувачі. Подача чистого повітря здійснюється у верхні зони приміщення, а відведення забрудненого повітря — з нижніх зон, оскільки пари мастильних матеріалів важчі за повітря.

Вентиляційні системи виготовляються з вибухобезпечних матеріалів, які не вступають у реакцію з мастильними матеріалами чи їх парами.

Використовуються іскробезпечні вентилятори та двигуни.

Встановлюються газоаналізатори, які контролюють рівень парів вуглеводнів у повітрі. При перевищенні ГДК система автоматично активує примусову вентиляцію.

Параметри повітря у приміщеннях.

Робочий діапазон температур: +5°C до +25°C. Не допускається сильне нагрівання, яке може підвищити випаровування мастильних матеріалів.

Вологість. Відносна вологість повітря не повинна перевищувати 70%, щоб запобігти конденсації парів.

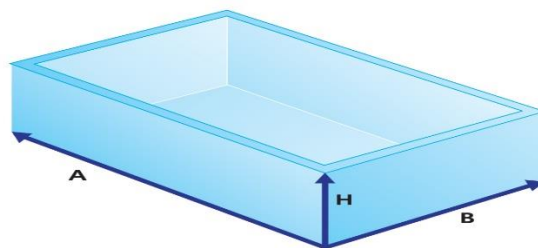
Повітрообмін. Мінімальна кратність повітрообміну — 8–12 разів на годину для складів мастильних матеріалів. Для приміщень із відпрацьованими матеріалами кратність повітрообміну — 12–15 разів на годину.

Розрахунок вентиляції для складського приміщення, в якому зберігаються відпрацьовані мастильні матеріали

Приміщення: довжина $A=100\text{м}$; ширина $B=50\text{м}$; висота, $H=4\text{ м}$;

тип матеріалів - відпрацьовані мастильні матеріали.

Кратність повітрообміну, $K_p=12$ разів/год.



Визначаємо площу приміщення:

$$S=A \times B=100 \times 50=150 \text{ м}^2$$

Розраховуємо об'єм приміщення:

$$V=S \times H=150 \times 4=600 \text{ м}^3$$

Розрахунок повітрообміну:

Якщо характер та кількість шкідливих домішок (речовин) не піддаються обліку, повітрообмін визначають за кратністю:

$$Q=V \times K_p=600 \text{ м}^3 \times 12=7200 \text{ м}^3/\text{год}$$

Вибір обладнання:

Потужність вентилятора повинна забезпечувати подачу і відведення не менше 7200 м³/год.

Обов'язкова установка фільтрів для уловлювання мастильних парів (активоване вугілля).

Повітропроводи круглого перерізу мають широке застосування у системах вентиляції промислових будівель. Це обумовлено рядом переваг, у порівнянні з прямокутними: нижчий аеродинамічний опір; вища міцність; круглі повітропроводи технологічніші у виготовленні, тому дешевші від прямокутних; монтаж круглих повітроводів є простішим.

Діаметр повітроводів розраховується на підставі швидкості потоку (оптимально 6–8 м/с).

$$F = Q/3600 \times V,$$

де F – площа труби, м²;

Q – витрата повітря в приміщенні, м³/год;

V – швидкість повітряних мас, приймаємо 6 м/с.

$$F = 7200/3600 \times 8 = 0,25 \text{ м}^2$$

Діаметр повітроводу:

Якщо площа круглого трубопроводу рівна $F = \pi d^2/4$, то її діаметр становить:

$$d = \sqrt{4 \times F / \pi} = \sqrt{4 \times 0,25 \text{ м}^2 / 3,14} = 0,56 \text{ м}$$

Приймаємо стандартизований діаметр 600 мм.

$$F = \pi \times d^2 / 4 = 3,14 \times 0,6^2 / 4 = 0,28 \text{ м}^2$$

Перераховуємо швидкість:

$$F = Q/3600 \times V$$

$$V = Q/3600 \times F = 7200/3600 \times 0,28 = 7,14 \text{ м/с}$$

Додаткові заходи:

Необхідним є встановлення резервних вентиляторів, які вмикають у разі аварійних ситуацій. Регулярна перевірка фільтрів та очищення системи вентиляції.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

Представлений компонентний склад мастильних матеріалів, а також описані зміни, які відбуваються внаслідок їх відпрацювання та довготермінового неправильного зберігання. Виділено основні забрудники та представлена їх характеристика.

Досліджено вплив відпрацьованих мастильних матеріалів на компоненти довкілля. Встановлено, що при попаданні в навколишнє середовище, відпрацьовані мастильні матеріали негативним чином впливають на стан поверхневих та підземних вод, ґрунтів та атмосферного повітря.

Проведено огляд технологічних рішень щодо утилізації відпрацьованих мастильних матеріалів та їх регенерації. Серед методів утилізації розглянуто метод спалювання та термічного розкладу. Виділено наступні методи регенерації: фізичної регенерації (відстоювання, фільтрування, перегонка, ректифікація, промивання водою); фізико-хімічної регенерації (коагуляція, адсорбція); хімічної регенерації (сірчаноокислотне та лужне очищення).

Регенерацію відпрацьованої оливи проведено у лабораторних умовах - реалізовано відстоювання, фільтрування, зневоднення із застосуванням деемульгатора та адсорбційне очищення із суміші адсорбентів (активоване вугілля+бентоніт). Регенерована олива, згідно досліджених параметрів, може повторно використовуватися для механізмів, вузлів промислового обладнання після додавання до її складу належних присадок та додатків, або як базовий компонент для виготовлення інших мастильних матеріалів.

Запропоновано комплексну технологію регенерації відпрацьованої індустріальної оливи та представлено її апаратурне оформлення.

Представлено розділ з охорони праці, в якому детально відображені питання поведінки з мастильними матеріалами, пожежної безпеки, системи вентиляції приміщень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ

1. Євдокімов О. Ю. Масильні матеріали в техносфері й біосфері: екологічний аспект: / О. Ю. Євдокімов, І. Г. Фукс, Й. А. Любінін. – Київ: Атіка-Н, 2012. – с. 163-194.
2. Бойченко С.В. Вступ до хімотології палив та олив: навчальний посібник: у 2-х ч / Бойченко С.В., Спіркін В.Г. – Одеса: Астропринт, 2009. – ч. 1. – 236 с.
3. Ярмолук Б. М. Моторні оливи. Властивості, класифікація, застосування / Б. М. Ярмолук. – Київ: Хвиля, 2009. – 102 с.
4. Андрійшин М.П. Газ природний, палива та оливи: монографія / М.П. Андрійшин, Я. С. Марчук, С.В. Бойченко, Л.А. Рябоконт - Одеса: Астропринт, 2010. – 232 с.
5. Топільницький П.І. Виробництво та споживання олив у світі та в Україні / П.І. Топільницький // Поступ в нафтопереробній та нафтохімічній промисловості : IV науково-технічна конференція, 11-14 вересня 2007 : тези доповідей. — Львів, 2007. — С. 21-24.
6. Чайка О.Г. Моніторинг утворення відпрацьованих олив в Україні/ О. Г. Чайка, О. З. Ковальчук, Ю. А. Чайка // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2009. – № 644. – С. 221 – 224.
7. Адаменко А. Ю. Оцінка впливу відпрацьованих автомобільних мастил на стан ґрунту на прикладі Павлоградського району Дніпропетровської області / А.Ю. Адаменко, О.О. Самарська, М.І. Кулик // Охорона довкілля Матеріали X Всеукраїнських наукових Таліївських читань. – Х. : ХНУ, 2014. – С. 8 – 12.
8. Прокопенко О. В. Проблеми та перспективи розвитку вторинної переробки нафтовідходів / О. В. Прокопенко, В. Ю. Школа // Економічний простір: збірник наукових праць. – Дніпропетровськ: ПДАБА, 2010. – № 44/2. – С. 121 – 128.
9. А.С. Черновол, А.П. Мартиненко. Усунення негативного впливу відпрацьованих мастил на довкілля. Наукові записки КНТУ, вип.11, ч.ІІ, 2011, 238-241.
10. Кулик М. І. Екологічний та економічний аспекти утилізації відпрацьованих

моторних мастил / М. І. Кулик // Збірник наукових праць XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика». – К. : «Талком», 2014. – С. 155 – 158

11. Солошич І. О. Сучасні проблеми утилізації відходів на прикладі автотранспортного підприємства / І. О. Солошич, Н. В. Напхоненко // Людина та довкілля. Проблеми неоекології. – Х. : ХНУ, 2014. – № 3-4. С. 109 – 111.

12. Кулик М.І. Problems of used motor oils regeneration and utilization / М.І. Кулик, П.П. Карножицький // Екологічна безпека держави: тези доповідей Всеукраїнської науковопрактичної конференції молодих учених та студентів. / редкол. О. І. Запорожець та ін. – К. : НАУ, 2013. – С. 26.

13. Стриж О. Дослідження ефективності сорбентів та удосконалення технології відновлення якості турбінних олив / О. Стриж, С. Бойченко // Журнал «Нафта та газ». – 2009. – № 3. – С. 54-62.

14. Фролова Л.А., Шунькін І.С., Закіпна О.П., Сухий М.К. Дослідження фізико-хімічних властивостей бентоніту. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки Том 33 (72) № 2 2022, С. 175-180.

15. Otunola V. O., Ololade O. O. A review on the application of clay minerals as heavy metal adsorbents for remediation purposes, Environmental Technology & Innovation. 2020. 18, P. 100692.