

**Ю.А. Коржавин**  
**О.М. Коробочка**

**РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ТЕХНІЧНОГО  
ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ**

**2007**

Представлено матеріали по навчальній дисципліні «Ресурсозберігаючі технології технічного обслуговування та ремонту автомобілів». Розглянуто основні технологічні методи і способи використання ефективних матеріалів, визначення впливу технологій нанесення захисних, зносостійких покриттів на поверхневий шар деталей автомобілів при безрозбірному відновленню працездатності агрегатів і вузлів автомобілів. Особливу увагу приділено розгляданню наступних питань:

- призначення та правила використання спеціальних засобів відновлення вузлів і агрегатів автомобілів;
- прогресивні технологічні процеси переробки зношених автомобільних шин;
- обладнання і технологічні процеси регенерації відпрацьованих автомобільних масел.

Студент повинен мати навички рішення інженерних задач по створенню нових та удосконаленню існуючих технічних засобів, які забезпечують зниження собівартості і підвищення якості робіт при експлуатації і ремонті автомобілів а також переробки відходів, які з'являються при цьому.

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
Розділ 1 РЕСУРСОЗБЕРІГАННЯ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ На основі ВИКОРИСТОВУВАННЯ ВТОРИННИХ РЕСУРСІВ	9
1.1 Класифікація вторинних ресурсів і відходів.	13
1.2 Показники оцінки рівня сировинного еквівалента	24
1.3 Основні шляхи економії автомобільного палива	30
1.4 Застосування альтернативного палива	32
1.5 Втрати палива при транспортуванні, зберіганні і заправці автомобілів	35
Розділ 2 МЕТОДИ І ЗАСОБИ БЕЗРАЗБОРНОГО ВІДНОВЛЕННЯ З'ЄДНАНЬ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ	39
2.1 Металлоплакирующие змащувальні матеріали	40
2.2 Полімерсодержащие препарати для відновлення зношених поверхонь деталей автомобілів	46
2.3 Металокерамічні матеріали для відновлення робочих поверхонь деталей автомобілів	53
2.4 Кондиціонери (рекондіціонери) металу і інші поверхнево-активні речовини	58
2.5 Модифікатори тертя	63
Розділ 3 БЕЗРАЗБОРНОЕ ВІДНОВЛЕННЯ АГРЕГАТІВ І ВУЗЛІВ АВТОМОБІЛІВ	68
3.1 Безразборное відновлення двигунів внутрішнього згорання автомобілів	68
3.2 Безразборное відновлення трансмісії і елементів ходової частини автомобілів	
Розділ 4 ПЕРЕРОБКА ЗНОШЕНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН	94
4.1 Можливості подальшого застосування зношених автомобільних шин	94
4.2 Вивіз зношених автомобільних шин на звалище	96
4.3 Використовування зношених автомобільних шин як паливо	99

4.4 Переробка шин в кінцевий продукт	103
4.4.1 Піроліз	104
4.4.2 Теплове подрібнення зношених автомобільних шин	106
4.4.3 Криогенна технологія утилізації зношених автомобільних шин	107
4.5 Області застосування гумового гранулята, пилу і найдрібнішої гумової муки, одержаних криогенним способом	120
4.5.1 Гумовий гранулят (крупна > 0,630 мм )	121
4.5.2 Гумовий пил (крупна 0,315-0,630мм)	122
4.5.3 Найдрібніший гумовий пил (крупна < 0315 мм )	123
4.5.4 Застосування гумового пилу у області шинної індустрії	125
4.5.5 Порівняння теплового роздрібнення і роздрібнення холодом	126
Розділ 5 РЕГЕНЕРАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ МАСЕЛ	131
5.1 Фізичні методи регенерації відпрацьованих автомобільних масел	131
5.1.1 Відстоювання	132
5.1.2 Сепарація	135
5.1.3 Фільтрування	142
5.1.2 Відгін пального від масла	147
5.1.3.Промивка відпрацьованих масел водою	150
5.2 Фізико - хімічні методи	152
3.2.1 Коагуляція сірчаною кислотою	162
5.2.2 Коагуляція кальцинованою содою, трінатрійфосфатом і миючими препаратами НП і МЛ	163
5.3 Устаткування для регенерації відпрацьованих масел.	164
5.3.1 Установка ВІМЕ-2	164
5.3.2 Установка РМ-50-62	166
5.4 Регенерація відпрацьованих масел з двигунів внутрішнього згорання	168
5.4.1 Установка РМ-50-65	169
5.4.2 Установка РМ-100	175

## ПЕРЕДМОВА

Виконання профілактичних і ремонтних робіт автомобільної техніки в заздалегідь запланований термін або після певного напрацювання не цілком задовольняє зростаючі вимоги створення безпеки дорожнього руху та економічної експлуатації автотранспортної техніки. Не виключені випадки появи відмов і несправностей. Деякі профілактичні роботи виконуються передчасно або із запізненням. Основною причиною такого становища є те, що більшість робіт по технічній експлуатації і ремонту автомобільної техніки здійснюється без урахування фактичного технічного стану елементів автомобіля. У зв'язку з цим назріла потреба подальшого вдосконалювання системи технічного обслуговування (ТО) і ремонту автомобільної техніки з використанням ресурсозберігаючих технологій.

Найдосконалішою системою ТО і ремонту автомобілів слід вважати таку систему, яка найповніше забезпечує взаємодію процесів зміни технічного стану автомобілів (тобто процесів зміни діагностичних параметрів) і процесів його відновлення.

Технічне обслуговування автомобілів за технічним станом називається планово-запобіжним. Періодичність і обсяг робіт по технічному обслуговуванню планують. Запобіжний характер їх забезпечується постійним спостереженням за надійністю і технічним станом автомобілів з метою своєчасного виявлення передвідмовного стану. Принцип запобігання відмов і несправностей автомобілів є основним. З цією метою можна широко використовувати призначення попереджувальних допусків.

Попереджувальний допуск — сукупність значень параметрів між граничним і передвідмовним рівнями. Вихід параметра за граничний стан означає відмову роботи автомобілів. Досягнення передвідмовного рівня потребує здійснення профілактичних заходів.

Технічне обслуговування і ремонт автомобілів за технічним станом ґрунтуються на глибокому знанні показників надійності елементів автомобіля,

застосуванні об'єктивних засобів технічної діагностики, забезпеченні високого рівня експлуатаційної технологічності конструкцій. Інформаційною основою цих методів є відомості про надійність, технічний стан та експлуатаційні затрати на ТО і ремонт автомобілів.

Застосування таких методів можливе за умови забезпечення заданого рівня безвідмовності елементів автомобіля і можливості прогнозування рівня їхньої працездатності; вчасного виявлення відмов і несправностей, у тому числі на ранніх стадіях їхнього розвитку, а також потрібного рівня діагностичної придатності, наявності індикації відмов, методів і засобів контролю; потрібного рівня експлуатаційної технологічності конструкцій, який дає змогу оперативно відновлювати працездатність і справність елементів автомобіля; екстремального значення цільової функції — мінімуму сумарної питомої вартості ТО і ремонту при вчасній окупності додаткових капітальних вкладень.

Можливі два варіанти виконання ТО і ремонту автомобілів за технічним станом: з контролем рівня надійності елементів автомобіля; з контролем параметрів агрегатів автомобіля.

При ТО і ремонті автомобілів за технічним станом з контролем рівня надійності елементів автомобіля елементи рухомого складу експлуатують без обмеження ресурсу до відмови. Фактичний рівень надійності елементів автомобіля (наприклад, параметр потоку відмов) не повинен перевищувати встановленого верхнього статистичного рівня. У разі перевищення цього рівня за інших однакових умов для певних елементів автомобіля останній направляють на обслуговування або ремонт; тимчасово визначають міжремонтний ресурс, який розглядають як сигнал про необхідність підвищення надійності цих елементів автомобіля. Щоб застосувати цей метод, треба чітко організувати систему збирання та обробки інформації про відмови і несправності елементів автомобілів в умовах автотранспортних підприємств.

При ТО і ремонті автомобілів за технічним станом з контролем параметрів їх агрегатів після відпрацювання встановленого ресурсу передбачається неперервний або періодичний контроль і зміна параметрів, які

визначають технічний стан тих чи інших агрегатів. За результатами контролю приймають рішення про продовження експлуатації автомобіля до наступної перевірки. Зміна функціональних і діагностичних параметрів агрегатів провадиться з певною періодичністю в русі і при виконанні ТО та ремонту автомобіля.

Прогноз технічного стану або надійності агрегату здійснюють на період не менш як до наступної перевірки значень параметрів. Паралельно використовують статистичну інформацію про надійність елементів автомобіля. Дані прогнозу — це технічна основа для прийняття рішення про допуск агрегату автомобіля до подальшої експлуатації. ТО і ремонт автомобілів за технічним станом з контролем параметрів експлуатованих агрегатів автомобіля належать до найбільш ефективних технологічних процесів, а для складніших і більш відповідальних агрегатів — і до єдино можливих процесів.

Застосування ТО і ремонту автомобілів за технічним станом потребує широкого впровадження на автотранспортних підприємствах засобів і методів технічної діагностики, цифрових ЕОМ для оцінки і прогнозування технічного стану елементів автомобілів, а також для збирання і обробки статистичної інформації про надійність автомобілів; створення на підприємствах спеціальних підрозділів, які виконують роботи щодо оцінки і прогнозування технічного стану автомобілів і приймають рішення про допуск їх до експлуатації або призначення необхідних профілактичних чи ремонтних заходів.

Застосування ТО і ремонту автомобілів за технічним станом дасть змогу повніше використовувати «індивідуальні» можливості елементів автомобіля без збільшення ймовірності його відмови, а також удосконалювати конструкції новостворюваних моделей автомобілів.

## Розділ 1 РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ РЕСУРСІВ

Автомобільний транспорт — один із значних споживачів матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів, які оцінюються автотранспортними витратами народного господарства. Значним резервом ресурсозбереження на підприємствах автотранспорту є комплексне використання вторинних матеріальних та енергетичних ресурсів, що являють собою своєрідний відтворювальний фонд. Підхід до вторинних ресурсів як до відтворювального фонду матеріальних ресурсів — новий стратегічний напрям інтенсивного використання всієї різноманітності ресурсів у сфері експлуатації автомобільного транспорту. Суть цього процесу полягає в організації повторного і багаторазового використання значної номенклатури цих ресурсів, залучення їх у господарський обіг.

З метою системного підходу до даної проблеми треба користуватися загальною схемою (моделлю) ресурсного забезпечення системи експлуатації автотранспортних засобів із урахуванням створення й використання відтворювального фонду матеріальних ресурсів (рис. 1.1).

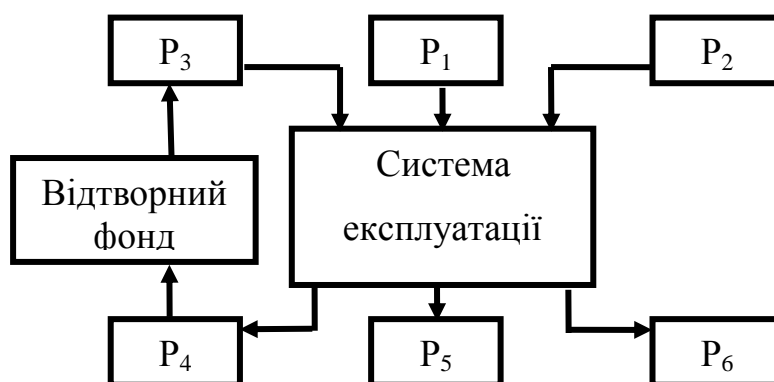


Рис. 1.1. Загальна схема ресурсного забезпечення системи експлуатації  
автотранспортних засобів.

В схемі ресурсного забезпечення:  $P_1$  — загальна потреба системи експлуатації автотранспортних засобів у матеріальних та енергетичних



ресурсах;  $P_2$  — нові (первинні) матеріальні й енергетичні ресурси, що використовуються системою експлуатації автотранспортних засобів;  $P_3$  — відтворний фонд матеріальних ресурсів власне автотранспортного виробництва. Ресурсний баланс автотранспортного виробництва за фіксований період часу (рік, квартал і т. д.) визначають за формулою:

$$P_p = P_1 + P_2 + P_3.$$

До первинних ресурсів належать нові автомобілі і причепа до них, вузли і запасні частини, автомобільні шини, паливно-мастильні та інші матеріали, що забезпечують як підтримування працездатності рухомого складу на потрібному рівні, так і безпосереднє виконання автотранспортної роботи — перевезення вантажів і пасажирів.

У ресурсному балансі автотранспортного виробництва джерелами часткової заміни первинних ресурсів є відходи виробництва і споживання з інших галузей народного господарства і відтворний фонд матеріальних ресурсів власного виробництва. До першого джерела належать вторинні матеріальні ресурси — відходи металу, деревини, пластмас та ін., а також вторинні енергетичні ресурси — газовий конденсат, попутний газ, низькосортні бензини та ін. Виявлення і використання цих ресурсів з інших галузей народного господарства — значний резерв ресурсозбереження в системі експлуатації автотранспортних засобів.

Значне і найбільш використовуване джерело скорочення потреби в первинних ресурсах — відтворний фонд матеріальних ресурсів власне автотранспортного виробництва, що надходить після відповідної обробки назад у систему експлуатації автотранспортних засобів. Це відновлені методом накладення нового протектора автомобільні покришки, капітально відремонтовані агрегати і вузли, відновлені деталі, регенеровані масла та ін.

Постійним виходом системи експлуатації автотранспортних засобів є велика різноманітність вторинних ресурсів — відходів виробництва і відходів споживання при експлуатації автотранспортних засобів. Ресурсний баланс відходів виробництва і відходів споживання має такий вигляд:

$$P_B = P_4 + P_5 + P_6,$$

де  $P_B$  — відходи виробництва і відходи споживання із системи експлуатації автотранспортних засобів;

$P_4$  — вторинні ресурси автотранспорту, що надходять в інші галузі народного господарства;

$P_5$  — неорганізовані відходи автотранспортного виробництва;

$P_6$  — використовувані (що не утилізуються) відходи і викиди автотранспортного виробництва

В інші галузі народного господарства надходять: брукт чорних і кольорових металів; відпрацьовані нафтопродукти; непридатні до відновлення автомобільні покриття; стічні води та ін., частина з яких після відповідної переробки знову повертається в систему експлуатації автотранспортних засобів у вигляді нових автомобілів, покриттів, масел, запасних частин тощо.

До неорганізованих відходів належать вторинні ресурси, які характеризуються невеликими об'ємами утворення, і в основному потребують вирішення організаційних і технічних питань утилізації і можливого використання їх як відтворного фонду. Це відпрацьовані консистентні мастильні матеріали з вузлів тертя, технічні рідини, електроліти, антифризи, пластмаси та ін.

До не використовуваних відходів належать такі, які на сучасному рівні розвитку науки і техніки не можуть бути вловлені і використані у виробництві або ж їхнє використання економічно недоцільне. Це компоненти відпрацьованих газів двигунів, лакофарбові покриття кузовів і кабін автомобілів, гумовий пил, що утворюється в процесі руху автомобілів, та ін.

Одне із завдань інтенсифікації автотранспортного виробництва - досягнення найбільшого ефекту при скороченні споживаної маси виробничих ресурсів. Умову ефективної виробничо-господарської діяльності щодо ресурсовіддачі можна записати у вигляді формули:

$$P = \frac{P_1 + (P_2 + P_3)}{Q} \rightarrow \min$$

де  $P$  — ефективність автотранспортної роботи щодо ресурсівіддачі;

$P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  — товарні маси використаних матеріальних і енергетичних ресурсів при виконанні автотранспортної роботи за певний період часу;

$Q$  — кількість виконаної за певний період часу автотранспортної роботи.

Якщо в АТП не досить повно залучаються в господарський обіг вторинні ресурси і відходи виробництва, тобто величини  $P_2$ ,  $P_3$  незначні, то це створює потребу залучення в цей обіг більшої маси первинних ресурсів і призводить до погіршення ресурсівіддачі.

Створення і розвиток механізму залучення вторинних ресурсів і відходів у господарський обіг АТП потребують чіткої їх класифікації. Вона повинна враховувати усі технічні, організаційні та економічні можливості залучення в господарський обіг кожної назви вторинного ресурсу або відходу виробництва, тобто утилізація має розглядатись як остання стадія їхнього життєвого циклу. Такий підхід дає змогу сконцентрувати зусилля наукових та інженерно-технічних працівників не тільки на прискореному використанні відтворного фонду, а й на пошуку нових мало - і безвідходних технологій.

### 1.1 Класифікація вторинних ресурсів і відходів.

Оснoву класифікації вторинних ресурсів і відходів, що утворюються на підприємствах автотранспорту, становить поділ їх за агрегатним станом, джерелами утворення і напрямками використання. За агрегатним станом відходи автотранспортного виробництва поділяють на п'ять класів: тверді, рідкі, пастоподібні, пилоподібні і газоподібні (рис. 1.2). Кожен клас поділяється на групи і підгрупи.

Наприкладі експлуатації вантажного автомобіля ЗІЛ-130 (стан автомобіля до списання) розподіл загальної маси вторинних ресурсів і відходів за агрегатним станом (%) має такий вигляд:

Газоподібні ..... 72,5.

Тверді..... 14,2.

Рідкі..... 8,2.

Пилоподібні .....4,5.

Пастоподібні .....0,6.

Разом .....100.

Порівняння цієї маси з масою автомобіля у спорядженому стані показує, що один автотransпортний засіб за свій життєвий цикл утворює велику масу вторинних ресурсів і відходів, яка в 10...12 разів більша від маси самого автомобіля. Якщо при цьому враховувати і масу застосовуваної води (для миття автомобілів й систем охолодження), то маса відходів перевищує власну масу автомобіля у 90—95 разів. Наприклад, автотransпортне підприємство на 150 автомобілів ЗІЛ-130 за один рік експлуатації орієнтовно створює 1,5...1,6 тис. тон вторинних ресурсів і відходів, а з урахуванням споживання води — 8...9 тис. тон.

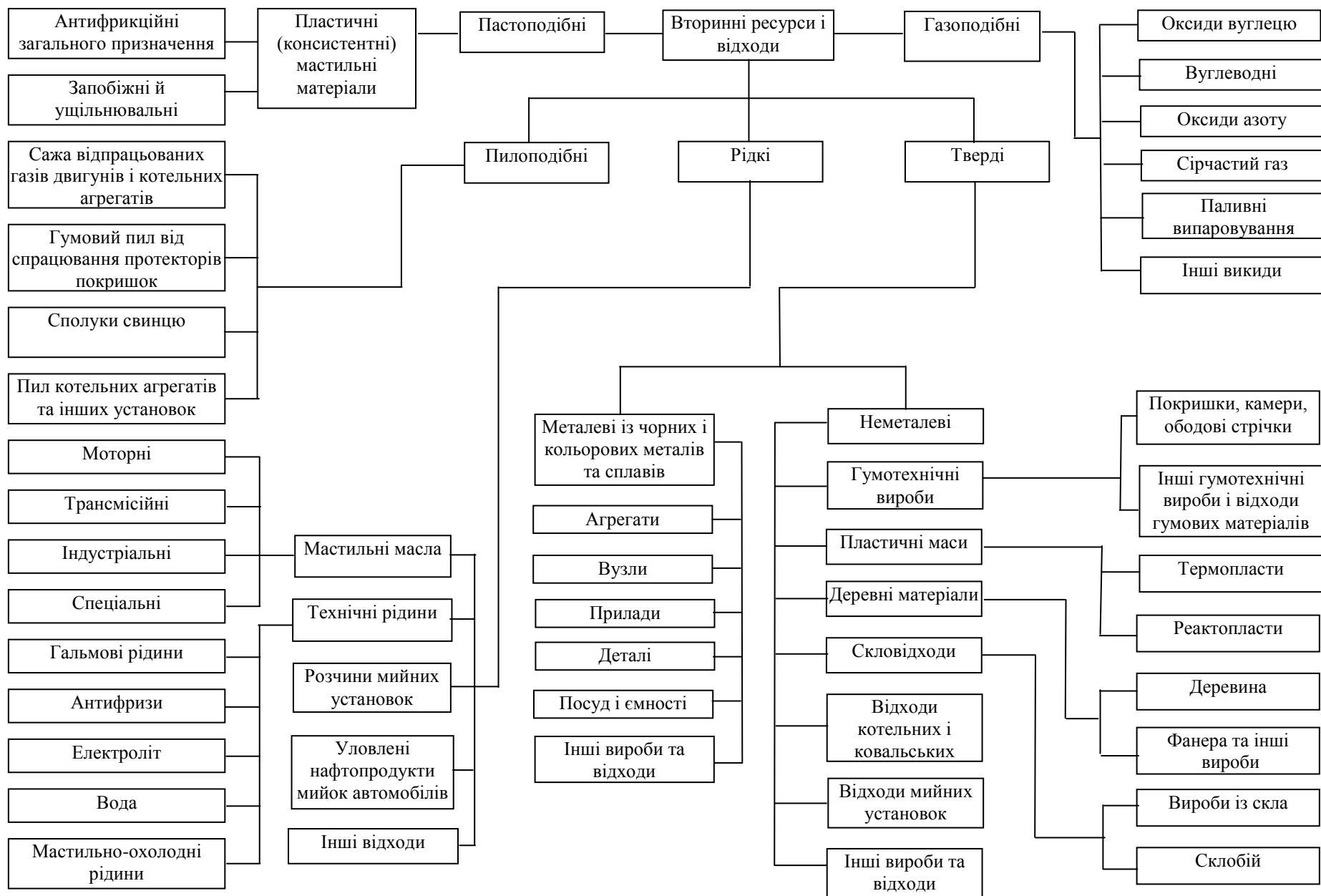


Рис.1.2 – Класифікація вторинних матеріальних ресурсів підприємств автотранспорту за агрегатним станом

За джерелами утворення класифікація відходів передбачає поділ їх на дві основні групи: відходи, що утворюються безпосередньо в процесі руху автомобілів; відходи, що утворюються в процесі ТО і поточного ремонту автомобілів, а також у результаті списання автомобілів. До першої групи відходів належать газо - і пилоподібні відходи, а до другої — тверді, рідкі і пастоподібні відходи. Відповідно до прийнятої в нас єдиної укрупненої класифікації відходів виробництва і відходів споживання, газо - і пилоподібні відходи належать до відходів автотранспортного виробництва, а тверді, рідкі і пастоподібні відходи — до відходів автотранспортного споживання.

Класифікація відходів за джерелом утворення дає змогу поділяти їх на використовувані і не використовувані, на вловлювані і не вловлювані. Такий поділ полегшує організацію залучення вторинних ресурсів у господарський обіг підприємств автотранспорту і в інших галузях народного господарства. Класифікація відходів АТП — основа для розробки системи норм і нормативів утворення вторинних ресурсів на автотранспорті. Проблема використання газо - і пилоподібних відходів автотранспортного виробництва в технічному плані досі не розв'язана. Науково-дослідні інститути ведуть роботи щодо нейтралізації відпрацьованих газів та вловлювання сажі з вихлопів дизельних двигунів. Зусилля працівників АТП мають бути зосереджені на розв'язанні проблем скорочення шкідливих викидів у складі відпрацьованих газів та збільшенні пробігів автомобільних шин. Викиди в атмосферу оксидів вуглецю і вуглеводнів, обсяги яких залежать від повноти згоряння палива у двигуні, є викидами невикористаної енергії.

Відходи виробництва і споживання на автотранспорті класифікують за небезпечністю впливу їх на навколишнє середовище та організм людини, а також у пожежонебезпечному відношенні. Їх

поділяють на п'ять груп: токсичні відходи (компоненти відпрацьованих газів двигунів, антифризи та деякі гальмівні рідини), біологічно активні відходи (відпрацьовані нафтопродукти, консистентні речовини, мастильні матеріали, тверді осадочні споруди та ін.); хімічно активні відходи (електроліт); горючі відходи ; нейтральні відходи. Деякі відходи водночас мають ознаки небезпечності інших груп, тобто їм властива комплексна небезпечність.

Вторинні енергетичні ресурси автотранспорту (рис. 1.3) поділяють на два класи: теплові і паливні.

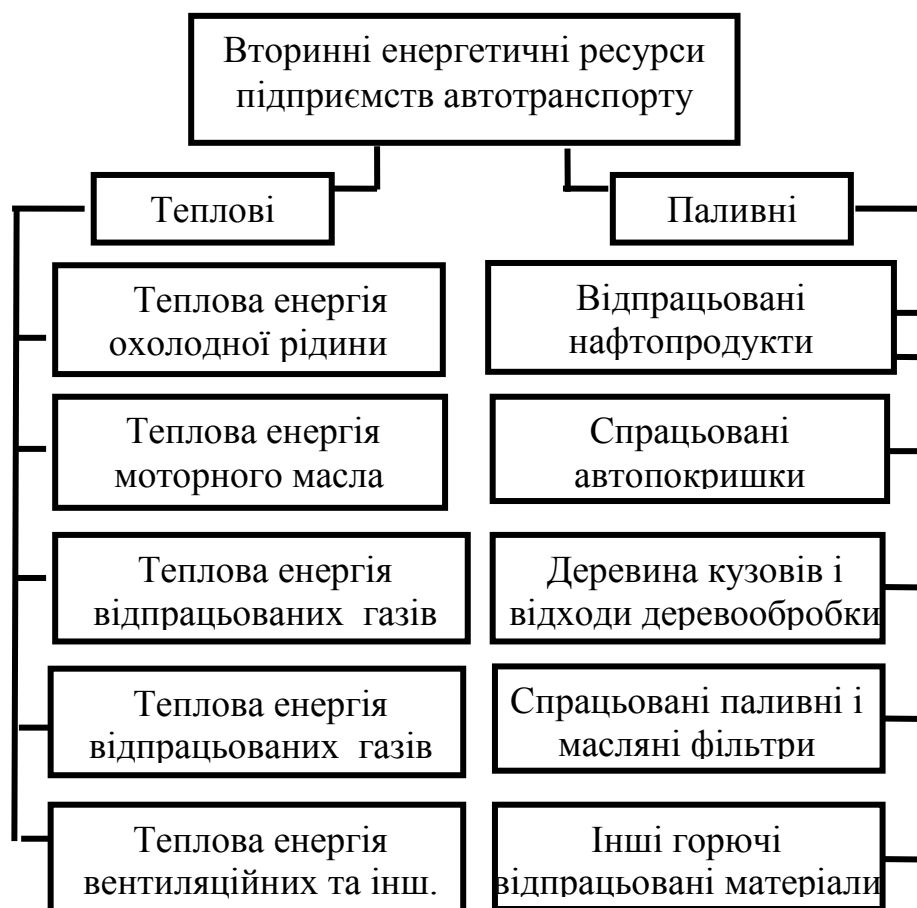


Рис. 1.3. Класифікація вторинних енергетичних ресурсів автотранспорту.

Напрями використання вторинних ресурсів відходів автотранспортних підприємств різні. На рис. 1.4 показано загальну схему

руху первинних і вторинних ресурсів у системі експлуатації автотранспорту. На автотранспортні роботи, пов'язані з переміщенням вантажів і пасажирів, забезпеченням потрібної технічної готовності автомобілів, та інші виробничі потреби автотранспортне підприємство використовує первинні ресурси — матеріали, вироби, енергію. Автотранспортний процес, технічне обслуговування, ремонт і зберігання автомобілів супроводжуються утворенням відходів виробництва і відходів споживання, які поділяються на використовувані (або ті, що утилізуються) матеріальні ресурси, енергетичні відходи і невикористовувані матеріальні та енергетичні відходи.



Рис. 1.4. Загальна схема руху первинних і вторинних ресурсів.  
Матеріальні відходи АТП мають такі напрями використання й



утилізації: використання всередині АТП, в тому числі в кооперації з авто - і шиноремонтними заводами; передача матеріальних відходів іншим АТП та організаціям цього відомства; поставка підприємствам і організаціям інших галузей народного господарства.

Енергетичні теплові відходи АТП використовують для своїх власних потреб або безпосередньо на автомобілях, а паливні відходи — як усередині АТП, так і іншими підприємствами та організаціями. Особливістю деяких відходів (спрацьовані автомобільні покришки, відпрацьовані нафтопродукти, деревина та ін.) є те, що їх можна використовувати в якості як матеріальних так і енергетичних паливних ресурсів. Напрямок руху їх у кругообігу ресурсів у кожному конкретному випадку визначається плановим завданням на використання, передачу, поставку або здачу.

Джерелом часткового заміщення первинних ресурсів АТП є відходи виробництва і відходи споживання підприємств та організацій інших галузей народного господарства (металовідходи, пластмаси, інші матеріали і вироби).

Вирішуючи питання керування використанням вторинних ресурсів на автотранспорті, треба враховувати альтернативи рециркуляції матеріалів. Передусім це збільшення терміну служби матеріальних ресурсів у сфері експлуатації автотранспорту, зниження витрати матеріалів, впровадження ефективніших ресурсозберігаючих технологій, заміна дефіцитних і токсичних матеріалів менш дефіцитними і нешкідливими, тобто заходи, які дають змогу скоротити обсяги утворення відходів та зменшити їхній шкідливий вплив на навколишнє середовище.

Скорочення питомої витрати первинних ресурсів разом із використанням ресурсозберігаючих технологій може більшою мірою сприяти збереженню ресурсів, ніж рециркуляція матеріалів. Такий підхід

свідчить про те, що питанню ресурсозбереження на автотранспорті властивий комплексний характер і воно має в кожному конкретному випадку вирішуватися з позицій економічності.

Значний резерв економії металу, палива й енергії — вторинне використання спрацьованих деталей, інших виробів і матеріалів, у тому числі й списаних автомобілів. Головним і найбільш економічним напрямом вторинного використання спрацьованих деталей є відновлення їхньої початкової працездатності різними методами і способами реставрації. Переважна кількість елементів і поверхонь деталей автомобілів взагалі не спрацьовуються або спрацьовуються мало. Так, понад 85% деталей вибраковують при спрацюванні окремих поверхонь до 0,05...0,3 мм, тобто при втратах маси, що становлять незначні частки відсотка від маси самих деталей. Тому процеси відновлення спрацьованих деталей автомобілів — найефективніший напрям залучення вторинних ресурсів у господарський обіг АТП.

Один із напрямів використання спрацьованих деталей — виготовлення з них нових інших деталей. У цьому випадку спрацьовані деталі є заготовками або сировиною, що дають змогу раціонально використовувати метал та інші матеріали. Це стосується не ремонтпридатних деталей (зруйнованих, із великим спрацюванням) або зайвих за цією номенклатурою. Характеристики металу, з якого виготовлені автомобільні деталі, не тільки відповідають вимогам до матеріалу нових виробів, а й здебільшого за міцністю і твердістю перевершують матеріал, що йде на їх промислове виготовлення. Наприклад, із спрацьованих півосей (матеріал — високоміцні леговані сталі) виготовляють пальці і валики гальмових колодок, пальці ресор і амортизаторів, гайкові ключі гайковертів та інші деталі типу «вал» або «вісь». Спрацьовані шворні використовують як заготовки для виготовлення

пальців ресор і амортизаторів та інших деталей, а клапани двигуна — для виготовлення роликів муфти вільного ходу приводу стартера. Певна номенклатура спрацьованих і не придатних до відновлення деталей є сировиною для виготовлення нових деталей методом лиття (поршні, головки блока та інші вироби з алюмінієвих сплавів, свинцеві відходи акумуляторних батарей, лом пластмас).

Великий резерв ресурсозбереження на АТП — використання спрацьованих деталей для виготовлення спеціального інструменту, пристроїв і оснастки, які застосовуються при виконанні операцій ТО і ремонту автомобілів. Різномарочність автомобілів потребує багатьох типорозмірів оснастки, яка промисловістю не випускається і не входить до бортового комплексу автомобіля. Наприклад, із спрацьованих деталей автобусів марки ЛАЗ і «Ікарус» можна виготовити понад 60 назв нових виробів. Із спрацьованих пальців поршнів двигунів автомобілів виготовляють накидні головки для гайок і болтів 20 типорозмірів.

Перспективним напрямом раціонального використання спрацьованих деталей є застосування їх як вторинної сировини для виготовлення товарів народного вжитку різної номенклатури.

Утилізація (здавання в металобрухт) спрацьованих і непридатних до використання деталей — заключний етап життєвого циклу цього виду відходів споживання. Однак і при здаванні в металобрухт треба розглядати можливість вилучення з утильних деталей цінних матеріалів. Наприклад, в одному утильному радіаторі системи охолодження двигуна залежно від марки автомобіля міститься 0,4...1 кг олов'янистого припою, який доцільно вилучати й використовувати замість первинного припою. Організація повного вилучення припою з усіх утильних деталей, що містять його, дає змогу скоротити застосування первинного припою у АТП на 80...90%, ліквідувати засміченість металобрухту іншими компонентами.

Відпрацьовані гази автомобільних двигунів з погляду використання їх як вторинних ресурсів розглядають у трьох напрямках: джерело теплової енергії; носій компонентів (сажа та інші складові); джерело надлишкового тиску. Найширше використовують відпрацьовані гази як вторинний енергоресурс — пристрої для підігрівання кузовів автомобілів-самоскидів при перевезенні вантажів, які змерзаються взимку; пристрої-теплообмінники паливоподавальної апаратури газобалонних автомобілів; бортові підігрівники дизельного палива; підігрівники кабін, салонів і кузовів автомобілів; транспортні утилізатори для обігрівання кабін автомобілів і тракторів, кузовів спеціальних автомобілів; пристрої для зменшення спрацьовування фрикційних вузлів механізму зчеплення; установки для гасіння локальних пожеж.

Одним із компонентів відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння є сажа. Нерозв'язана технічна проблема дизельного двигуна — видалення сажі з відпрацьованих газів. Такий двигун викидає в атмосферу 5...15 кг сажі на 1 тону спалюваного палива, причому верхня межа відповідає автотранспортним дизелям. Двигун автомобіля КамАЗ викидає 0,189...0,233 кг/год., або 3,15...3,88 г/км сажі при швидкості автомобіля, рівної 60 км/год. За рік ці викиди при добовому пробігу 300 км становлять 118 кг або 4,74 м<sup>3</sup> сажі.

У світовій практиці намітилася тенденція докорінної зміни підходу до розв'язання проблеми видалення сажі з відпрацьованих газів. При цьому сажу розглядають як вторинний ресурс (технічний вуглець) і ведуться пошуки способів уловлювання її з метою подальшого використання для потреб шинної промисловості. Створення промислових вискоєфективних фільтрів для вловлювання дисперсних частинок із відпрацьованих газів дизельних двигунів дасть змогу вирішити дуже важливе завдання зменшення викидів токсичних речовин та вловлювання сажі як цінного

вторинного ресурсу.

Двигун автомобіля за своєю конструкцією є і компресором, внаслідок чого відпрацьовані гази на виході з циліндрів при такті «випуск» мають надлишковий тиск, тобто є джерелом енергії. Цю їхню властивість можна використовувати в конструкціях різних пневматичних підйомників, у тому числі платформ вантажних бортових автомобілів.

Рециркуляція відпрацьованих масел, що виробляються з нафти, є або регенерацією їх для одержання аналогічних продуктів, або їх використанням з іншою метою — як котельного палива, на технологічні та інші потреби. Регенерація відпрацьованих масел — основний напрям їх рециркуляції, оскільки дає значну економію сировинної нафти — природного ресурсу, що не відновлюється. Одним із напрямів повторного використання відпрацьованих нафтових масел є виготовлення на їхній основі антикорозійних рідин для захисту деталей автомобілів від корозії. Велике економічне й екологічне значення має раціональна організація на АТП збирання, зберігання і повторного використання відпрацьованих нафтопродуктів.

Інтенсивний розвиток автотранспорту призводить до зростаючого засмічення навколишнього середовища спрацьованими автомобільними покришками. Щороку в нашій країні виходить із експлуатації близько 10 млн. покришок, 65 % яких не використовується для вторинної переробки і викидається у відвали. До традиційних способів переробки відпрацьованих покришок належать: відновний ремонт з накладанням нового протектора, регенерація гуми, подрібнення покришок із наступним використанням дрібняку для виготовлення різних виробів.

За кордоном і в нашій країні нагромаджено досвід використання спрацьованих покришок у цілому вигляді. За зарубіжними даними, довговічність покришки у воді становить 1500...2000 років, а в атмосфері

— 50...60 років, їх широко застосовують у спорудах для захисту узбереж морів і річок від ерозії, штучних берегів водосховищ, хвилерізів, дамб. Покришки невеликих діаметрів застосовують у конструкціях стрічкових конвеєрів замість несучих металевих роликів. Властивість покришок пом'якшувати удари використовується для захисту бічних частин суден від ударів при швартуванні, як основа при розвантажуванні вантажів або фундамент для кріплення установок, що створюють вібрацію в процесі роботи. Із покришок роблять бар'єри й огорожі автомобільних доріг, їх застосовують при будівництві доріг аеродромів, злітних майданчиків. Ефективним вирішенням є використання утильних автомобільних покришок як будівельних блоків для будування стін гаражів, майстерень, складів та ін.

Армовані металокордом спрацьовані покришки використовують як паливо в оберткових цементних печах. Теплотворна здатність автомобільних покришок становить 33...35 МДж/кг проти 27...30 МДж/кг для вугілля. Головним недоліком при переробці спалюванням є знищення хімічно цінних речовин і негативний вплив на навколишнє середовище.

Перелічені можливості вторинного використання утильних покришок у цілому вигляді не можуть бути визнані задовільними, оскільки в період зростаючого дефіциту й подорожчання енергії та сировини особливого значення набувають способи здобуття з покришок сировинних та енергетичних ресурсів. Тому актуальним завданням є переробка покришок. Вона охоплює термічний і каталітичний крекінг і піроліз, регенерацію, подрібнення, розкладання гуми під дією кисню, водню та інших хімічних реагентів.

Одним з ефективних напрямів заміни традиційних способів передпускового розігрівання двигуна автомобіля взимку (електро -, газо -, водо - і паропідігрівання) є утилізація теплової енергії охолодної рідини та

моторного масла. У двигунах акумулюється теплова енергія, носієм якої є рідина в системі охолодження і моторне масло в картері двигуна. Використання частини цієї енергії, яка при постановці автомобіля на відкриту стоянку передається у навколишнє середовище (зливання гарячої води), для потреб наступного розігрівання двигунів належить до проблеми утилізації теплової енергії.

Енергоощадні способи передпускового розігрівання двигунів реалізуються за допомогою індивідуальних (бортових) автомобільних термосів, пересувних установок і стендів колективного користування. Сукупні витрати на розігрівання одного автомобіля за допомогою термосів скорочуються у 5...12 разів порівняно з традиційними способами розігрівання. Досягається значна економія води, збільшується моторесурс двигунів. В основі будь-якого автомобільного термоса закладена така схема: забирання гарячої води з системи охолодження в термос; зберігання її в термосі з можливим підігріванням при дуже низьких температурах; видача гарячої води з термоса в систему охолодження двигуна. Бортові термоси монтують безпосередньо на автомобілі. Пересувний термос — це термоємність на шасі внутрішньогаражного автомобіля або причепа до внутрішньогаражної машини багатоцільового призначення. Термос колективного користування — це ємність, розміщена в землі. Досі ефективних термосів для моторного масла ще не створено. Застосування їх дасть змогу збільшити моторесурс автомобільних двигунів унаслідок різкого зменшення пускового спрацьовування.

## 1.2 Показники оцінки рівня сировинного еквівалента

З урахуванням не відтворюваності природних ресурсів і зростання темпів потреби в них важливого значення набуває проблема збільшення

сировинного еквівалента вторинних ресурсів, який у перспективі має стати одним із головних показників економічності виробництва. Тому одним із актуальних питань підвищення ефективності використання вторинних ресурсів на АТП є розробка і застосування відповідних показників, за якими оцінюють рівень сировинного еквівалента цих ресурсів. Основою можливості застосування вторинних ресурсів замість первинних є еквівалентність споживчих властивостей, яку оцінюють показником еквівалентності цих властивостей. Як такий показник застосовується коефіцієнт еквівалентності споживчих властивостей  $E$ , що визначається зі співвідношення:

$$E = Q_M / Q_B,$$

де  $Q_M$  — кількість продукції, виготовленої з первинної сировини або матеріалів, рівноцінна за споживчими властивостями кількості продукції, що виготовляється з відходів;

$Q_B$  — кількість продукції з відходів або з частковим використанням відходів у вигляді добавки.

Так, коефіцієнт еквівалентності споживчих властивостей відновлення автомобільних покришок як відходів споживання підприємств автотранспорту відносно до нових (з урахуванням рівноцінності, наприклад, при пробігу 45% від нової) становитиме 0,45, тобто 100 відновлених покришок еквівалентні за споживчими властивостями 45 новим автомобільним покришкам розглядуваного типорозміру. Аналогічно показник еквівалентності споживчих властивостей можна визначити для інших рециркульованих відходів споживання підприємств автотранспорту — відновлених агрегатів, вузлів і деталей, регенерованих масел, антифризів, електrolітів і т. д.

Між коефіцієнтом еквівалентності споживчих властивостей і ефективністю використання вторинних ресурсів є прямий зв'язок. Чим



вищий цей показник, тим вища ефективність використання залучених у господарський обіг вторинних ресурсів і більший обсяг заміни первинних ресурсів. Тому пошук і розробка нових способів і методів підвищення показника еквівалентності споживчих властивостей використовуваних вторинних ресурсів — важливі завдання спеціалістів підприємств та організацій автомобільного транспорту. Має значення і розширення масштабів залучення вторинних ресурсів у господарський обіг за вже існуючими технологіями.

Характерно, що для багатьох відходів споживання і виробництва підприємств автомобільного транспорту та інших галузей народного господарства коефіцієнт еквівалентності має порівняно більше значення. Наприклад, однакову еквівалентність споживчих властивостей ( $E = 1$ ) мають: вода, що зливається з систем охолодження автомобільного двигуна; більша частина виготовлених із спрацьованих деталей інших виробів; металовідходи та інші відходи виробництва різних галузей народного господарства. Крім того, споживчі властивості деяких видів вторинної сировини після відновлення можуть бути вищими, ніж ті самі властивості аналогічних первинних ресурсів. Так, коефіцієнт еквівалентності споживчих властивостей відновлених деталей автомобілів прогресивними способами і методами (плазмове напilenня та ін.) може досягати 1,5...2 і більше порівняно з новими деталями, виготовленими за традиційними технологіями.

У більшості випадків еквівалентність споживчих властивостей агрегатів, вузлів, приладів і деталей автомобілів, що застосовуються для виготовлення різних технічних засобів і пристроїв за принципом агрегатування, однакова або вища від споживчих властивостей оригінальних або покупних комплектуючих виробів.

Другим показником оцінки ефективності використання вторинних

ресурсів є коефіцієнт взаємозамінності  $K_{вз}$ , який визначають за формулою:

$$K_{вз} = H_{п}/H_{в},$$

де  $H_{п}$  — питома витрата (або норма витрачання) первинної сировини на виробництво одиниці цього виду продукції;

$H_{в}$  — питома витрата (або норма витрачання) вторинної сировини на виробництво одиниці цього виду продукції.

У цій формулі коефіцієнт еквівалентності споживчих властивостей дорівнює одиниці. Якщо він менший або більший від одиниці, тобто є відмінність у споживчих властивостях одиниці продукції, то  $K_{вз}$  треба помножити на коефіцієнт еквівалентності споживчих властивостей, і формула набуде вигляду:

$$K_{вз} = (H_{п} / H_{в})E.$$

Чим вищий коефіцієнт взаємозамінності, тим більша ефективність використання вторинного ресурсу цієї номенклатури і більший обсяг заміни аналогічного первинного ресурсу. Він є більш інтегрованим показником оцінки сировинного еквівалента вторинних ресурсів.

Коефіцієнти взаємозамінності застосовують у процесі керування використанням матеріальних ресурсів. При невиконанні АТП затверджених завдань збирання, заготівлі і використання відходів за встановленою номенклатурою, доцільно зменшувати поставки відповідних видів первинної сировини, матеріалів або виробів. Кількість первинної сировини, на яку зменшуються поставки, можна визначити із урахуванням коефіцієнта взаємозамінності (таблиця 1.1).

Наприклад, при невиконанні встановленого завдання здачі спрацьованих покришок на відновлення нового протектора на 30 одиниць поставка нових шин зменшується на 12 одиниць ( $30 \times 0,4$ ). При не здачі на регенерацію 2 тон відпрацьованого моторного масла поставки свіжого моторного масла зменшуються на 1,6 тон ( $2 \times 0,8$ ).

З урахуванням значної номенклатури відходів споживання на АТП і з метою посилення дії економічного механізму на збільшення обсягу залучення вторинних ресурсів у господарський обіг коефіцієнти взаємозамінності (крім перелічених у таблиці 1.1.) можна визначити для всіх видів матеріальних ресурсів АТП.

Таблиця 1.1 Використання вторинних ресурсів і відходів.

Вторинні ресурси і відходи	Напрямок використання у народному господарстві	Назва матеріалів, які замінюються	Коефіцієнт взаємозамінності
1	2	3	4
Покришки спрацьовані:			
- придатні до відновлення;	Відновлення протектора	Покришки	0,4...0,5
- утильні.	Регенерація, виготовлення гумового дрібняку	Синтетичний каучук	0,33
Відпрацьовані нафтопродукти	Регенерація відпрацьованих масел	Моторне індустріальне масло	0,8
	На технологічні потреби	Мастильні рідини	1
	Як котельне паливо	Мазут	1
Відходи:			
гумові	Виготовлення гумотехнічних виробів	Синтетичний каучук	0,5
гумотканинні	Те саме	Те саме	0,4
Макулатура	Виробництво паперу	Деревина	3,5
Полімерна вторинна сировина	Виробництво полімерів	Первинна полімерна сировина	0,7...1

Текстильні вторинні матеріали	Те саме нетканих матеріалів, повсті, пряжі, паперу	Натуральні волокна	0,6...1
Брухт: - чорних металів	Виробництво сталі	Чавун	0,9
1	2	3	4
- кольорових металів.	Виробництво кольорових металів	Кольорові метали	0,9
Деревинні відходи	Виробництво палива	Паливні дрова	0,64
	Виробництво деревинно- стружкових плит	Деревина	0,88
Зола і золошлакові відходи котелень	Виробництво бетону	Цемент	0,3
		Пісок	0,5

Крім коефіцієнтів еквівалентності споживчих властивостей і взаємозамінності доцільно користуватися коефіцієнтом рівня агрегування  $K_a$ , який оцінює ступінь використання автомобільних та інших агрегатів, вузлів, приладів і деталей у výroбах, що виготовляються за принципом агрегування. Його визначають за формулою:

$$K_a = M_a / M_B ,$$

де  $M_a$  — загальна маса агрегатів, вузлів, приладів і деталей, що застосовуються у виробі за принципом агрегування, кг;

$M_B$  — загальна маса виробу, кг.

Наприклад, для одновісного бортового причепа показник  $K_a$  становить 0,75. Із досвіду ВАТ АТП Української корпорації автомобільного транспорту величина коефіцієнта рівня агрегування при створенні засобів механізації, пристроїв, інструменту, оснастки може бути доведене до 0,85...1.

Коефіцієнт рівня агрегування — це показник, який ураховують також при аналітичному визначенні обсягу бруктоутворення на АТП. Він показує, яка маса вторинних ресурсів залучається в господарський обіг АТП і не повинна враховуватися в обсягах здавання агрегатів, вузлів і деталей у металобрухт.

### 1.3 Основні шляхи економії автомобільного палива

На автомобільному транспорті питомі витрати палива можна знизити, здійснюючи організаційні і технічні заходи.

До організаційних заходів належать такі: перегляд лінійних норм витрачання палива і приведення їх у відповідність із сучасним технічним рівнем рухомого складу та зміненими умовами експлуатації; підвищення коефіцієнта використання пробігу вантажного рухомого складу, інтенсифікація використання причепів; формування три- і чотири ланкових автопоїздів; додержання оптимальних швидкостей руху автомобілів (відомо, що рух автомобілів зі швидкістю понад 90 км/год призводить до істотного і часто невиправданого перевитрачання палива); удосконалення обліку витрачання палива на підприємствах; упорядкування постачання і роздачі палива та ін.

До технологічних заходів можна віднести такі: постійне підтримування задовільного технічного стану рухомого складу і передусім систем живлення, запалювання і газорозподілу двигунів, регулювань ходової частини і шин; обладнання майданчиків відкритого зберігання автомобілів в умовах негативних температур сучасними засобами розігрівання і підігрівання холодних двигунів. Це дасть змогу повністю виключити прогрівання двигунів у між змінний час запусканням і роботою на холостому ходу. Докладно усі ці заходи описано у відповідних розділах

підручника.

Втрати палива при порушенні правил експлуатації автомобілів збільшуються.

До значної перевитрати палива (на 4...17 %) призводить зменшення тиску в шинах коліс. Порушення теплового режиму двигуна може збільшити витрату палива на 8...10 %, тому треба категорично заборонити експлуатацію автомобілів із несправними термостатами і жалюзі.

Наявність накипу в системі охолодження двигуна збільшує витрату палива до 8 % і масла до 2,5 %. Найкращим засобом проти його утворення є електромагнітна обробка води або експлуатація автомобілів із антифризом.

До збільшення витрати палива (на 10...20 %) призводять також неправильне регулювання зчеплення, маточин коліс, гальмових механізмів, сходження коліс та інші несправності. Підвищення пропускної здатності головного жиклера карбюратора на 10 %, неправильне встановлення кута випередження запалювання, вчасна очистка свічок від нагару спричиняють перевитрату палива на 5...15 %. Неправильне регулювання переривника збільшує витрату палива на 7...10 %, а робота двигуна з несправною свічкою — на 25...60 %.

Великі втрати виникають при порушенні водієм правил керування автомобілем у русі. Так, застосування бензину з октановим числом, яке не відповідає двигунові, може спричинити прогорання головок блоків та їхніх прокладок, руйнування і прогорання поршнів і клапанів, що збільшує витрату палива. При використанні бензину і дизельного палива з вмістом сірки відповідно понад 0,15 і 0,5 % деталі циліндро-поршневої групи спрацьовуються в 3...4 рази швидше і палива витрачається значно більше, ніж при 0,05 і 0,2-процентному вмісті сірки.

Викладене вище підтверджує потребу застосування палива для

кожної моделі автомобіля відповідно до вимог інструкцій заводів-виготовлювачів.

До великих втрат палива (до 30) призводять: низький коефіцієнт використання пробігу, недостатнє застосування причепів і напівпричепів, недостатнє використання вантажопідйомності і тягових потужностей, зниження частки централізованих перевезень вантажів, експлуатація автомобільного транспорту у важких дорожніх умовах, понаднормативні простой під розвантаженням і навантаженням.

#### 1.4 Застосування альтернативного палива

Тепер найреальніший шлях розширення енергетичної бази автомобільного транспорту і компенсації зростаючого дефіциту традиційних видів нафтового палива — використання синтетичних спиртів, серед яких значний інтерес становить метанол (метиловий спирт  $\text{CH}_3\text{OH}$ ). Сировиною для виробництва метанолу можуть бути різні види горючих копалин: природний газ, сланці, різне вугілля та ін.

Теплота згоряння метанолу приблизно наполовину нижча, ніж бензину. Це потребує збільшення на автомобілі паливного бака, що є одним із основних недоліків метанолу. Разом з тим теплота згоряння бензо - і метанолоповітряних сумішей різниться мало. Тому при різній ефективній потужності робочий об'єм двигуна, що працює на метанолі, може бути таким самим, як і бензинового.

З енергетичного погляду метанол має перевагу — високу антидетонаційну стійкість і високий ККД робочого процесу. Спиртові палива характеризуються більшою активністю при горінні порівняно з вуглеводнями. Завдяки цьому горіння метанолової суміші у двигуні стійкіше, а границя спалахування паливної суміші зміщується у більшу

сторону — до а — 1,4...1,45.

Метанол має низьку пружність пари і високу теплоту випаровування. Внаслідок цього утруднюється пуск двигуна навіть при позитивних температурах навколишнього середовища. Цей недолік усувають, додаючи 5...10%-ві розчинні у ньому низько киплячі вуглеводневі фракції, застосовуючи додаткові системи з пусковим паливом, підігрівуючи впускні трубопроводи, використовуючи карбюратори з електропідігріванням та ін. Як пускові добавки застосовують скраплені гази — бутан, ізопентан і диметиловий ефір. Застосування альтернативних палив — один із головних напрямів економії автомобільного палива. Найбільш ефективні і перспективні види моторного палива — природний газ, водень, пропан-бутанова суміш і метанол. До нових видів належать сполуки легких вуглеводнів із бензином або дизельним паливом; скраплені метан, етан та їх сполуки. На особливу увагу заслуговують традиційні види палива з добавками хімічних компонентів.

Застосування водню як додаткового палива для карбюраторних двигунів відкриває можливість принципово нового підходу до організації робочого процесу. При мінімальній модифікації двигуна, що стосується в основному системи живлення, можна досягти значного підвищення його паливної економичності: експлуатаційна витрата бензину знижується на 35...40% і зменшується токсичність відпрацьованих газів (таблиця 1.2). Газові конденсати мають різні фізико-хімічні властивості. Навіть у межах одного родовища ці властивості можуть змінюватися протягом доби. Тому перед заправлянням обов'язково треба визначати фізико-хімічні, теплофізичні і термодинамічні характеристики досліджуваних палив і вибрати оптимальний у конкретній ситуації варіант використання газового конденсату будь-якого родовища без здійснення комплексу досліджень,



передбачених комісією з випробувань палив, масел, мастильних матеріалів та спеціальних рідин.

Таблиця 1.2 Токсичність відпрацьованих газів.

Компонент	Токсичність відпрацьованих газів, %		
	бензину	природного газу	бензину з воднем
CO	100	10	3
CH	100	80	74
NO <sub>x</sub>	100	90	4,5

Додавання у бензин синтетичних компонентів і присадок — перспективний напрям. Наприклад, у бензин додавали 8 % метилтретиннобутилового ефіру (МТБЕ) і бензометанольну суміш (15 % метанолу і 7 % ізобутанолу). Випробовували також бензин А-76 з мийною присадкою «Найк». Перевірка цих палив у реальних умовах показала надійну роботу автомобілів. При цьому не потрібні спеціальні регулювальні роботи, автомобіль працює із звичайними експлуатаційними матеріалами, а умови зберігання і транспортування палива такі ж самі, як і бензину. Крім того, високі антидетонаційні властивості МТБЕ дають змогу збільшити випуск не етилованого бензину. Розпочато виробництво бензину з додаванням МТБЕ.

Застосування бензометанольної суміші висуває специфічні вимоги. Підвищуються вимоги до тиску насиченої пари бензину, оскільки навіть із 5 % -м додаванням метанолу тиск значно збільшується. Щоб уникнути розшарування суміші при її зберіганні, транспортуванні і застосуванні, треба додержувати певної температури і не допускати потрапляння в неї води. Деякі синтетичні матеріали, що використовуються в системах роздачі палива і в автомобільних системах живлення, виявляються нестійкими до бензометанольної суміші. При переведенні автомобіля з бензину на бензометанольну суміш треба змінити пропускну здатність жиклерів, при

цьому трохи збільшується загальна витрата палива при зниженні витрачання бензину. Суміш із вмістом метанолу до 15% не погіршує основних техніко-експлуатаційних показників автомобілів.

Відходи нафтохімічних і хімічних виробництв (ВНВ) з високим вмістом спиртів і води мають великі перспективи при використанні їх у двопаливних автомобілях. Застосування таких добавок дає змогу на 7...11% зменшити витрачання автомобільного палива при стійкій роботі двигунів, знизити витрати на його виробництво і зменшити застосування токсичного тетраетилсвинцю.

### 1.5 Втрати палива при транспортуванні, зберіганні і заправці автомобілів

Головні причини втрат палива — несправності устаткування нафтоскладів, порушення правил його експлуатації і недостатня кваліфікація обслуговуючого персоналу.

Втрати палива є наслідком підтікання його зі з'єднань шлангів, рукавів і хrapів, негерметичності резервуарів, а також при переливанні палива з однієї ємності в іншу. Найбільші втрати бувають при зберіганні палива, що пояснюється його малою в'язкістю. Навіть незначне підтікання палива у вигляді краплин призводить до значних втрат. Наприклад, через нещільне з'єднання, яке пропускає одну краплину за секунду, втрати за рік становитимуть 1,5 т. Якщо підтікання часом перетворюється в струминку, втрати збільшуються до 2,5 т за рік. Унаслідок малої в'язкості паливо просочується через невидимі отвори у швах ємностей на поверхню і випаровується («потіння»). Втрати з 1 м «потіючого» шва можуть досягти 0,7 т за рік.

Щоб уникнути втрат палива від витікання під час приймання, зберігання і видачі його, треба щодня перевіряти справність резервуарів і

тари, вчасно замінити прокладки і набивку в запірній арматурі і в з'єднаннях, негайно усувати дефекти. Не можна наливати нафтопродукти в пошкоджену тару, переповнювати паливом резервуари. Люки їх мають щільно закриватися, засоби перекачування треба регулярно перевіряти.

Тріщини у зварних швах і невеликі отвори в трубопроводах і резервуарах усувають, установлюючи хомути або бандажі із застосуванням бензостійких замазок та епоксидних смол. У АТП є спеціальні набори (ОП-1764) для ремонтних робіт, до яких входять різні полімерні матеріали (зв'язуючі, отвердники і пластифікатори), ацетон, скло стрічка бавовняна і скло тканинна, вимірники, ванночки, залізний порошок і слюсарний інструмент.

Втрати палива під час заправлення автомобілів бувають в основному через відсутність спеціалізованого заправного устаткування або невмілого користування ним. Тому цю операцію слід здійснювати на справних стаціонарних постах заправлення за допомогою паливо заправних колонок або безпосередньо на місцях пересувними паливозаправниками.

Випаровування палива при зберіганні має значну долю в загальних втратах. Найбільше випаровується бензин, менше — дизельне паливо. Масла і мастильні матеріали практично не випаровуються. Втрати нафтопродуктів від випаровування при зберіганні виникають в основному в результаті малих і великих «дихань» газового сифона, видування та ін.

«Дихання» резервуарів, що спричиняється коливанням температури повітря, супроводиться випусканням повітряної суміші з ємності при нагріванні і впусканням свіжого повітря при охолодженні. Газовий сифон і видування є наслідком негерметичності резервуарів (відсутність прокладок, нещільне прилягання кришок мостів для вимірювання, негерметичність дихального клапана та ін.), коли в них виникає циркуляція

повітря і пари бензину.

Передусім при випаровуванні палива вивітрюються легкі (головні) компоненти, що призводить до обважнювання фракційного складу, погіршення пускових властивостей, неповного згоряння, димного вихлопу, збільшення нагаровідкладень і прискорення спрацьовування деталей двигуна. Поряд із цим у не етилованого бензину знижується октанове число, а в етилованого збільшується концентрація тетраетилсвинцю з одночасним зменшенням концентрації бромистого етилу («виносника» свинцю), в результаті чого зростає утворення свинцевистих відкладень у камері згоряння.

Для зниження втрат палива треба: зменшити газовий простір при зберіганні повнішим заповненням резервуарів; знизити вплив коливань температури газового простору, фарбуючи резервуари у світлі тони (найкраще в білий колір) або влаштовуючи захисні екрани. Ємності (в тому числі дихальні клапани, прокладки, кришки) треба тримати у справному стані й забезпечувати цілковиту герметичність їх.

Вимірювати рівень наливу і брати проби доцільно вранці і ввечері, коли температура повітря і газового простору приблизно однакова. Треба скорочувати кількість перекачувань палива з резервуара в резервуар. Наливати у ємності нафтопродукти слід тільки закритим способом.

Найкращих результатів можна досягти при повній ліквідації газового простору, але для звичайних сталевих резервуарів цього добитися важко через температурне розширення нафтопродуктів. Максимальне заповнення таких ємностей можливе на 95...97 % їхньої повної місткості. Дослідженнями доведено, що річні втрати бензину від випаровування в резервуарах, заповнених паливом на 20 % , у 33...34 рази більші, ніж у заповнених на 90 % . Річні втрати бензину від випаровування залежно від ступеня заповнення резервуара та кліматичної зони наведено в таблиці 1.3.

Тому, вибираючи ємності, слід пам'ятати, що для зберігання однієї й тієї ж кількості палива краще мати один великий резервуар, ніж кілька малих. У цьому разі ступінь заповнення резервуара буде більшим, а поверхня випаровування меншою.

Не можна зберігати в ємностях довгий час невеликі залишки бензину або дизельного палива, бо швидкість само випаровування у них збільшується в 4 рази і більше.

Щоб запобігти втратам нафтопродуктів від малого «дихання», треба використовувати герметично закриті резервуари з дихальними клапанами, що працюють при підвищеному тиску. Дихальні клапани, встановлені на резервуарах, мають границі спрацювання при надлишковому тиску 0,25 МПа і вакуумі 0,01 МПа. Втрати бензину від випаровування у таких посудинах порівняно з «атмосферними» втричі нижчі і зменшуються у 10 разів при оборотності резервуара менш як 12 разів на рік.

Таблиця 1.3 Річні втрати бензину від випаровування.

Ступінь заповнення резервуара, %	Річні витрати бензину для кліматичних зон, %	
	середньої	південної
80	0,3	0,4
80	0,6	0,9
70	1,0	1,5
60	1,6	2,3
50	2,2	3,1
40	3,6	5,2
20	9,9	13,9

Найефективніший спосіб боротьби з випаровуванням нафтопродуктів — підземне розміщення резервуарів.

## **Розділ 2 МЕТОДИ І ЗАСОБИ БЕЗРОЗБІРНОГО ВІДНОВЛЕННЯ З'ЄДНАНЬ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ**

У класичному розумінні процес відновлення деталі або з'єднання має на увазі проведення технічних і технологічних заходів, направлених на зміну або їх геометричних розмірів до номінальних або ремонтних, або працездатності до нормативних показників. За основний критерій прийнята умова хоча б часткового відновлення зношеної поверхні, визначуване ваговим, лінійним, спектральним або іншим методом. Проте, у ряді випадків для відновлення техніко-економічних характеристик з'єднання, чинник нанесення покриттів (збільшення маси або лінійних розмірів) не є обов'язковим для досягнення загальних задовільних результатів. Тому розглянемо дану проблему декілька ширше.

Всі відомі в даний час методи і засоби для відновлення з'єднань, що труться автомобіля, і будь-якої іншої техніки по компонентному складу, фізико-хімічним процесам їх взаємодії з поверхнями, що труться, властивостям одержуваних покриттів (захисних плівок), а також механізму функціонування в процесі подальшої експлуатації можна розділити на три основні групи:

металоплакуючі композиції (МКФ, REPOWER, СУРМ-В, LUBRIFILM metal, Супермет, і ін.);

речовини що полімеризуються («Форум», SLIDER 2000 PTFE, «Аспект-модифікатор», ANTIFRICTION PTFE і ін.);

металокерамічні матеріали (Ceramic Engine Protector, ХАДО, «Живий метал», «Трібо» і ін.).

Умовно до відновників, в основному по критерію підвищення техніко-економічних показників, слідє віднести продукти ще двох додаткових груп:

кондиціонери металу і інші поверхнево-активні речовини (ПАР) (Micro X2, SUPER DURA LUBE, Fenom, Energy release і ін.);

шаруваті добавки-модифікатори (ПАФ-14, М-55 PLUS, Motor Protect — Liqui Moly, Дісмол і ін.).

Слід зазначити, що всі вони можуть розрізнятися за умов і способів застосування (Введення в з'єднання, що труться). Одні склади додають до масел, палива або пластичних мастил це МКФ-18У, SLIDER 2000 PTFE, SUPER DURA LUBE, LUBRIFILM metal. Інші вводять через карбюратори і колектори впускань у вигляді аерозолів і присадок до паливно-повітряних сумішей - «спеціальна обробка». До них відносяться SLIDER 2000 PTFE treatment team, REPOWER, «Старт», «М-ПУЛЬС 2000» і ін. Треті подають безпосередньо в зону тертя, наприклад, в циліндропоршневу групу: «Живий метал», МАК, СУРМ-В і ін.

Розглянемо детальніше найвідоміші препарати кожної групи.

## 2.1 Металоплакуючі змащувальні матеріали

Термін «металоплакуючий матеріал» введений Д.М. Гаркуновим, В.Г. Шимановським і В.М. Лозовським у зв'язку з винаходом ними змащувального матеріалу, що реалізовує ефект виборчого перенесення при терті (авторське свідоцтво СРСР № 179609 від 14 травня 1962 р.) [1,2].

У той час коли в колишньому СРСР урядовці, вчені і навіть прибиральниці з Міннафтохімпрому писали колективні листи в ЦК КПРС і радянський уряд про державну шкідливість нової «лженауки» — «ефекту беззносності Гаркунова», швейцарська компанія Actex SA в 1979 р. вперше

почала виробництво металоплакуючих порошкових препаратів марки Lubrifilm (рис. 2.1).

Тип препарату — реметалізант. Склад препарату: мідно-свинцево-срібний порошковий композит. У 1992 р. Lubrifil metal одним з перших препаратів західної автомобільної хімії був офіційно сертифікований



Рис. 2.1 Lubrifilm metal. Виготівник — Actex S.A. Женева. Швейцарія.

НАМІ (Науковий автотомоторний інститут м. Москва) і схвалений АвтоВАЗом, а в даний час використовується як добавка в моторне масло «Уфалюб».

Lubrifilm metal є тонкодисперсний порошок, що складається з частинок свинцю, упродовженних в кристалічну матрицю з мідно-срібного сплаву. Застосовується у вигляді добавки до моторного масла для створення в зоні високих питомих навантажень металевої композиційної плівки.

Спосіб застосування, згідно інструкції, достатньо простий:

1. Необхідно здійснити заміну моторного масла і масляного фільтру.
2. Здійснити пуск двигуна і протягом 5 хвилин виконати його прогрівання.



3. Зупинити двигун, зняти кришку горловини, струсити тубу, потім її вміст залити в двигун.

3. Закрити пробку і виконати запуск двигуна.

Одна туба препарату призначена для чотирьохтактного двигуна з об'ємом циліндрів до 2 л і пробігом не більш 100000 км. Для двигуна з 6-8 циліндрами і тим же пробігом рекомендується застосовувати 2-3 туби.

Дослідження препарату-регенератора Lubrifilm metal, проведені фірмою «Даймлер-Бенц», представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Результати випробувань препарату-регенератора Lubrilllm metal

Марка автомобіля	Пробіг, тис. км.	Літраж, л	Компресія, МПа		Витрата масла, л/1000км	
			До	Після	До	Після
Alfetta	63,0	1,8	10,3	13,8	12,8	10,3
Alfa 2000	76,0	2,0	13,3	13,9	12,0	10,6
BMW	60,0	2,0	9,5	11,1	13,0	12,0
Chrystler	70,0	1,8	12,	12,8	13,0	11,2
Ford	83,0	1,6	10,7	11,2	10,0	9,5
Mazda	29,0	1,3	12,8	13,1	10,8	9,3
Mini	55,0	1,0	11,1	11,5	8,0	6,5
Opel	113,0	2,5	10,1	10,6	13,0	12,0
Peugeot 404	53,0	1,6	10,1	10,6	13,0	12,0
Peugeot 504	76,0	2,0	9,0	10,6	12,4	10,5
Toyota GT	130,0	1,6	9,2	12,1	13,0	8,8
Toyota ST	110,0	1,6	13,4	13,8	11,0	10,0
VW70	137,0	1,6	12,7	13,1	,13,8	12,8
VWGolfGT	18,0	1,6	12,3	13,1	11,8	10,8
VWBus	103,0	1,6	9,2	10,2	17,8	14,4

Volvo	45,0	2,0	10,0	10,8	10,5	10,0
-------	------	-----	------	------	------	------

Склад препарату: мідно-свинцюво-срібний порошковий композит.

До теперішнього часу відомо більше 20 вітчизняних і декілька зарубіжних препаратів металоплакуючої дії. Найбільш поширені з них склади типа LUBRIFILM metal, PiMet, МКФ, СУЕАД і ін. Тепер деякі російські

Останніми розробками фірми Actex S.A. є реметалізанти Metalyz 6/8, принципово не відмінні по складу від Lubrifilm metal (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Metalyz 6. Виготівник — Actex S.A. Женева. Швейцарія. виробники, зокрема колишні «письменники» з Міннафтохімпрому СРСР називають свої розробки цієї групи на західний зразок — реметалізантами поверхні або просто реметалізантами, що рівносильне нареченню «космонавта» — «астронавтом», як прийнято в США і на Заході.

Близьким до LUBRIFILM metal по складу і технологічним властивостям є вітчизняний реметалізатор PiMet (рис. 2.3), розроблений Інститутом металургії Уральського відділення РАН. У рекламних проспектах фірми «ВМП» (м. Катеринбург) указується, що реметалізатор PiMet складається з ультрадисперсних порошків (розміром частинок до 0,1 мкм) сплаву міді, олова і срібла в базовій нейтральній основі. Порошковий сплав одержують з металевого газу в умовах глибокого вакууму. За даними розробників, PiMet дозволяє повністю відновити компресію і тиск масла в системі мастила при зносі двигуна не більш 60 %.



Рис. 2.3. PiMet. Виготівник — фірма ВМП. Катеринбург. Росія.

Тип препарату — реметалізант. Склад препарату: мідно-олов'янисто-срібний порошок

Частинки сплаву через свої малі розміри вільно проходять через фільтр, не випадають в осад і активно вступають в реакцію з металевими поверхнями, нормалізуючи їх кристалічні ґрати. Наголошується, що моторне масло SAE 10W-40 з 2,5 % мас. реметалізанта PiMet після 15 діб витримки не розшаровується на фракції, залишаючись повністю непрозорим від рівномірно розподілених по всьому об'єму частинок металу.

Для відновлення двигуна рекомендується високе «ремонтне дозування», після якого відновний ефект виявляється протягом першої тисячі кілометрів і зберігається до 10 15 тис. км. «Підтримуюче дозування» рекомендується застосовувати при кожній заміні масла. В цьому випадку ефект виявляється при пробігу автомобіля до 30 тис. км. Розробниками наводяться наступні результати експлуатаційних випробувань (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 - Результати застосування реметалізанта PiMet.

Марка автомобіля	Пробіг, тис. км.	Літраж, л	Компресія, МПа		Витрата масла л/1000 км	
			До	Після	До	Після
ВАЗ-2104	180,0	1,5	9,1	12,7	0,30	0,05
Москвич-2141	170,0	2Д	9,3	11,6	-	-

VW Passat	180,0	1,6	8,5	12,0	-	-
Ford Granada	200,0	2,0	5,4	8,5	4,50	1,50
Nissan Patrol	120,0	2,8	23,0	27,0	-	

Останнім часом незалежна фірма ВМП АВТО (колишній офіційний представник ВМП в м. Санкт-Петербурзі) випустила декілька власних металоплакуючих складів, таких як «Ресурс», СУРМ-В і, як ними заявлено, препарат комплексної металоплакуючої і кондиціонуючої дії Remetall [3].



Рис. 2.4. СУРМ-В. Виготівник — ТОВ «Піотр», м. Санкт-Петербург, Росія.

Тип препарату — реметалізатор. Склад препарату: мідно-оловянистий металоплакуючий комплекс.

Гідністю присадки «ЕРФОЛГ» є і те, що, у відмінність, наприклад, від присадок групи МКФ-18, для її виготовлення не вимагається тривалої термічної дії на складові її компоненти, а досить ретельного змішення витратних матеріалів в необхідних пропорціях.

Суть пропонованого методу полягає у відновленні поверхонь, що труться, за допомогою фрикційного нанесення покриттів з пластичних металів, що містяться в спеціальному середовищі реметалізанта «М-

ПУЛЬС 2000» з такими препаратами, що полімеризуються, і поверхнево-активними речовинами, що дозволяє видалити оксидні плівки і пластифікувати оброблювані поверхні. В цілях тривалого збереження одержаних за його допомогою покриттів з пластичних металів в подальшій експлуатації застосовується моторне масло з 0,3-0,5% МПП «ЕРФОЛГ». З їх використанням були одержані науково-технічні результати за визначенням ефективності застосування МПП і намічені шляхи подальшого поліпшення їх тріботехнічних і фізико-хімічних властивостей.

## 2.2 Полімервміщуючі препарати для відновлення зношених поверхонь деталей автомобілів

Іншим напрямом відновлення зношених поверхонь тертя і підвищення їх тріботехнічних характеристик є застосування полімервміщуючих матеріалів, таких як політетрафторетілен («тефлон»), перфторполіефір карбонової кислоти («епілам»), фторопласт-4, перфторпропіленоксид і ін.

Появі їх на автомобільному ринку передувала достатньо тривала і неоднозначна передісторія. В кінці 50-х р. XX століття Х.В. Германсом і Т.Ф. Іганом було знайдено явище утворення органічних відкладень на релейних контактах телефонного і телеграфного зв'язку. На підставі спеціальних експериментів було встановлено, що відкладення в зоні контакту робочих поверхонь деталей автомобіля утворюються унаслідок хімічних перетворень пари органічних речовин, що виділяються деякими ізоляційними матеріалами. У всіх випадках відкладення, що утворилися, знижували коефіцієнт тертя в контактній парі, а також погіршували токопровідність. Результати спостережень були вперше опубліковані в 1958 р. в роботі «Органічні відкладення на контактах благородних

металів». В результаті експериментів було встановлено, що при терті релейних контактів хімічних з'єднань з високою молекулярною масою ці відкладення можуть бути сумішшю полімерів. Тому ці з'єднання автори відкриття запропонували називати «полімерами тертя» (frictional polymers).

Надалі рядом учених робилися спроби створення штучних «полімерів тертя» за рахунок введення в змащувальний матеріал спеціальних присадок, які були названі ними полімероутворюючими.

За кордоном здобула популярність і мала достатньо тривале і широке застосування спеціальна рідина SLIK-50, що розроблена і вироблялася у Великобританії. Як вказано в рекламних проспектах фірми-виробника, вона дозволяє істотно підвищити надійність оброблених вузлів і агрегатів автомобілів і може застосовуватися як добавка до масел двигунів, верстатів і т.д., а також вводиться в трубопровід впускання ДВЗ у вигляді аерозолів.

Порядок її застосування полягає в наступному. Двигун, що вимагає ремонту, запускається і прогрівається. Флакон SLIK-50 струшується протягом 1...2 хвил. і потім його вміст двома-трьома порціями уприскується в канал впускання працюючого двигуна. При цьому вихлопні гази набувають вигляд густого білого диму. Обробка ДВЗ займає 3...4 хвил. і закінчується після того, як вихлопні гази набувають нормального вигляду. Практичне керівництво і хімічний аналіз складу указують на те, що препарат SLIK-50 є рідкою формою політетрафторетілена (ПТФЕ) — «тефлону», що практично не розшаровується на фракції. За даними виготівників, в процесі обробки ПТФЕ покриває робочі поверхні деталей автомобілів, що труться. Це замінює тертя металу об метал тертям полімеру по полімеру. Приведені в рекламному проспекті дані указують на значне збільшення термінів служби обробленої автотранспортної техніки, зниження витрати палива і масла.

В даний час препарат SLIK- 50 у продажу не зустрічається, а замість нього випускається досконаліший препарат SLIDER 2000 PTFE, (рис. 2.5), який схвалений компанією Volvo International і розповсюджується в Європі через торгову мережу SHELL. Спосіб застосування залежить від форми випуску і призначення

Дія препарату SLIDER 2000 PTFE treatment team (спеціальна обробка) може бути такою же, як і у препарату SLIK-50 або (якщо це добавка до моторного масла). Послідовність використання наступна:

1. Повністю злити відпрацьоване масло і замінити масляний фільтр.



Рис. 2.5 SLIDER 2000 PTFE. Виготівник — фірма «Slider».

Великобританія.

Тип препарату — полімерутримуючий. Склад препарату: ПТФЕ (політтрафторетілен — «тефлон»).

2. Ретельно збовтати вміст флакона SLIDER 2000 PTFE протягом 3 хвил.

3. Ввести 4 % препарату SLIDER 2000 PTFE в склад 96 % нового мінерального або синтетичного масла.

4. Ретельно перемішати склад і залити масло в заливну горловину двигуна автомобіля.

5. Негайно запустити двигун і проїхати не менше 10...15 км (25...30 хвил.). Не міняти масло впродовж 5000 км пробігу автомобіля для кращої обробки всіх деталей двигуна.

6. Не застосовувати препарат SLIDER 2000 PTFE на двигунах автомобілів, що не пройшли обкатку, мають великий пробіг, низьку компресію, а також в автоматичних коробках передач.

У керівництві до іншої «тефлонової» присадки до моторного масла (Engine treatment with teflon) - NU-POWER указується, що вона також може застосовуватися тільки після рекомендованого підприємством-виготівником двигуна періоду обкатки. Застосовувати її слід разом із зміною масла і масляного фільтру в кількості 1 л присадки на 5 л моторного масла (близько 17%). Після введення присадки NU-POWER необхідно проїхати близько 50 км або дати попрацювати двигуну близько 30 хвилин для того, щоб присадка обробила всі його деталі. До наступного використання даної присадки автомобіль повинен здійснити пробіг не менше 300 км або рекомендований підприємством-виготівником пробіг між заміною масла у двигуні. Максимальна тривалість дії присадки NU-POWER складає, по даним її авторів, не більш 1000 км пробігу автомобіля.

Практично те ж саме можна прочитати і в інструкції по застосуванню аналогічного тефлонового препарату Antifriction PTFE американської фірми «Hi Gear Products Inc.» (рис. 2.6).

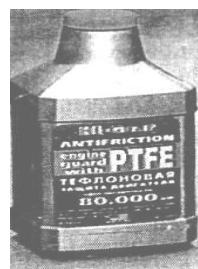


Рис. 2.6 Препарат Antifriction PTFE. Виготівник — «Hi Gear Products Inc.». США.



Тип препарату — полімер утримуючий. Склад препарату: ПТФЕ (політетрафторетілен — «тефлон»).

Випробування препарату SLIDER 2000 PTFE здійснювалося також в тест-центрі (Швеція) на автомобілі «Volvo 240 GL» 1995 р. випуску з автоматичною коробкою передач. Після обробки препаратом ПТФЕ моторного масла у двигуні до контрольного виміру машина пройшла 22720 км пробігу. На підставі технічної діагностики автомобіля, за даними дослідників, одержані наступні результати:

збільшення компресії - 47,05% (таблиця 2.3);

зменшення споживання палива - 9,1 %;

зменшення витоків повітря з циліндрів - 31,75 % (таблиця 2.4);

зменшення концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах:

оксиду вуглецю (С) - 51,6%;

вуглеводнів (НС) - 35%;

двооксиду вуглецю (CO<sub>2</sub>) - 3,6%.

Таблиця 2.3 Тиск (компресія) в циліндрах двигуна; автомобіля «Volvo 240 GL». (МПа).

Циліндр	До обробки	Після обробки	Зміна, %
1	0,90	1,26	40,0
2	0,85	1,25	47,0
3	0,85	1,25	47,0
4	0,85	1,24	55,0
Середнє	0,85	1,25	47,05

Встановлено, що стан з'єднання «клапан-сідло» був в межах норми, тобто витoki відбувалися через з'єднання «гільза-кільце», і після обробки спостерігалось зменшення прориву повітря в картер двигуна [19].

Проте, не дивлячись на представлені позитивні результати випробувань препаратів - відновників на основі присадки ПТФЕ, є цілий комплекс серйозних проблем з їх застосуванням. Так, тріботехнічні дослідження і тривалі експлуатаційні випробування препарату SLIDER 2000 PTFE, проведені в Інституті автомобілів і причепів в м. Радоме (Польща), виявили ряд негативних наслідків використання даного відновника.

Таблиця 2.4 Зміна витоків повітря з циліндрів двигуна автомобіля «Volvo 240 GL», (%).

Циліндр	До обробки	Після обробки	Зміна, %
1	10,0	7,0	30,0
2	10,0	8,0	20,0
3	12,0	6,0	50,0
4	11,0	8,0	27,0
Середнє	10,75	7,25	31,75

Встановлено, що дійсно після обробки двигуна автомобіля «Polonez» препаратом SLIDER 2000 PTFE спостерігається підвищення його техніко-економічних показників, які досягають максимуму до пробігу автомобіля 2250 км. Потім здійснюється їх падіння, і до пробігу автомобіля, який дорівнює 25000 км, результати обробки зникають зовсім.

Повторна обробка надає позитивну дію тільки протягом пробігу автомобіля, який дорівнює 10000 км [22]. Це може бути слідством того, що тефлонове покриття на поверхнях тертя деталей автомобілів поступово насичається дрібнодисперсними частинками зносу і абразиву. В результаті утворюється подібність абразивного круга з пластичною матрицею з полімеру і ріжучого інструменту із застряглих в ньому надтвердих сплавів металів, що утворилися при захопленні поверхонь деталей, що труться.

Тертя полімеру по полімеру переходить до тертя в режимі абразивний круг — деталь [9,22].

Наголошується також, що застосування препарату SLIDER 2000 PTFE сприяє утворенню смолянистих відкладень з білим нальотом і нагару на днищах поршнів і робочих поверхнях поршневих кільцях. Достатньо висока концентрація препарату в маслі, за даними розробників, близько 4% мас., може також приводити до зміни фізико-хімічних властивостей базового масла. Результатів, які б могли переконувати в зворотному, розробники препаратів не приводять.

Робилися спроби створення подібного з'єднання на основі ПТФЕ і в Росії. Широку рекламну компанію вели автори препарату «Аспект-модифікатор» (рис. 2.7) на основі перфторпропіленоксиду, а також «Універсальний модифікатор», що виробляються російськими фірмами «Амтек», «Автоконінвест», які пропонували вводити їх в моторні і трансмісійні масла.



Рис. 2.7 “Універсальний модифікатор”. Виготівник — АТ «Автоконінвест», м. Москва. Росія.

Тип препарату — полімер утримуючий. Склад препарату: ПТФЕ (перфторпропіленоксид)

Компанія «Форум» випускає групу спеціальних протизносних

препаратів марки «Супер Форум» (рис. 2.8), що містять поверхнево активований фторопласт-4, розроблений в Інституті хімії Далекосхідного відділення Російської академії наук.

Тип препарату — полімер утримуючий. Склад препарату: ПТФЕ (поверхнево активований фторопласт-4).



Рис. 2.8 Препарат «Супер Форум». Виготівник — Компанія «Форум», м. Владивосток. Росія.

До достоїнств даного препарату слід віднести його невисоку вартість, а також мінімальний розмір частинок присадки ПТФЕ (менше 1 мкм), що дозволяє їм безперешкодно проходити через осередки масляного фільтру (діаметр отворів близько 10 мкм) і тривало утримуватися в змащувальному матеріалі в зваженому стані.

Аналіз ринку спеціальної автомобільної хімії для відновлення з'єднань деталей, що труться, указує, що в даний час препарати на основі тефлону від різних виробників найчастіше зустрічаються у продажу. Застосування присадок РТФЕ (ПТФЕ) обумовлене тим, що вона занесена в Книгу рекордів Гінесса як найслизькіший матеріал в світі.

### 2.3 Металокерамічні матеріали для відновлення робочих поверхонь деталей автомобілів

Перспективним матеріалом для використання як один з компонентів спеціальних змащувальних матеріалів для важко навантажених вузлів тертя автомобілів є так звані трансформаційно-зміцнені керамічні матеріали. Особливо виділяються керамічні матеріали на основі частково стабілізованого оксидом ітрію полікристалічного двооксиду тетрагона цирконію (Y-TZP).

Найвідомішими імпортованими препаратами цього класу відновників є препарати голландської фірми «P.M. Xeramic»: добавки в моторне масло — Ceramic Engine Protector (рис. 2.9), добавки в трансмісійне масло для



Рис. 2.9 Ceramic Engine Protector. Виготівник — «P.M. Xeramic». Голландія.

Тип препарату — кераміко утворюючий. Склад препарату: містить керамічний компонент.

механічних коробок передач — Ceramic Gear Treatment і ін. з гарантованим пробігом автомобіля до 50000 км.

З вітчизняних металокерамічних препаратів слід зазначити розробку Санкт-петербурзької фірми «Фокар». Склад препарату - поліфункціональний (СПФ) «Живий метал» (рис. 2.10), що включає комплекс каталізаторів мінерального походження (переважно серпентинних, підданих гідротермальній модифікації), а також органічні сполуки і кераміку. Випробування, проведені в 1998-99 рр., показали, що перші розробки даної фірми характеризувалися високими корозійними

властивостями і недостатнім ступенем очищення серпентинної складової. За даними ТОВ «Фокар» СПФ «Живий метал» вже перехворів дитячими хворобами зростання і в даний час забезпечує підвищення компресії, збільшення ККД двигуна автомобіля, економію палива і масла, зниження токсичності вихлопних газів, зменшення зносу деталей тертя (аж до стану «без спрацьованості»).

Корпорація «ХАДО» (Україна) і її московське представництво ТОВ



Рис. 2.10 «Живий метал». Виготівник — ТОВ «Фокар».

м. Санкт-Петербург, Росія.

Тип препарату — кераміко утворюючий. Склад препарату: мінеральні (серпентинні) каталізатори, органічні структури і кераміка.

НПФ «Проблеми тертя і зносу» пропонують однойменний препарат для відновлення зношених деталей і вузлів автомобілів. Суть методу ХАДО полягає у тому, що, потрапляючи на робочі поверхні тертя деталей, складові компоненти препарату ініціюють процес формування нового металокерамічного покриття. Склад препарату ХАДО, за даними розробників, не тільки запобігає зносу, але і відновлює робочу поверхню деталей автомобілів, що тривалий час знаходяться в експлуатації.

Природно що, компонентний і кількісний склад своїх розробок фірми тримають у секреті, тому можна привести тільки результати досліджень, проведених сторонніми незалежними організаціями.

Встановлено, що по хімічному і фазовому складу порошку технології PBC є класичним магнезійно-залізистим силікатом (серпентин), що є формою цілого ряду мінеральних руд класу олівінів, кінцевими фазами якого є форстерит ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ) і фаяліт ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ). Дані мінерали кристалізуються в ромбічній сингонії, тобто є ізоморфними. При цьому у ряді серпентинів магній завжди частково заміщений закисом заліза.

Механізм оновлюючої дії і можливий порядок застосування металокерамічних матеріалів проілюструємо на прикладі СПФ «Живий метал».

Для автомобілів з різним ступенем зносу і пробігом від 50000 км пробігу і вище рекомендується:

1. Злити старе масло з двигуна автомобіля, промити систему змащення.

2. Залити нове масло і запустивши, прогріти двигун до температури охолоджуючої рідини  $70^\circ\text{C}$ .

3. Відключити подачу палива.

4. Вивернути свічки і через кожен отвір свічки ввести в кожен циліндр по 5...10 мл складу препарату.

5. Не укручуючи свічки, стартером 5...6 раз прокрутити двигун протягом 10 сек. кожного разу з інтервалом між циклами в 30-40 сек.

6. Укрутити свічки, підключити подачу палива, і запустити двигун. Склад препарату, що залишився, вилити в заливну масляну горловину. Підвищити оберти двигуна автомобіля до 3000...3500 об/хвил. і підтримувати їх протягом 10...15 хвилин.

7. За даними виробника, це дуже важливий момент обробки, оскільки зниження обертів двигуна автомобіля або його зупинка може істотно вплинути на результати обробки.

8. Здійснити заміну масляного фільтру після пробігу автомобіля, який дорівнює 1500...2000 км. Моторне масло можна не міняти до 50000

км пробігу автомобіля, чим забезпечується якнайкраща якість обробки.

Фірма «Фокар» рекомендує «Живий метал» також і для нових деталей. В цьому випадку склад вводиться безпосередньо в моторне масло, при дотриманні решти вимог по обробці, а заміну масляного фільтру рекомендується виробляти після 5000...6000 км пробігу.

Відновлення і зміцнення рухомих з'єднань деталей автомобілів металокерамічними матеріалами здійснюється за рахунок формування на поверхнях тертя структур підвищеної міцності, придушення процесів водневого зношування і окрихчування металу, підвищення термодинамічної стійкості системи «поверхня тертя деталі - змащувальний матеріал». Поверхнево-активні речовини (ЛПГШИ) металокерамічного відновника, наприклад, СПФ «Живий метал», після введення в систему двигуна готують поверхні тертя хімічно (каталіз) і фізично (суперфініш), очищаючи їх від нагару, оксидів, відкладень і т. д. У очищену зону тертя деталей автомобілів відбувається упродовження разом з каталізатором керамічних і металокерамічних частинок (фібрілл). Зона контакту обідняється вільним воднем, а поверхневі шари деталей змінюють свою структуру і збільшують міцність у декілька разів. В процесі подальшої роботи двигуна автомобіля на поверхнях тертя деталей формується органічне металокерамічне покриття, частково поновлюючи дефекти поверхні тертя і вододіюче високими антифрикційними і протизносними властивостями.

Металокерамічні відновники випускають також російські фірми ЗАТ «Технопарк» (м. Новосибірськ) — універсальний ремонтно-відновний препарат Motor doctor (рис. 2.11) і НДІ РТК НПЦ «Трібо» (м. Новосибірськ) — «Трібо» (рис. 2.12).



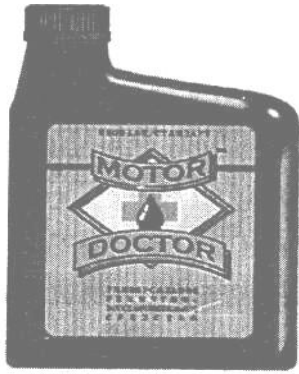


Рис. 2.11 Motor doctor. Виготівник - НДІ «Технопарк». Новосибірськ. Тип препаратів— кераміко утворюючий



Рис. 2.12 Трібо. Виготівник — НПЦ «Трібо». Новосибірськ. Росія. Склад препаратів: містить керамічний компонент

## 2.4 Кондиціонери (рекондиціонери) металу і інші поверхньо-активні речовини

Як вже наголошувалося, в окрему групу препаратів слід віднести кондиціонери і рекондиціонери металу. Оскільки, не дивлячись на заявки розробників про їх ефективність по зниженню інтенсивності зношування і підвищенню техніко-економічних характеристик оброблених вузлів двигуна або трансмісії автомобілів, явного вагового ефекту відновлення зносу деталей не спостерігається. У зв'язку з цим до відновників (у класичному розумінні цього слова) їх можна віднести умовно.

У той час коли на початку 1986 р. з трибуни XXVII з'їзду КПРС Генеральний секретар М.С. Горбачов тільки говорив про необхідність широкого упровадження в народному господарстві «ефекту без спрацьованості», відкритого радянськими ученими більше тридцяти років тому, але фактично заблокованого урядовцями з Міннафтохімпрому СРСР, американська компанія «Entech Corp.», в рамках абсолютно закритої програми по створенню літака-невидимки «Stelth», вже закінчила розробку

антифрикційного кондиціонера металу Energy release («звільняючий енергію») (рис. 2.13).



Рис. 2.13 Препарат Energy release. Виготівник — «Energy release Corp.». США.

Тип препарату — кондиціонер металу. Склад - синтетичний препарат.

Він був розроблений спеціально для турбін реактивних двигунів і вузлів і механізмів, що працюють в надважких умовах, коли звичайні змащувальні матеріали не забезпечують необхідні властивості. Препарат Energy release - це желеподібна речовина, що містить комплекс органічних і синтетичних компонентів.

За даними Центру лазерної технології при Інституті загальної фізики РАН відмічається утворення на робочих поверхнях деталей, що труться, сервовітної плівки з чистого заліза. Методом оже-спектроскопії встановлено, що товщина цієї плівки складає всього 250 А (у 2000 разів менше товщини людського волоса). Цього досить, щоб перевести протікання процесу тертя в режим без спрацьованості. На поверхні сервовітної захисної плівки встановлюється динамічна рівновага між активними атомами заліза самої плівки і перехідними залізоорганічними комплексами продукту Energy release у складі моторного масла. В результаті досягається замкнутий цикл знос - відновлення робочих

поверхонь деталей, що труться.

В умовах застосування препарату Energy release спостерігається значне зниження мікро шорсткості поверхонь деталей автомобілів з 1 до 0,01 мікронів - тобто до рівня дзеркальної поверхні, що дозволяє в 5...12 разів зменшити знос деталей і механізмів двигуна автомобіля.

Проте, не дивлячись на достатньо широку рекламну діяльність, по відгуках ряду автоаматорів при тривалій відсутності експлуатації автомобіля (наприклад, зимовий період, час відпустки) трапляються випадки осадження препарату Energy release на днищах поршнів і деяких інших деталях. Це може бути пов'язано з достатньо високою концентрацією вживаного препарату (за даними московської фірми «AGA» — офіційного представника Корпорації Entech і ряду інших західних виробників) близько 6%, а також деяким відмітним складом домішок в європейських і вітчизняних моторних маслах у відмінності від американських.

Як відомо, більшість змащувальних матеріалів виробництва Північної Америки виготовляється з нафтової сировини, що здобувається в районі Персидської затоки, тоді як європейські масла в основному виробляються з російської або норвезької нафти іншої якості і компонентного складу домішок.

Механізм дії препаратів даної групи заснований на взаємодії (адсорбції) їх поверхнево-активних компонентів з поверхнями тертя. Іонізовані молекули кондиціонерів (рекондиціонерів) металу, що проникають у середину металевої поверхні, змінюють її структурний склад, а отже, міцнісні і антифрикційні властивості. При цьому ділянки робочих поверхонь деталей, що контактують між собою, покриваються достатньо стійкими полімерними і поліефірними структурами, створюючи ефект міцної «масляної шуби», здатної виключити безпосередній контакт

з'єднань деталей.

Науково-виробнича компанія «LT- Лабораторія тріботехнології» (м. Зеленоград) розробила і випустила аналог даного препарату рекондиціонер металу Fenom («Феном»), який в даний час інтенсивно просувається на автомобільний ринок і входить до цілої групи різних продуктів для автомобільної хімії (рис. 2.14).

Певну конкуренцію даним препаратам на ринку автомобільної хімії надає кондиціонер металу SUPER DURA LUBE. Це ще один продукт, що синтезований в США в лабораторії NASA (Національне аерокосмічне агентство), і є слідством високотехнологічної переробки нафти. Він також служить для перетворення поверхневих структур металу завдяки здатності іонізованих молекул упродовжуватися в кристалічні решітки металу в зоні тертя робочих поверхонь деталей автомобілів. Одна обробка розрахована на 1000 км пробігу автомобіля в нормальних умовах експлуатації і не рекомендується до застосування в період обкатки двигуна.



Рис. 2.14 Препарат «Феном». Виготівник — компанія «LT- лабораторія тріботехнології». м. Зеленоград. Росія.

Тип препарату — кондиціонер металу. Состав препарату - синтетичний матеріал.

Препарат американської фірми «STP Corp» включає в свій склад

хімічне з'єднання Хеґ2 (рис. 2.15).



Рис. 2.15 Препарат Traitement pour moteurs. Виготівник — STP Corp. США.

Тип препарату — поверхнева активна речовина. Склад препарату - синтетичний компонент Хеґ2.

При лабораторних випробуваннях даний препарат зменшив коефіцієнт тертя в з'єднанні робочих поверхонь деталей автомобілів на 54%, а знос - на 37%.

Необхідна концентрація препарату Traitement pour moteurs в моторному маслі складає до 20%. У рекламних проспектах указується, що компонент Хеґ2 — це складна композиція антиокислювальних і антикорозійних присадок, дисперсантів, модифікаторів фрикційних властивостей і сповільнювачів зносу.

До ще однієї загадки американської автомобільної хімії слід віднести добавку до моторних масел корпорації «Micro X2 Corporation» (рис. 2.16). На підставі даних рекламного проспекту даний препарат здатний зменшити тертя робочих поверхонь деталей до 90%, збільшуючи термін служби двигуна автомобіля до 3,5 разів.

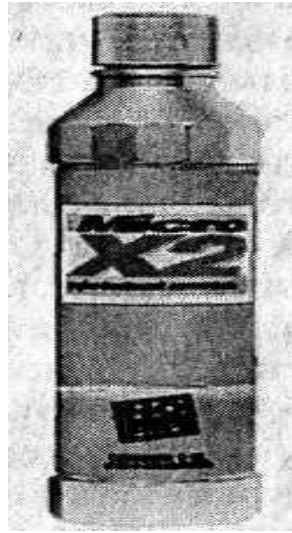


Рис. 2.16 Препарат Micro X2. Виготівник — «Micro X2 Corporation».  
США.

Тип препарату — поверхнева активна речовина. Склад препарату - основа фторокарбоната кварцу - хімічне з'єднання на основі фторокарбоната кварцу. Це кристально прозора, 100 % активна і екологічно безпечна речовина (не містить у своєму складі тефлону, молібдену, графіту).

## 2.6 Модифікатори тертя

Зупинимося на ще одній групі оригінальних препаратів, іноді їх ще називають шаруватими модифікаторами тертя. Присадки, віднесені до даної групи, включають в свій склад речовини з низьким зусиллям зрушення між шарами, наприклад, дисульфід молібдену ( $\text{MoS}_2$ ), трисульфід молібдену ( $\text{MoS}_3$ ), діселеніт молібдену ( $\text{MoSe}_2$ ), дисульфід вольфраму ( $\text{WS}_2$ ) і танталу ( $\text{TaS}_2$ ), графіт і деякі інші речовини.

Розглянемо механізм дії графіту і дисульфиду молібдену, який загалом аналогічний і для інших матеріалів подібної структури.

У кристалічних решітках графіту атоми вуглецю розташовані в

паралельних площинах, віддалених один від одного не більше ніж на 0,34 нм, а в кожному шарі вони розміщені у вершинах правильних шестикутників з довжиною сторони 0,14 нм (рис. 2.17). Оскільки сили взаємного тяжіння між атомами тим менше, чим більше відстань між ними, то атомні зв'язки в шарах значно більше, ніж між шарами. Це дозволяє графіту при терті без особливих зусиль зміщуватися (зрізатися) уздовж шарів, розділяючи поверхні деталей, що труться, від безпосереднього контакту.

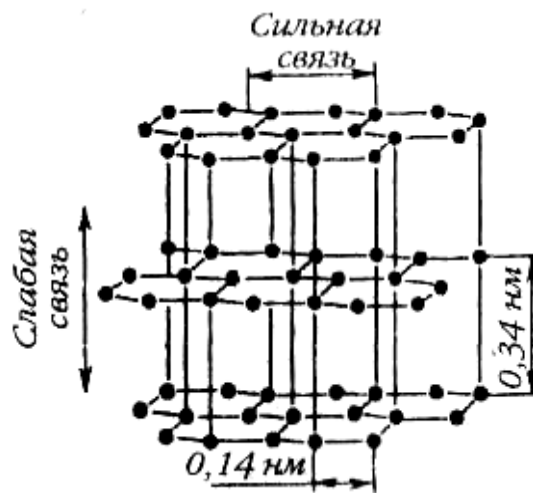


Рис. 2.17 Кристалічна структура графіту (шари щільно упакованих атомів вуглецю розділені великими відстанями).

Приведена модель не є повною, оскільки деякі факти не дозволяють повністю описати механізм змащувальної (захисної) дії графіту тільки шаруватою структурою. Наприклад, сила тертя при застосуванні графіту в сухому повітрі вища, ніж у вологому. У атмосфері азоту істотно вище, ніж на повітрі, причому в сухому азоті вище, ніж у вологому, а у відновному середовищі суміші газів взагалі не володіють хорошою змащувальною здатністю. Таким чином, наявність плівки вологи або окисних плівок на поверхнях тертя деталей автомобілів є необхідною умовою для прояву графітом своїх максимальних змащувальних властивостей.

Кристалічні решітки дисульфиду молібдену (рис. 2.18) схемно подібні решіткам графіту: між атомами молібдену і сірки є достатньо сильні зв'язки, тоді як відстань між шарами сіри відносно більше. Завдяки цьому дисульфід молібдену може надійно працювати при низьких температурах (до  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  а також у вакуумі). Проте при температурі  $538^{\circ}\text{C}$  молібденіт перетворюється на триокис, що є абразивним матеріалом.

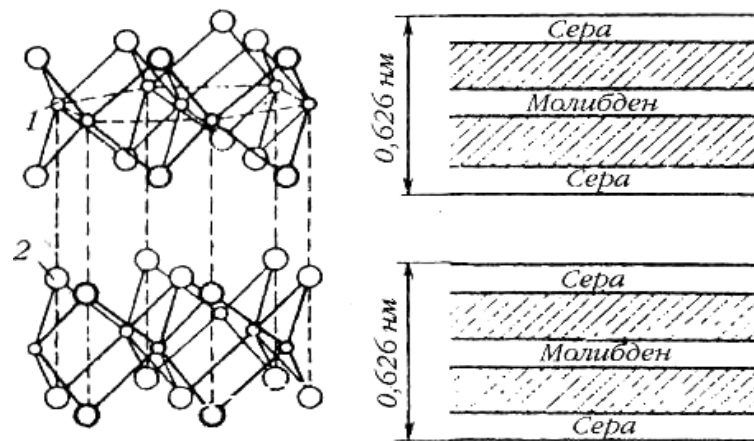


Рис. 2.18 Структура дисульфиду молібдену (одиничні пластинки складаються з чистого молібдену або з чистої сірки, відстань між ними дорівнює  $0,366\text{ нм}$  і зв'язок відносно слабкий): 1 — атоми молібдену; 2 — атоми сірки.

При роботі дисульфід молібдену заповнює («згладжує») мікро нерівності поверхонь тертя, унаслідок чого на  $50\%$  знижується коефіцієнт тертя і знос оброблених поверхонь деталей автомобілів. Дані присадки (модифікатори) необхідно вводити при кожній заміні масла, оскільки при роботі двигуна на чистому маслі відбувається інтенсивне вимивання частинок дисульфиду молібдену з мікро нерівностей і винесення їх із зони тертя.

Графіт, унаслідок його швидкого випадання в осад, в даний час в основному застосовується в пластичних мастилах. З дисульфід



молібденових присадок і змащувальних матеріалів цієї групи найбільш відомі такі препарати німецької фірми «LIQUI MOLY» як антифрикційне мастило Oil Additiv (рис. 2.19), засіб для довготривалого захисту двигуна Motor Protect, присадка для трансмісійного масла Getriebeoil Additiv та ін., а також спеціальне мастило французької фірми «ELF» — Multi MoS 2.



Рис. 2.19 Препарат Oil Additiv. Виготівник — «LIQUIMOLY GmbH». Німеччина.

Тип препарату — шаруватий модифікатор. Склад препарату - дисульфід молібдену ( $\text{MoS}_2$ ).

Ультрадисперсний графіт входить до складу практично всіх змащувальних матеріалів, що випускаються бельгійською компанією «MARLY» під маркою BLACK GOLD. Наприклад, 100% синтетичне моторне масло Black gold bio carat (рис.2.20) спеціально розроблено для використання в автоспорті. Воно містить унікальне колоїдне мастило, засноване на графіті, а також до 65 % естерів, і за даними виробника різко знижує тертя, знос з'єднань деталей, що труться, збільшує потужність двигуна і знижує витрату палива.

Час від часу з'являються вітчизняні присадки, що містять дисульфід молібдену. Вони мають двох фракційний склад: моторне масло невідомої якості і твердий осад на дні банки, що погано розмішується.



Рис. 2.20 Препарат Black gold bio carat. Виготівник —  
«Marly». Бельгія.

Тип препарату — моторне масло з шаруватими матеріалами. Склад препарату - графіт і естери.

Під час лабораторних досліджень такий препарат містив достатньо крупні частинки дисульфиду молібдену, які були не в змозі тривало утримуватися в моторному маслі в зваженому стані і затримувалися масляним фільтром. У препаратах зарубіжних фірм дисульфід молібдену і графіт перемелюються в кульових млинах декілька діб, а потім ретельно калібруються (просіваються).

### Розділ 3 БЕЗРОЗБІРНЕ ВІДНОВЛЕННЯ АГРЕГАТІВ І ВУЗЛІВ АВТОМОБІЛІВ

#### 3.1 Безрозбірне відновлення двигунів внутрішнього згорання автомобілів

У «житті» будь-якого автомобіля рано або — краще — пізно настає час, коли він починає погано «тягнути», диміти, багато споживати палива, а ще більше масла. Тоді встає класичне питання. Що робити:

обслуговувати, ремонтувати або готувати автомобіль на продаж? У всіх цих випадках вам будуть необхідні перераховані вище засоби, а також у ряді інших, наприклад, при обкатці нового або капітально відремонтованого двигуна або іншого агрегату автомобіля.

Наприклад, металоплакуючі присадки, також як і кондиціонери і ре кондиціонери металу (див. розділ 2), найбільш ефективні також в період обкатки двигуна і трансмісії автомобіля. Вони дозволяють провести прироблення поверхонь деталей автомобіля, що труться, не за рахунок шліфування і сколювання мікро нерівностей, а за допомогою їх пластифікування і деформації (вдавлювання). Слід зазначити, що більшість двигунів імпортованих автомобілів практично не потребує експлуатаційної обкатки, тоді як для вітчизняних автомобілів вона необхідна протягом перших 2-3 тисяч кілометрів пробігу.

Категорично забороняється при обкатці використання полімер утворюючі препарати типу «тефлон».

Як особисту рекомендацію, можна було б порадити операції по введенню тефлонових препаратів виконувати на холодному двигуні, щоб максимально зменшити можливість передчасної полімеризації ПТФЕ.

Отже, на «проблемному» автомобілі, перш за все, слід встановити причини зниження його техніко-економічних характеристик. При цьому можна звернутися на станцію технічного обслуговування автомобілів або обійтися власними силами.

Компресія по циліндрах двигуна є одним з індикаторів багатьох характеристик автомобіля, зокрема потужності і пріємистості, витрати моторного масла і палива, зміст С і СН у відпрацьованих газах і т.д.

Визначення компресії на бензиновому двигуні виконується при справному, повністю зарядженому акумуляторі таким чином. Перш за все необхідно перевірити зазори в газорозподільному механізмі і, при

необхідності, відрегулювати їх. Потім необхідно прогріти двигун автомобіля до температури охолоджуючої рідини  $t=80-90\text{ }^{\circ}\text{C}$  (або до включення вентилятора). Вивернути всі свічки запалення і повністю відкрити повітряну та дросельну заслінки. Після чого необхідно вставити наконечник пристосування (рис. 3.1) в отвір для свічки запалення першого циліндра, щільно притиснути гумовий наконечник до кромки отвору і, утримуючи пристосування рукою (рис. 3.2), за допомогою помічника провернути колінчастий вал двигуна стартером з частотою  $180\ldots360\text{ хв.}^{-1}$  до тих пір, поки показання пристосування не перестануть збільшуватися.

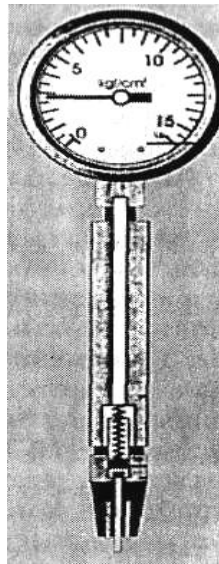


Рис. 3.1 Пристосування для заміру тиску стиснення в циліндрах двигуна (компресометр).



Рис. 3.2. Вимір компресії на автомобілі ВАЗ-2110 пристосуванням моделі

Визначивши величину тиску на такті стиснення в першому циліндрі, необхідно випустити стисле повітря з компресометра натисненням на його шток. Таким же чином визначається компресія в решті циліндрів. При цьому рекомендується виробляти вимір по можливості швидше, щоб температура двигуна істотно не знизилася, що найбільш актуально в холодну пору року.

Компресія повинна складати для бензинових двигунів, що працюють на бензині АІ-92 і вище, не менше 1,0 МПа; для двигунів, працюючих на бензині АІ-95 - не менше 0,8 МПа; для дизельних двигунів різних марок - не нижче 2,5...3,0 МПа.

Точніші дані по необхідній компресії слід узяти з опису автомобіля. До того ж величини компресії в різних циліндрах не повинно відрізнятися більш ніж на 0,1 МПа. Великі відхилення указують на несправності в циліндрах: нещільну посадку клапанів, пошкодження прокладки головки циліндрів, поломку або прогорання поршневих кілець. Більш-менш рівномірне зниження компресії по всіх циліндрах найчастіше указує на нормальний знос з'єднання деталей «гільза-поршневе кільце».

Для отримання загальної картини поточного стану автомобіля і контролю результатів можливого в майбутньому безрозбірного відновлення двигуна доцільно заїхати на один з екологічних постів, благо їх тепер достатньо на вулицях міст, і заміряти вміст у відпрацьованих газах С і СН.

У будь-якому з цих випадків промивка паливної і масляної системи, очищення камер згорання від нагару, та промивка системи охолодження просто необхідні. Як засоби для очищення паливної системи добрі результати по миючих і профілактичних властивостях показують присадки до палива американських фірм «HI-GEAR», «ENERGY RELEASE», «HI-

ТАСН», німецької фірми «LIQUIMOLY» і деяких інших. Так, за даними фірми «LIQUI MOLY», ці присадки дозволяють не тільки істотно відновити компресію двигуна автомобіля, наприклад, з  $K_{ср} = 0,755$  МПа до  $K_{ср} = 1,04$  МПа після промивки, але і вирівняти її значення по циліндрах (рис. 3.3), зменшити споживання палива, захистити деталі двигуна від корозії і зменшити шкідливі викиди. Додаткові результати будуть одержані після промивки масляної системи і видалення нагару. Для цих цілей практично кожна крупна нафтохімічна компанія, що виробляє автомобільну підкапотну хімію, пропонує свої розробки.

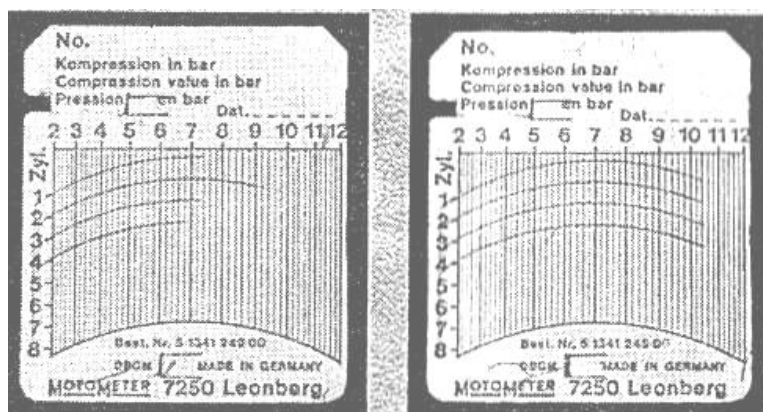


Рис. 3.3 Результати очищення циліндро-поршневої групи автомобіля від нагару присадкою фірми «LIQUI MOLY».

Після очищення систем і окремих з'єднань двигуна автомобіля слід замінити повітряний, паливний і масляний фільтри на нові, а потім заправити свіжі моторне масло і охолоджуючу рідину. Якщо після контрольного пробігу автомобіля, який дорівнює 500-1000 км, масло потемніло, слід операції очищення систем двигуна повторити, щоб потім не платити тричі.

Подальші дії можуть бути направлені або на закріплення одержаних результатів за допомогою металоплакуючих присадок («ЕРФОЛГ», МКФ-18), кондиціонерів (ENERGY RELEASE), рекондиціонерів металу («ФЕНОМ», STP або ін.) або на безрозбірне

відновлення двигуна автомобіля одним з перерахованих нижче способів.

Не дивлячись на те, що способи застосування більшості відновників були розглянуті раніше, необхідно звернути увагу на ряд загальних, але досить важливих особливостей на перший погляд простої заливки присадки, добавки і т.ін. в масляну горловину двигуна автомобіля.

1.Перед введенням відновників в змащувальні матеріали необхідно звернути увагу на стан ущільнень. Значні витoki масел через них можуть привести до винесення компонентів відновника і зниження очікуваних результатів його дії.

2.Всі препарати перед введенням повинні мати плюсову температуру (не менше 20°C). Це необхідно для повного їх видалення з упаковки і легкості введення. Категорично забороняється їх підігрів на відкритому вогні. У цих цілях можна використовувати струмінь гарячої води або витримку в теплому місці.

3.Безпосередньо перед введенням флакон, тубу, міхур, каністру необхідно ретельно струсити протягом 2...3 хвилин.

4.Введення препаратів краще здійснювати не в картер двигуна, коробки передач або редуктора (моста) автомобіля, а в заздалегідь приготовлений об'єм моторного або трансмісійного масла перед їх заміною.

5.Одержану композицію змащувального матеріалу (масла) і препарату ретельно перемішати протягом 3...4 хвилин, а тільки потім її ввести в двигун автомобіля.

6.Після введення присадки запустити двигун і здійснити контрольний пробіг автомобіля на відстань 10...15 км або залишити його працювати мінімум на 30 хвилин.

7.Оброблений автомобіль необхідно експлуатувати для досягнення вищих техніко-економічних показників. При тривалому зберіганні

компоненти відновників можуть розшаруватися, відкластися не в тому місці, одержані покриття можуть бути нестійкими і т.д. Наприклад, якщо інтенсивна експлуатація автомобіля взимку не планується, відкладіть операції по відновленню на весну.

Безрозбірне відновлення двигунів внутрішнього згоряння найбільш доцільно проводити на станціях технічного обслуговування автомобілів, проте зважаючи на достатню простоту застосування технологій процес може бути здійснений в звичайному гаражі або на автостоянці.

При незначному зносі з'єднань деталей (рівномірному падінні компресії по всіх циліндрах не більше 25%) можна здійснити просте введення препаратів-відновників в змащувальні матеріали.

Для дизельних і бензинових двигунів з системою уприскування доцільно застосовувати спосіб безрозбірного відновлення циліндропоршневої групи шляхом введення присадки через форсунки, або отвір свічки. При добре прогрітому двигуні відновник уприскується безпосередньо на стінки циліндра, де формується сервовітна плівка з метало-полімерів товщиною до 100 мкм. Подібний метод описується в керівництві до використання реметалізанта МАК, а також СПФ «Живий метал» (рис. 3.4).

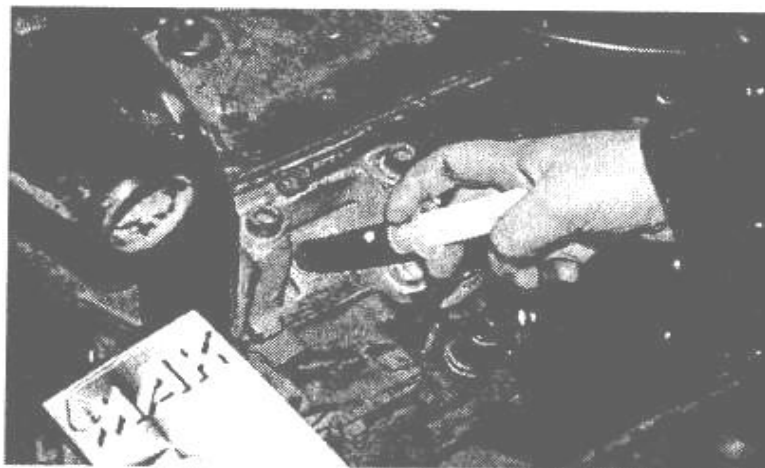


Рис. 3.4 Введення реметалізанта МАК в двигун автомобіля.



При більшому зносі ефективним може виявитися введення мідь органічної композиції через карбюратор разом з паливно-повітряною сумішшю («спеціальна обробка» (treatment team)).

Спеціальна обробка бензинового двигуна відновником «М-ПУЛЬС 2000» полягає в наступному.

1. Двигун прогрівається до температури охолоджуючої рідини  $t = 50-70^{\circ}\text{C}$ .

2. Частота обертання колінчастого валу встановлюється на номінальні оберти.

3. Знімається верхня кришка повітряного фільтру і відкривається повітряна заслінка (у карбюраторного двигуна).

4. Технологічне середовище (відновник) «М-ПУЛЬС 2000» маленькими порціями (по 5...10 мл.) вводиться в трубопровід впускання (рис. 3.5). При цьому частоту обертання колінчастого валу плавно підвищують від мінімальних до максимальних величин. Поява біло-сірого диму з характерним запахом указує на протікання процесу відновлення двигуна автомобіля.

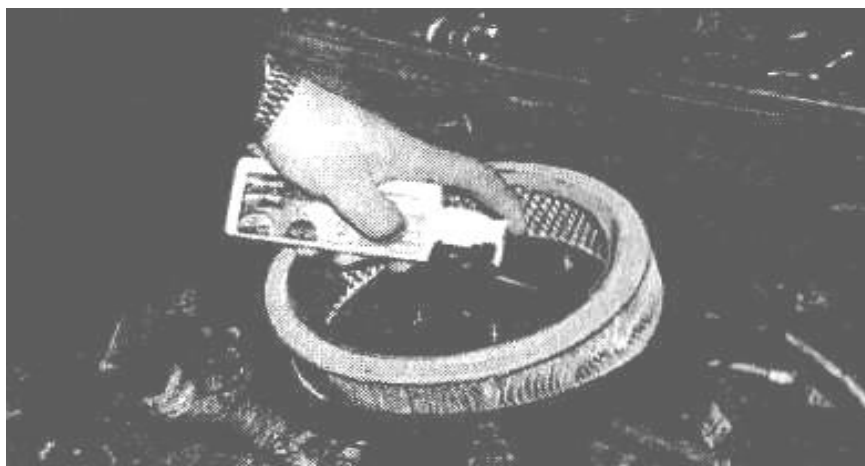


Рис. 3.5 Безрозбірне відновлення двигуна автомобіля відновником «М-ПУЛЬС 2000».

5. Не рекомендується спеціально проводити «тестування» запаху

вихлопних газів, оскільки вони крім СО і СН можуть містити і отруйні компоненти. У зв'язку з цим обробку автомобіля необхідно проводити на відкритому повітрі або з приєднаною до вихлопної труби спеціальною витяжкою.

6. Потім в маслозаправну горловину двигуна автомобіля вводиться металоплакуюча присадка (наприклад «ЕРФОЛГ») в кількості 0,5% мас. використовованого моторного масла.

7. Оцінним показником завершення процесу обробки двигуна є нормалізація кольору і запаху вихлопних газів.

Спеціальну обробку металоплакуючими відновниками рекомендується проводити при позитивній температурі навколишнього середовища, краще в теплу пору року, без наявності опадів (дощ, сніг), що може позначитися на результатах процесу.

Природно, що в процесі підготовки двигуна автомобіля до обробки виявлені дефекти усуваються, замінюється несправне устаткування, і проводяться необхідні регулювальні роботи. Після операцій обслуговування і відновлення автомобіль відправляють в технологічний пробіг на відстань 100-150 км з швидкістю залежно від спочатку виявленого зносу двигуна або двигун залишають працювати на 30-40 хвилин на середніх обертах колінчастого валу, після чого знову перевіряють його параметри.

Безпосередньо після обробки швидкісні характеристики автомобіля (вибіг, розгін і ін.) поліпшуються на 10...25%. При подальшій експлуатації продовжується відновлення зношених поверхонь тертя деталей автомобіля. Досягнуті результати збільшуються до пробігу 1,5...5 тис. км, залишаються більш-менш стабільними на період пробігу близько 15 тис. км, а потім починають поволі знижуватися, частково зберігаючись до 30...50 тис. км пробігу автомобіля.

Заміну моторного масла виконують по вимогах заводу-виготівника через 5...10 тис. км пробігу, хоча експериментально встановлено, що в нормальних умовах свіже масло тільки після 2...3 тис. км пробігу отримує оптимальні тріботехнічні (захисні) властивості. Повітряний, паливний, масляні фільтри міняють через 10 тис. км або відповідно до вимог заводу-виготівника автомобіля.

Який з методів відновлення застосувати, і які для цього використовувати засоби, природно, особиста справа автовласника. Проте слід мати на увазі, що якщо двигун автомобіля колись раніше був оброблений полімерним або шаруватим препаратом, то більшість поверхонь, що труться, в даний час може бути покриті плівками політетрафторетілена або дисульфиду молібдену, і в цьому випадку будь-які інші препарати неефективні або малоефективні. В кращому разі вони не зроблять ніякого впливу, в гіршому — осядуть у вже звужених тефлоном каналах і фільтрах.

І якщо ретельна промивка масляної системи після застосування шаруватих модифікаторів і експлуатація автомобіля протягом 8...10 тис. км на чистому маслі дозволяє створити умови для подальшого застосування інших відновників, то обробка тефлоновими препаратами, як указується в керівництві по їх використуванню, не дозволить ефективно застосувати інші (не полімерні) відновники до 80000 км пробігу автомобіля.

Технічні результати застосування і випробувань технологій безрозбірного відновлення проведемо на прикладі використування відновника двигуна внутрішнього згорання «М-ПУЛЬС 2000» і металоплакуючої присадки «ЕРФОЛГ» [4-8].

Випробування технології виявили наступні результати:

1. Збільшення середнього тиску (компресія) по циліндрах на 15-

30%, з 0,75 МПа до 1,3 МПа;

2. Вирівнювання максимального тиску в циліндрах на такті стиснення (компресія) в незалежності від початкових умов (рис. 3.6);

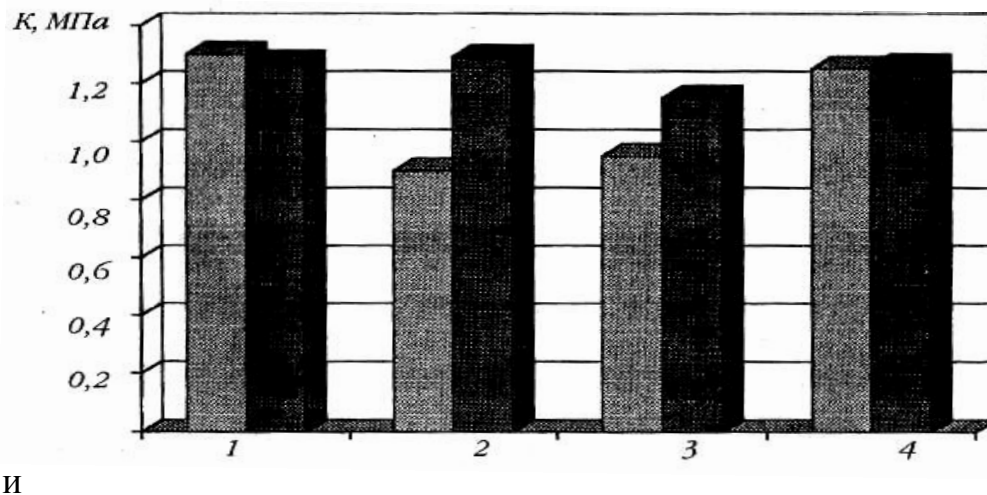


Рис. 3.6 Зміна компресії (К) в циліндрах автомобіля ВАЗ-21093 після спеціальної обробки.

3. Зменшення змісту у відпрацьованих газах із справною паливною системою в 2 рази на холостих обертах колінчастого вала ( $800 \text{ хв}^{-1}$ ), з 3,80% до 1,71 %, і в 3 рази на номінальних обертах колінчастого вала ( $2500 \text{ хв}^{-1}$ ), з 6,29% до 2,29%;

4. Збільшення тиску масла за свідченнями приладів в середньому на 0,05 МПа;

5. Зменшення витрати палива і масла до 5%;

6. Легший запуск холодного двигуна автомобіля (особливо при мінусовій температурі) і його стійка робота на холостих обертах.

Як рекламна акція на одній із станцій технічного обслуговування двигун автомобіля ВАЗ-1111С з пробігом більше 115000 км, що експлуатується на МПП «ЕРФОЛГ», був оброблений методом безрозбірного відновлення. Вимір компресії вироблявся до обробки і після пробігу 500, 1500, 5000, 25000 і 50000 км (рис. 3.7). Після пробігу

автомобіля, який дорівнював 500 км, було проведене також часткове розбирання двигуна.

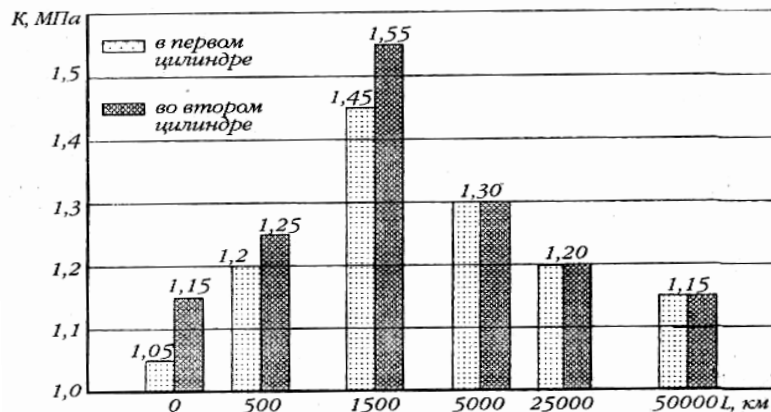


Рис. 3.7 Зміна компресії (МПа) в циліндрах двигуна автомобіля ВАЗ- 1111 залежно від пробігу (L, км).

Встановлено, що компресія у двигуна з пробігом більше 120000 км, відновленого композицією «М-ПУЛЬС 2000», перевершує показники нового двигуна. В результаті часткового розбирання циліндропоршневої групи двигуна автомобіля виявлена наявність мідьвміщуючих захисних плівок на поверхнях гільз циліндрів, що труться, сідлах і направляючих клапанів, що забезпечило збільшення компресії в порівнянні з показниками до обробки двигуна на 36,4%. Застосування при експлуатації автомобіля моторного масла з присадкою «ЕРФОЛГ» дозволяє зберігати наслідки обробки двигуна на високому рівні до 50000 км пробігу. Надалі рекомендується повторна відновна обробка двигуна і продовження експлуатації автомобіля з присадкою МПП «ЕРФОЛГ».

Підведемо підсумки застосування методу безрозбірного відновлення двигуна автомобіля композицією «М-ПУЛЬС 2000» на більш ніж 200 двигунах і в інших складних агрегатах і вузлах (таблиці 3.1, 3.2). Застосування даної технології на агрегатах автомобілів з втратою своїх техніко-економічних характеристик не більше 25...30% дозволяє підвищити середню компресію в циліндрах двигуна до 50%; зменшити

вміст оксиду вуглецю у відпрацьованих газах до двох разів при частоті обертання колінчастого валу 800 хвил-1 і до трьох разів при 2500 хвил-1; зекономити до 5% палива і змащувальних матеріалів; забезпечити легший запуск і стійку роботу двигуна автомобіля[3,9].

Як вже наголошувалося, безрозбірне відновлення двигуна автомобіля — це не тільки і не стільки плакування робочих поверхонь деталей різними матеріалами (м'якими металами, полімерами, керамікою, графітом і т. ін.), а головне — відновлення тріботехнічних і техніко-економічних характеристик з'єднань деталей, агрегатів і всього автомобіля в цілому.

Наприклад, проведення безрозбірного відновлення двигуна автомобіля на СТОА можна об'єднати з операціями ТО-2, в рамках якого слід провести наступні операції, що дозволяють добитися істотних позитивних результатів:

- перевірити, промити і відрегулювати карбюратор і паливний насос (при необхідності провести частковий ремонт карбюратора: притирання карбюраторної голки, заміну жиклерів і т.д.);

- перевірити і відрегулювати електричну систему (з обов'язковим регулюванням, зачисткою електродів свічок, контактів переривника і високовольтних дротів);

- перевірити і відрегулювати газорозподільний механізм (з регулюванням клапанів, заміною масла знімальних ковпачків і т.д.);

- перевірити тиск масла і подачу масляного насоса (при необхідності провести регулювання або ремонт, промивку змащувальної системи, заміну масла і масляного фільтруючого елементу);

- промити паливну систему від смолянистих утворень і нагару каталітичними композиціями;

- провести безрозбірне розкоксовування поршневих кілець і

промивку камер згорання від нагару;

перевірити і промити систему охолодження;

відбалансувати колеса (бажано без зняття з автомобіля);

провести тріботехнологічну обробку елементів трансмісії (коробки передач, заднього моста, ШРУС і т.д.).

Таблиця 3.1 Підвищення компресії на різних автомобілях після застосування безрозбірного відновлення двигунів.

Марка автомобіля	Пробіг, тис. км	Компресія, МПа		Зростання компресії, %
		до	після	
BMW-315	183	0,76	0,88	15,8
ВАЗ-2101	133	0,85	0,90	5,9
ВАЗ-2102	216	0,59	0,64	8,5
ВАЗ-2104	162	0,83	0,91	9,6
ВАЗ-21051	87	1,00	1,16	16,2
ВАЗ-21063	120	0,76	0,99	30,3
ВАЗ-21073	126	0,96	1,10	14,6
ВАЗ-21081	117	0,87	0,95	9,2
ВАЗ-21093	100	0,96	1,10	П,5
ГАЗ-53А	102	0,55	0,58	5,5
ГАЗ-24	156	0,69	0,84	21,4
ЗІЛ-130	93	0,78	0,85	8,9
ЗІЛ-131	153	0,50	0,75	50,0
М-412(АЗЛК)	178	0,76	0,80	5,3
СеАЗ-1111	122	1,10	1,50	36,4
УАЗ-469	134	0,77	0,81	5,2

Таблиця 3.2 Вміст оксиду вуглецю на різних обертах колінчастого

валу двигуна автомобіля.

Марка автомобіля	С до		С після		Зниження, %	
	800	2500	800	2500	800	2500
ВАЗ-21063	3,5	6,2	1,7	2,3	51,4	63,1
ГАЗ-53А	4,0	4,7	3,2	2,6	20,0	44,7

Для проведення даних робіт на СТОА необхідні виробничі площі до 60 м<sup>2</sup>, а також наступне устаткування: підйомник вантажопідйомністю не менше 2 т; газоаналізатор; димомір; мотор-тестер; стенд для балансування коліс автомобіля в зборі; набір стандартних слюсарних інструментів і діагностичних приладів.

### **3.2 Безрозбірне відновлення трансмісії і елементів ходової частини автомобілів**

Технології безрозбірного відновлення також успішно застосовуються для відновлення деталей трансмісії, насосного і компресорного устаткування, гідравлічних систем, паливної апаратури, підшипників кочення, шарнірів рівних кутових швидкостей (ШРУС) і маточин коліс автомобілів, інших вузлів і механізмів.

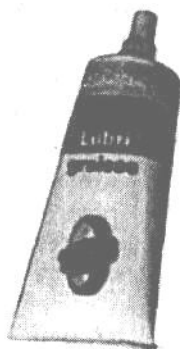
Десять-п'ятнадцять років тому досліджень по відновленню з'єднань деталей автомобілів, що труться, в умовах змазування пластичними мастилами у нас в країні практично не проводилося. Є нечисленні досвідчені дані, одержані при дослідженні впливу різних твердих наповнювачів і присадок на протизносні, антифрикційні, проти окислювальні і інші властивості пластичних мастил.

В даний час практично всі фірми, випускаючи відновники для двигунів внутрішнього згорання, виробляють також препарати для відновлення трансмісій автомобілів і консистентні мастила-відновники.



Так, швейцарська компанія «Actex S.A.» пропонує добавку в трансмісійне масло Lubrifilm-Metall B2 для відновлення працездатності ручних коробок передач і головних передач, зниження шуму і запобігання їх подальшому зносу, а також металоплакуюча присадка Lubri Grease (рис. 3.8,а) на основі літію і свинцево-срібно-мідного сплаву для високо навантажених вузлів автомобілів.

а)



б)



Рис. 3.8 Присадки: а - Lubri Grease. Виготівник - Actex SA Швейцарія; б – присадка MC 1000. Виготівник - «ВМП АВТО». Росія, м. Санкт-Петербург.

Тип присадки - металоплакуюче мастило. Склад присадки: літієва основа і свинцево-срібно-мідний порошок. Об'єднання «ВМП АВТО» випускає металоплакуючу присадку для мастила на літієвій основі MC «Вимпел» (рис. 3.8,б) для вузлів тертя автомобілів всіх типів, а також MC-1000 і MC-1000T для підшипників маточин, хрестовин, кульових опор, наконечників рульової тяги.

Тип присадки - багатоцільове металоплакуюче мастило. Склад присадки: порошки цинку і дисульфідіду молібдену.

За наслідками їх лабораторних випробувань і на основі статистичних даних 25 ГОСНИИ МО РФ встановлено, що зразками мастил MC 1000 і MC 1000T, виготовлених на основі мастила Літол-24 з

додаванням високодисперсних порошків цинку і дисульфиду молібдену, не поступаються по захисних властивостях і корозійній дії на метал мастила Літол-24, а властивості досліджуваних мастил по даних виробників значно перевершують показники мастила Літол-24. Протизносні властивості досліджуваних мастил, що характеризуються показником діаметру плями зносу, майже удвічі (1,9...2,2) вище чім уЛітола-24, а проти задріпні властивості перевищують в 1,6...1,7 рази.

В даний час фахівці об'єднання «ВМП АВТО» заявили про використання ними в своїй продукції пористого або канальчатого хрому. Даний тип матеріалу використовується у високо форсованих дизельних двигунах, що працюють при високих навантаженнях  $P_z$  до 150 МПа ( $P_z$  - максимальний тиск в камері згоряння), температурі до 250°C і навіть в двигунах автомобілів. Формули - 1. Для забезпечення необхідної довговічності кільця поршнів покривають гальванічним пористим хромом. Щільний хром володіє високою зносостійкістю, але погано змащується маслом. У таких умовах масло просто не утримується на поверхні кільця поршня. Вихід знайшли у тому, що хромоване покриття зробили пористим. Пористий хром може як губка утримувати масло, а такий матеріал витримує навантаження, недоступні матеріалам з щільним покриттям, особливо в період прироблення двигуна автомобіля. Препарат одержав найменування «РЕСУРС».

В результаті його застосування з мінеральним маслом швидкість зношування хромованих поршневих кілець зменшується в 4 рази, чавунної втулки — в 2 рази. Істотно, в 2 рази, знижуються втрати потужності на тертя і лакоутворення. Новий препарат «РЕСУРС», на відміну від реметалізаторів 3-го покоління з щільною структурою покриття, є енергозберігаючим.

Препарат випускається в двох модифікаціях, оптимізованих під

певний тип масла. «Синя» модифікація набудована під мінеральні і напівсинтетичні масла, «фіолетова» — для синтетичних масел.

Проте з питання сумісного застосування хрому і дисульфиду молібдену в змащувальних матеріалах слід зазначити, що в класичному тріботехнічному розумінні ці два компоненти достатньо антагоністичні. Хром при високих навантаженнях проявляє властивості металоплакування, для чого необхідні ювенільні (вільні від оксидів і ПАВ) поверхні, тоді як дисульфід молібдену ці самі поверхні пасивує (знижує поверхневу енергію), а також перешкоджає безпосередньому контакту активного хрому і поверхні деталі автомобіля, що треться. Те ж можна віднести і до сумісного застосування цинку і дисульфиду молібдену в багатоцільовому мастилі «МС 1000».

Відомо, що при попаданні води в мастило з дисульфідом молібдену здатна утворюватися сірчана кислота, яка інтенсивно кородує змащені поверхні деталей автомобілів і може привести навіть до заклинювання вузла автомобіля(так званий «стоп-ефект»).

В той же час досвідчена експлуатація консистентної композиції з дисульфиду молібдену, ультрадисперсного порошку міді і олеату міді в ШРУС автомобіля ВАЗ-21093 виявила можливість «заліку» мікро дефектів на робочих тілах (кульках) і інших робочих поверхнях його деталей.

Як вже наголошувалося, ефективність шаруватих добавок багато в чому залежить від дисперсності (розміру) частинок. Їх діаметр повинен бути більше максимальної висоти мікро нерівностей, тобто параметра шорсткості, щоб розділяти поверхні деталей автомобілів, що труться. У трансмісійних маслах і консистентних мастилах, де небезпека деструкції (розкладання), випадання в осад і засмічення фільтрів не така актуальна, застосування змащувальних матеріалів на основі дисульфиду молібдену, графіту і інших шаруватих модифікаторів достатньо ефективне.

Найбільш відомі спеціальні молібденвміщуючі присадки мастила для високих механічних і термічних навантажень в шарнірах карданів, рівних кутових швидкостей: присадки ELF Multi MoS2 (рис. 3.9,а), Molybden (рис. 3.9,б) французьких фірм «ELF» і «Motul». До речі багатоцільова присадка для мастила Molybden ефективна при дії ударних навантажень, стійка до окислення і, що найбільш важливе, здатна захищати змащені деталі від корозії навіть у разі попадання в мастило води.



Рис. 3.9 Присадки: а - ELF Multi MoS2. Виготівник — ELF, Франція; б - Molybden. Виготовник—Motul, Франція.

Тип присадок — спеціальне мастило. Склад присадок: містять дісульфід молібдену ( $\text{MoS}_2$ ) і естери.

Доречі відносно французької фірми Motul (рік заснування — 1853), слід сказати, що вона є володарем «ноу-хау» так званих «естерів». Даний комплекс присадок все більше знаходить застосування в змащувальних матеріалах (зокрема трансмісійних маслах і мастилах) провідних західних фірм, особливо партнерів авто- і мотогонок, таких як «Motul», «Marly», «P.M.Xeramk» і ін.

Відомо, що естери — це продукт спеціальної переробки копри кокосового горіха, а також смол ряду хвойних дерев. Естери дозволяють

істотно понизити в рухомих з'єднаннях деталей автомобілів втрати на тертя і інтенсивність зношування, зокрема при розгоні і перевантаженнях автомобілів. Судячи з складу, вони здатні модифікувати поверхні деталей, що труться, а також утворювати на них захисні плівки з компонентів смол і ефірів.

З вищесказаного можна зробити висновок про все більш широке застосування в техніці прихованих резервів природних конструкційних (наприклад, керамічних) і змащувальних матеріалів.

Найвідоміші полімервміщуючі препарати для деталей трансмісії, підвіски і рульового управління на основі тефлону - це протизносні антифрикційні ПТФЕ-добавки «Форум» для редукторів, механічних коробок передач (одна упаковка ємністю 250 мл розрахована на 2...3 л трансмісійного масла), приводів і підшипників на основі консистентних мастил (рис. 3.10), а також присадки під маркою фірми «SLIDER». Якнайкращі результати в елементах трансмісії показали керамічні матеріали. Вони істотно знижують знос і температуру в зоні тертя робочих поверхонь деталей автомобілів, у тому числі і у відкритих передачах, таких як ланцюгові передачі мотоциклів, шарніри карданних валів і т.д., володіючи високими змащувальними, водо- і грязевідштовхуючими властивостями.

Передові позиції в цьому напрямі займають розробки вже відомих нам фірм: «Р.М. Хераміс» (Голландія) випускає добавку для трансмісійно-



Рис. 3.10 Присадка «Форум-ПТФЕ». Виготівник — «Форум». Росія, м. Владивосток.

Тип присадки — протизносна антифрикційна добавка. Склад присадки: ПТФЕ.

до масла, присадку Ceramic Gear Treatment для ручних коробок передач, а також смазки-спрея Ceramic Synthetic Chain Spray для ланцюгових передач; корпорація «ХАДО» (Україна) випускає однойменні ремонтні мастила для ШРУСів і інших вузлів і механізмів підвіски (рис. 3.11), гелі для гідропідсилювача керма і коробки передач; підприємство «Фокар» (Росія) випускає полі функціональну присадку «Живий метал» для деталей трансмісії автомобілів.

Найбільш відома розробка корпорацією «ХАДО» - це пластичне мастило, призначене для використання замість мастил ШРУС-4, ЦІАТІМ-221, ЛІТОЛ-24, ШРБ-4 і ним аналогічних. Корпорацією «ХАДО» даються наступні рекомендації по застосуванню своїх препаратів для обробки деталей трансмісії автомобілів:

1. За наявності в змащувальному матеріалі свіжих молібденових або тефлонових присадок ефективність продукції ХАДО знижується.

2. Металокерамічне захисне покриття формується на будь-яких робочих поверхнях деталей, що труться. Проте якщо механізм сильно зношений, то потрібен його капітальний ремонт.



Рис. 311. Препарат ХАДО. Виготівник — корпорація “ХАДО”

Україна, м. Харків.

Тип препарату — гель. Склад препарату: металокерамічний комплекс.

3.Для отримання максимального ефекту експлуатацію автомобіля впродовж всього періоду обробки проводити в режимі обкатки (без перевантажень).

4.Рекомендується застосовувати присадку для всіх нових автомобілів, вузлів і агрегатів.

5.У коробку передач, роздавальну коробку або редуктор моста ХАДО-гель вводять в кількості 1 тубика на кожні 1,5 л масла.

6.Відразу після внесення присадки ХАДО-гель слід проїхати близько 10 км, з них 100-300 м заднім ходом.

7.Обробка вважається закінченою через 100 годин роботи механізму (3000 км пробігу автомобіля).

Указується, що якщо через 100-200 км пробігу автомобіля поліпшення в роботі механізму не настає, то найвірогіднішою причиною цього є помилкова діагностика. Незначне поліпшення свідчить про сильний знос деталей механізму. В цьому випадку рекомендується подвоїти рекомендовану дозу.

При роботі обробленого вузла автомобіля активні компоненти ХАДО-гелю вступають у взаємодію з ділянками робочих поверхонь деталей, що контактують (що труться), і формують на цих ділянках металокерамічний шар, який спостерігається візуально, у вигляді блискучого склоподібного шару.

Реметалізанти також застосовуються в різних змащувальних матеріалах для трансмісії, елементах підвіски і рульового управління автомобілів. Широко відомі продукти фірми «Energy release Corp.», такі як

високоєфективне літієве мастило Hi-Speed Litium (G 100), призначене для змащення колісних підшипників, кульових опор; терmostійке синтетичне мастило Hi-Temp Synthetic Complex (G 200) - для деталей що труться і працюють при високих навантаженнях і температурах і ін.

Окремої уваги заслуговують препарати компанії «LT- Лабораторія тріботехнології», наприклад, «Fenom — відновник герметичності механічної трансмісії» (Manual transmission sealer), який при додаванні в коробку передач, картер головної передачі або в роздавальну коробку автомобілів не тільки додає змащеним з'єднанням протизадирні і захисні властивості, але і ефективно усуває течу змащувальних матеріалів через сальники і інші гумово утримуючі ущільнення агрегатів механічної трансмісії, фактично повністю відновлюючи їх в процесі штатної експлуатації автомобіля, що не припиняється.

У зв'язку з цим слід зазначити, що в даний час розробка технологій, направлених на безрозбірне відновлення різних деталей автомобільної і іншої техніки стає все більше і більше актуальним. При цьому, як ми бачимо, відновлюють не тільки металеві поверхні за рахунок нанесення відповідних покриттів, що володіють високими адгезійними властивостями, але також і гумотехнічні, полімерні і інші вироби, такі як ущільнення манжетів, прокладки і т.п. На закінчення глави слід ще раз узагальнити деякі основні рекомендації по безрозбірному відновленню елементів трансмісії, рульового управління і підвіски автомобілів.

1. Головною умовою тривалої і надійної роботи цих вузлів є справний стан пристроїв ущільнювачів і різних захисних кожухів. Наприклад, попадання вологи в більшість металоплакуючих і молибденвміщуючих матеріалів приводить не тільки до значного зниження їх змащувальних властивостей, але і до підвищення корозійних процесів в з'єднаннях деталей, які труться, що найбільш небажане в різних



підшипникових вузлах ходової частини автомобіля. Тому при технічному обслуговуванні і введенні змащувальних матеріалів необхідно звертати на це пильну увагу, а несправні ущільнення, захисні кожухи і чохли обов'язково замінювати на нові.

2. При введенні мастил-відновників необхідно ретельно очистити заправні порожнини від залишків старого мастила, яке може містити абразивний матеріал, частинки зносу і вологу, а картери роздавальної коробки і коробки передач доцільно промити чистим маслом.

3. Різні відновники (добавки, присадки, порошки і т.д.) доцільно вводити в трансмісійні масла і консистентні мастила на етапі підготовки до заправки (якщо інше не передбачене інструкцією по застосуванню) з ретельним перемішуванням всього приготованого об'єму до отримання однорідної маси.

4. Категорично забороняється використання будь-яких препаратів, що знижують тертя в автоматичних коробках передач, що неминуче приведе до їх відмови.

5. Наголошується, що всі відновники також не можна застосовувати для автомобілів, у яких двигун і коробка передач мають загальну масляну ванну [8].

6. При застосуванні різних відновників в механічних (ручних) коробках передач для більш рівномірного нанесення покриття на контактні поверхні зубчатих коліс необхідно в період обробки здійснити рух автомобіля заднім ходом на мінімальну відстань, що дорівнює 250-300 метрів.

7. У іншому випадку слід керуватися прикладеними інструкціями підприємств-виготівників.

Підводячи підсумки проведеного аналізу методів і засобів безрозбірного відновлення з'єднань деталей автомобільної техніки

необхідно зробити наступні завершальні висновки:

1. Безрозбірному відновленню двигуна автомобіля у обов'язковому порядку повинні передувати операції діагностики його технічного стану і ретельне очищення всіх систем від різного роду забруднень, відкладень і нагару, що в більшості випадків істотно підвищує вихідні характеристики силової установки.

2. Засоби безрозбірного відновлення можуть утворювати на поверхнях деталей, що труться, захисні покриття з: а) політетрафторетілена при використуванні присадки SLIDER 2000 PTFE, універсального модифікатора та ін.; б) пластичних металів (заліза, міді, срібла, олова, цинку, свинцю, хрому і т.д.) при застосуванні присадок Lubrifilm metal, «М-ПУЛЬС 2000», REPOWER, Energy release та ін.; в) металокераміки (оксиду алюмінію, кремнію, магнію і т.д.) при застосуванні присадок ХАДО, СПФ «Живий метал», УРВС «Трібо»; шаруватих плівок з дисульфідом металів, графіту і т.д. при застосуванні присадок ПАФ-14, М-5 5 PLUS, Motor Protect — Licjui Moly і ін.

3. Результатом нанесення присадок на поверхні деталей автомобілів, що труться, є часткове відновлення зносу деталей із зменшенням зазорів, що приводить до підвищення тиску в циліндрах на такті стиснення (компресії) до 50 %, до зменшення шкідливих викидів (оксиду вуглецю, вуглеводнів, сажі) в два і більше разів; до зменшення споживання паливно-змащувальних матеріалів до 25%; до легшого запуску холодного двигуна, оскільки виключається «сухий пуск», коли масло не встигає в належній кількості поступити до з'єднань деталей, що труться; до зниження шуму при роботі двигуна і т.д.

4 В з'єднаннях деталей двигунів автомобілів після виготовлення або капітального ремонту (зокрема в період обкатки автомобіля), а також при незначних пробігах (тобто зниженні техніко-економічних

характеристик не більше ніж на 25-30%), ефективним є застосування металоплакуючих матеріалів на основі пластичних металів (присадки МКФ-18, Lubrifilm metal, «М-ПУЛЬС 2000» і ін.). Використовування полімервміщуючих відновників в цьому випадку не рекомендується.

5. За наявності великого зносу з'єднань деталей, що труться, і падінні техніко-економічних характеристик двигуна (більше ніж на 30%) доцільне застосування спочатку металоплакуючих препаратів (реметалізаторів) на основі пластичних металів (Lubrifilm metal, «М-ПУЛЬС 2000», REPOWER і ін.) або кондиціонерів (рекондиціонерів) металу (Energy release, «Феном»), а потім тефлонових препаратів (SLIDER 2000 PTFE, «Універсальний модифікатор» та ін.), внаслідок чого досягаються якнайкращі результати. Металокерамічні і шаруваті матеріали найбільш ефективні при застосуванні в консистентних мастилах і трансмісії автомобілів.

6. Загальна економічна ефективність від застосування відновників виходить за рахунок відсутності витрат на запасні частини, скорочення трудовитрат на усунення відмов автомобіля, скорочення втрат від зменшення часу простою автотранспорту, підвищення зносостійкості з'єднання деталей в подальшій експлуатації і у зв'язку з цим підвищення ресурсу автомобіля в цілому, зменшення споживання змащувальних матеріалів унаслідок зниження режимів навантаження і температури в з'єднаннях деталей, що труться, економії палива за рахунок зниження втрат на тертя, мінімізації витрат на ремонт і технічне обслуговування автомобілів.

Слід визнати, що проведений аналіз, звичайно ж, не відображає повної картини сучасного ринку засобів і технологій для безрозбірного відновлення автомобільної і іншої техніки, а отже, і не може вважатися остаточним. Тим паче, що з'являються все нові і нові розробки в цій

області.

## **Розділ 4 ПЕРЕРОБКА ЗНОШЕНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН**

### **4.1 Можливості подальшого застосування зношених автомобільних шин**

Частина зношених автомобільних покришок може бути застосована як шини для оснащення транспортних засобів без їх подальшої переробки. Ці шини можуть бути продані за вигідною ціною або йти на експорт. Головними покупцями цього товару виступають країни третього світу. Велике число зношених автомобільних шин ввозиться в країни, що пред'являють невисокі вимоги до якості шин (Східна Європа, Африка). Проте унаслідок наближення стандартів даних країн до західних норм число шин, що підлягають подальшому застосуванню, зменшується. Тому зношені шини використовують як кранці в морських і річкових портах, в сільському господарстві і на ігрових майданчиках. Також автопокришки використовуються як кріплення укосів, стабілізаторів ґрунту в дорожньому будівництві, як дренажний шар або для захисту річкового або морського узбережжя. Дані області застосування зношених шин дуже обмежені і представляють разом з відновленням і експортом автопокришок лише тимчасове рішення проблеми утилізації зношених шин.

#### **Відновлення автомобільних шин**

Відновлення зношеної автомобільної шини - це її капітальний ремонт, при якому обновляється або протектор шини або як протектор, так і боковини, з метою продовження терміну експлуатації автопокришки. Відновлення є екологічним способом, при якому може бути підвищений термін експлуатації автомобільної шини. З одного боку, це веде до зменшення кількості відходів, з іншого боку - до економії ресурсів, оскільки для відновлення автомобільної шини необхідне в середньому

близько 5 л сирої нафти, а для виробництва нової автопокришки - 35 л. Частка відновлених шин в різних країнах неоднакова. Так, наприклад, в США відновлення автомобільних шин фактично не виконується, в Японії відновлюється тільки кожна десята шина, в Німеччині - кожна п'ята, в Нідерландах - кожна третя.

Таблиця 4.1 Частка відновлених шин в промислово розвинених країнах.

Відновлення в порівнянні з надходженнями зношених шин			
Країна	Надходження б/у шин [т/рік]	Відновлення [т/рік], %	
Японія	840000	84000	10,0
Франція	425 000	73000	17,2
Німеччина	600000	108000	18,0
Великобританія	450 000	85000	18,9
Іспанія	145000	33000	22,8
Італія	332000	76000	22,9
Нідерланди	25000	9300	37,2

Так само диференційована і структура ринку відновлених шин. Вище середнього частка відновлених шин транспортних засобів, з яких, наприклад, в Німеччині кожна друга автомобільна шина є відновленою. Визначаючим для автовласників транспортних засобів є, перш за все, вигідне співвідношення витрат і терміну експлуатації автомобільних шин. Відновлені шини легкових автомобілів мають попит перш за все для автомобілів економного і середнього класу, причому в цьому класі в Німеччині попит перевищує пропозицію. Відновлені шини автомобілів з високими швидкостями, навпаки, не мають попиту. Нові автомобілі обладнані відповідно новими автопокришками. Загалом, частка ринку

відновлених автомобільних шин по відношенню до нових мала.

З технічної точки зору відновлення зношеної шини не може повторюватися скільки завгодно разів без впливу на її якість і безпеку експлуатації автомобіля (як правило, шина може бути відновлена максимально тільки двічі). Кожна відновлена шина невідворотно перетворюється на зношену. Тому відновлення є тільки тимчасовим, а не комплексним рішенням проблеми утилізації відходів. Широко поширені сумніви як і в безпеці використання відновлених шин ведуть до посиленого обговорення цієї проблеми на ринку автомобільних шин. Так, наприклад, відновлені автомобільні шини допущені до експлуатації тільки для автомобілів, що мають певну межу швидкості руху. Відновлені шини конкурують з дешевшими автопокришками, що імпортуються зі Східної Європи і Азії. Часто навіть мінімальна відмінність в ціні є причиною покупки швидше подібної нової шини, ніж відновленої, навіть якщо дані дешевими автопокришками поступаються за якістю відновленим. Тим часом якість корду багатьох дешевих шин не дозволяє піддавати їх відновленню.

Проти зростання частки процесу відновлення зношених автомобільних шин як способу їх переробки виступають, перш за все, представлені технічні аспекти і умови ринку збуту шин. Відновлення пропонує тільки тимчасове, а не комплексне рішення проблеми утилізації зношених автомобільних шин.

#### 4.2 Вивіз зношених автомобільних шин на звалище

Зношені автомобільні шини легально або нелегально зберігаються як на змішаних звалищах з іншими відходами, так і на звалищах,

призначених винятково для зберігання використаних автопокришок. Число автомобільних шин, що зберігаються у всьому світі на звалищах, оцінюється в мільярд штук. Недолік альтернатив по переробці зношених автомобільних шин приводить до збільшення кількості шин, що зберігаються на звалищах.

Проти вивозу на звалище зношених шин є економічні, технічні і екологічні причини.

Унаслідок поховання на звалищі використані шини витягуються з економічного обороту, і у зв'язку з цим не можуть бути використані для подальшої переробки. Даний спосіб використання шин може бути прирівняний до знищення вторинних ресурсів. Зношені автопокришки через свої властивості є продуктом, у принципі не відповідним для поховання. Розкладання зношеної шини в землі триває більше ніж 100 років. Форма шин і специфічна вага через кавітацію (утворення пусток) не допускають регульованого ущільнення звалища. Відсутність контролю за відходами, підпали, само загорання (наприклад, унаслідок удару блискавки) ведуть до тривалих пожеж на звалищах, які через хорошу займистість (горючість) автомобільних шин важко загасити. У 90-х роках це привело до спустошливих пожеж на звалищах зношених автомобільних шин в США і Канаді, де тільки в Онтаріо протягом місяця згоріло більш ніж 12 мільйонів шин. Звалище шин в Neupe Valley (Mid-Wales, Великобританія) горіло з 1992 по 1995 рр., і, імовірно, продовжуватиме ще горіти протягом 10 років через знову спалахуючи вогнища спалаху. Такі пожежі через високий рівень викидів газоподібних і рідких речовин ведуть до сильного забруднення повітря, верхнього шару ґрунту, ґрунтових вод. У зношених автопокришках через особливості форми збирається дощова вода. Чорний колір шин веде до їх сильного нагрівання під впливом сонячного проміння, який зберігається в гумі протягом довгого часу.

Таким чином, звалища зношених автомобільних шин утворюють ідеальне місце для розмноження паразитів, наприклад, москітів. У зв'язку з тим, що дані комахи можуть передавати хвороби, звалища є недооціненою небезпекою для здоров'я людей. Негативно впливають звалища зношених автомобільних шин і на ландшафт. Екстенсивне поховання зношених автопокришок веде в останні десятиліття до дефіциту наявної площі звалищ. У разі подальшого продовження поховання зношених автомобільних шин площа під них скоро буде вичерпана. Створення нових поховань може бути дозволене тільки в обмеженій кількості або взагалі не дозволене, перш за все, в зв'язку з екологічною самосвідомістю, що росте. Витрати на поховання зношених автомобільних шин збільшуються не тільки унаслідок дефіциту площі земель, що відводяться для звалищ, але також пов'язані з підвищенням їх ринкової вартості. Адміністративні положення у області поліпшення екологічного законодавства також збільшують витрати на поховання зношених автомобільних шин, які оподатковуються високими митами. Якщо раніше ті організації, які займалися утилізацією зношених автомобільних шин, одержували високий прибуток завдяки прийому зношених автомобільних шин, то тепер складування шин на звалищах стає все менш цікавою і економічно вигідною справою, як через дефіцит площ земель, що відводяться для цих цілей, що росте, так і через високі витрати на утилізацію зношених автомобільних шин. На сьогоднішній день ці організації вимушені шукати інші шляхи переробки зношених автомобільних шин. Разом з тим проблема великої кількості зношених автомобільних шин, які вивозяться на звалище, не розв'язана дотепер.

Рішення проблеми може полягати тільки в ліквідації наявних звалищ зношених автопокришок. Саме ці поховання утворюють довгострокове джерело сировини, що підлягає подальшій переробці.



Законодавство Німеччини у області переробки відходів ставить вивіз на звалище зношених автомобільних шин на останнє місце з можливих методів використання даного матеріалу. Якщо використання інших способів не можливе або не доцільне, використані автопокришки можуть бути поховані. Наприклад, в Бранденбурзі (Німеччина) забороняється вивозити на звалище цілі зношені автомобільні шини, похованню підлягають тільки заздалегідь розмолоті автопокришки.

Постійні нові надходження зношених шин і автопокришок, що вже є на звалищах, є невичерпним джерелом сировини, яка може бути надалі перероблена в кінцевий продукт.

Для підприємств використані автопокришки представляють не тільки екологічну проблему, але, перш за все, є потенційним джерелом сировини, що набуває все більш важливе економічне значення. Прогресивні технології дозволяють якісно розділяти зношену автопокришку на її складові частини і знову вводити їх як вторинну сировину в матеріальний оберт. Завдяки перетворенню зношеної шини у високоякісну сировину, а саме гумовий пил, і її подальшої переробки, цикл переробки зношених автомобільних шин в сировину завершений.

#### 4.3 Використання зношених автомобільних шин в якості палива

При термічній переробці використаних шин завдяки їх горінню утворюється теплова енергія. Шини більш ніж на чотири п'ятих складаються з вуглеводневих з'єднань. Теплота згорання складає 25-35 мДж/кг і порівнянна з теплотою згорання кам'яного вугілля. Спалювання зношених автомобільних шин відбувається в першу чергу в цементній промисловості і на теплоелектроцентралях. Шини використовуються тут

як матеріал-замінник вугілля і мазуту. Спалювання великої кількості шин має історичні причини. Десятиліттями спалювання зношених автомобільних шин було недорогим способом отримання енергії. Одночасно була можливість економити первинні горючі матеріали. Альтернативні способи переробки зношених автомобільних шин у минулому найчастіше були нерентабельні. Проте, умови, що змінилися, особливо в області захисту навколишнього середовища, усвідомлення необхідності раціонального поводження з природними ресурсами, а також створення інноваційних технологій по переробці використаних автомобільних шин вимагають нового, критичного підходу до даного методу переробки. Разом з тим, отриманню енергії за допомогою спалювання використаних шин по відношенню до міжнародного споживання горючих матеріалів - навіть якщо термічній переробці будуть піддані всі старі автопокришки, відводиться дуже скромна роль. Ряд недоліків спалювання зношених автомобільних шин лежить в самій природі даного методу. Температурні коливання в процесі горіння ведуть до неповного згорання автомобільної шини. При цьому при температурі нижче 100°C утворюються такі отруйні речовини, як хлорований диоксин і фуран. Всім відомий і незаперечний той факт, що подібного роду процеси сприяють посиленню тепличного ефекту. Так, в процесі горіння утворюється близько 3,7 кг CO<sub>2</sub> на одну тонну автомобільних шин.

У виробництві цементу кількість використовуваних як паливо автомобільних шин технологічно обмежена. Застосування в даному виробництві великої кількості старих автопокришок негативно відбивається на якості цементу, оскільки сталь, що міститься в них, виявляється в цементі як оксид заліза, який офарблює матеріал. Застосування зношених автомобільних шин як паливо в цементній промисловості сильно залежить від коливань кон'юнктури ринку

будівельних матеріалів.

Інші спроби створення рентабельного підприємства по переробці використаних шин в теплоелектроцентралях зазнали поразки унаслідок їх недосить позитивного іміджу, високі вимоги з боку екологічного законодавства і невисокого ККД.

Побудована в 1993 році шиноспалювальна установка для отримання електричного струму, перевищуюча в 2-3 рази вартість подібної звичної електростанції, існує тільки за рахунок субсидій. Енергетичний баланс спалювання зношених шин не вигідний як при порівнянні витрат енергії на виробництво шин, так і в порівнянні з іншими методами переробки, оскільки використовується тільки енергетичний ресурс автомобільної шини, а цінний матеріал при цьому знищується. Так, для виробника автомобільної шини необхідні витрати енергії складають близько 115 мДж/кг. Це відповідає 3-х, 4-хкратній кількості теплоти згорання зношеної автомобільної шини. Потенційна енергетична ефективність при згоранні зношених автомобільних шин і в результаті переробки альтернативними методами представлена в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 Енергетичний потенціал зношених автомобільних шин залежно від вживаного методу їх переробки.

Використовування зношених автомобільних шин в якості:	Потенціал використання енергії. Замінник енергії
Твердого палива	35кДж/г
Хімічного елементу	25-53.5 кДж/г
Замінника каучуку	79-93 кДж/г
Добавки для асфальтових дорожніх покриттів	210кДж/г

Таким чином, спалювання зношених автомобільних шин є найбільш не вигідним способом переробки.

У зв'язку з необхідністю захисту навколишнього середовища і відповідними правовими розпорядженнями, установки по спалюванню використаних шин повинні бути забезпечені дорогим устаткуванням, що обмежує викид шкідливих речовин в атмосферу. Потрібні для цього великі капіталовкладення знижують економічну цінність зношених автопокришок як енергоносія. Таким чином, втрачається економічна перевага від використання зношених автомобільних покришок у вигляді дешевого палива по відношенню до інших методів їх переробки.

Підприємства, що експлуатують установки по спалюванню зношених автопокришок, одержують, як правило, доплату за їх прийом. Проте, у міру того, як старі шини придбавають значення як матеріал, здатний бути переробленим в інші продукти, популярність термічної переробки, як у громадськості, так і серед законодавців, падає. До того ж вже розробляються додаткові законодавчі акти, що ведуть при спалюванні зношених автомобільних шин до ще вищих витрат. Следствием даних заходів є зниження прибутковості при спалюванні автомобільних шин по відношенню до інших видів палива, що, поза сумнівом, позначиться на рішенні інвесторів вкладати засоби в розвиток даної області.

У багатьох країнах спостерігається тенденція по обмеженню спалювання зношених автомобільних шин на користь інших способів переробки. Це продиктовано усвідомленням того, що не дивлячись на те, що спалювання є одним з найпростіших і зручніших способів переробки шин, воно не є рішенням проблеми утилізації відходів, а навпроти, перешкоджає створенню і застосуванню нових методів їх переробки.

Відповідні законодавчі ухвали створюють все більш сприятливі умови для пошуку альтернатив спалюванню зношених автомобільних шин.

Наприклад, в Японії в ході експансії автомобільної промисловості необхідність ефективного використання ресурсів шин привела до скорочення кількості спалюваних шин на 40%. Недавно прийняті закони передбачають поступову заборону спалювання шин до кінця 2001г.

#### 4.4 Переробка шин в кінцевий продукт

Переробка зношених шин припускає їх розділення на складаючі компоненти з яких вони полягають (гуму, сталь, текстиль) і подальшу обробку з метою створення нових матеріалів.

Старі шини довгий час вважалися матеріалом, який неможливо використовувати повторно. Одним з визначальних фактів на користь даної думки був той, що зношена автомобільна шина є комплексним з'єднанням різних матеріалів, для чистого розділення яких відсутні необхідні технології. Також не представлялося можливим так переробити основний компонент зношеної покритишки (гуму), щоб він міг використовуватися як новий матеріал. Тим часом розвивалися технології, що дозволяють якісно розділяти основні компоненти автопокрива: гуму, сталь, текстиль, а також переробляти гуму в кінцевий високоякісний продукт. Гума роздрібнюється механічним способом до гумового гранулята і пил різного розміру частинок, очищається і сортується по фракціях. Сталь може бути переплавлена в нові вироби, текстиль може бути застосований в будівництві, наприклад, як наповнювач або ізоляційний матеріал.

Основна перевага переробки зношених автопокривів в кінцевий продукт по відношенню до інших методів полягає у тому, що в одержаних гранулах і пилу зберігаються основні фізичні і хімічні властивості гуми.

Розроблений компанією INTEC метод криогенної переробки зношених автопокривів є промисловою технологією по переробці

зношених шин в кінцевий продукт. Детальний опис даного методу, можливостей застосування і збуту одержуваного продукту дається спільно з порівнянням з іншими технологіями переробки гуми в кінцевий продукт, а також приводиться оцінка інших способів переробки використаних автопокришок.

#### 4.4.1 Піроліз

При переробці в сировині гума, що міститься у використаних автопокришках, розділяється на складаючі компоненти, які можуть бути знову перероблені. Для цього існує цілий ряд різних технологій, таких як піроліз, деполімерізація, гідрірування і газифікація. Одним з найвідоміших і традиційних методів переробки зношених автомобільних шин є піроліз. При ньому використані автопокришки під впливом теплоти за відсутності кисню розділяються на тверді, рідкі і газоподібні речовини. При цьому довгі полімерні ланцюги перетворюються на водневі молекулярні частинки.

Продукція, одержана в результаті переробки шин методом піролізу (піролізне масло, сажа і сталь), має низьку якість і не може бути прибутково реалізована на ринку. До сьогодення часу піролізне масло через його низьку якість не може використовуватися як конкурентоздатний продукт - замінник. Піролізні технології відрізняються по своєму температурному режиму (використовування низьких, середніх і високих температур) і типу реактора (трубчастий реактор, що обертається, спалювання у вихровій топці).

У трубчастому реакторі, що обертається, шматочки шин підлягають напівкоксуванню без участі кисню. Унаслідок важко контрольованого температурного режиму даного технологічного процесу якість продукції

на виході невисока. При даному методі спостерігаються обумовлені технологією проблеми безпеки в герметизації транспортної системи реактора, оскільки доставка кисню до неконтрольованих реакцій в реакторі може вестися тільки в обмежених кількостях.

Спалювання у вихровій топці в порівнянні з процесом спалювання зношених автомобільних шин в трубчастому реакторі, що обертається, має переваги в теплообміні і герметизації. Проте даний метод також не гарантує високу якість продукції, тому виробництво сажі і піролізного масла економічно не вигідне.

При піролізі, що протікає при низьких і середніх температурах, через температурні коливання і внаслідок цього не повністю протікаючи реакції виникають такі отруйні речовини, як диоксин і фуран. При цьому для того, щоб запобігти виникненню диоксинів і фуранів, енергетичний баланс технології при температурі  $>1000^{\circ}\text{C}$  є негативним, тобто витрати енергії значно вищі, ніж прибуток від продажу даного продукту.

Вже понад двадцять роки робляться спроби переробити використані шини в кінцевий продукт за допомогою піролізу. Даний метод застосовується вже більше 60 років. Так, в Німеччині під час Другої світової війни з метою придбання незалежності від імпорту бензин вироблявся методом зріджування вугілля. Проте, піроліз унаслідок вищеназваних технічних і економічних недоліків дотепер знаходиться у стадії розвитку. Початкові стадії застосування даного методу ґрунтувалися на модельних випробуваннях, які проходили у Франції, Німеччині, Великобританії. Проте вони показали, що для тривалого використання в промислових умовах дана технологія не підходить. Так, наприклад, у м. Вольверхемптоні (Великобританія) була споруджена установка, інвестиції в яку перевищували 100 мільйонів доларів. Проте у неї були великі економічні проблеми через високі виробничі витрати і недостатню якість

кінцевого продукту.

Основний недолік піролізу полягає у тому, що унаслідок розділення зношеної автомобільної шини на її складові частини виробничий процес, що вже відбувся, стає неефективним і нерентабельним. Високоякісний матеріал перетворюється на низькоякісний, що має на ринку обмежену нагоду збуту. При цьому на його виробництво витрачаються великі засоби.

Унаслідок низької якості продукції і високих виробничих витрат найближчим часом піроліз не буде економічно рентабельною альтернативою іншим видам переробки використаних автомобільних шин. Тільки за наявності цін, що швидко ростуть, на первинну сировину і поліпшенні технології піролізного реактора можливі в майбутньому сприятливі передумови для розвитку і застосування даного методу.

Подібна оцінка піролізу розповсюджується і на інші відомі методи переробки в сировину використаних шин.

#### 4.4.2 Теплове подрібнення зношених автомобільних шин

Теплове подрібнення зношених автомобільних шин відбувається при температурі навколишнього середовища. При цьому гума під час процесу роздрібнення зберігає свої віскозно-еластичні властивості. У цих умовах роздроблений матеріал знаходить схильність до розриву. У даних умовах відбувається роздрібнення в основному за допомогою тертя, різання, рубки або розриву. Роздробленні вироби характеризуються трещиністим поверхневим шаром і неправильною формою частинок. Унаслідок віськозоеластичних властивостей гуми при тепловому подрібненні велика частина енергії, що звільняється в процесі подрібнення, витрачається на еластичну деформацію матеріалу, а не на отримання ефекту роздрібнення. У зв'язку з цим



зношена автомобільна шина сильно нагрівається. Це веде до часткової пластифікації гуми, до випалювання поверхні (термічному окисленню), до виділення димових газів, що є підвищеною пожежною небезпекою. В цілях запобігання даному небажаному побічному ефекту проводиться охолодження, як установки для подрібнення, так і матеріалу, що подрібнюється. Але в основному дані небажані наслідки можливо тільки пом'якшити, оскільки вони обумовлені самою суттю даного методу. Повністю уникнути їх неможливо. Через велике механічне навантаження і, як наслідок, утворення теплоти не виключається хіміко-фізична зміна поверхні частинки. При цьому властивості продукції по відношенню до початкового матеріалу погіршуються.

Сучасні виробничі установки по переробці зношених автомобільних шин працюють в основному по методу теплового подрібнення. Причиною цьому є те, що в рамках теплового подрібнення йдеться про машини і стандартні установки, які також застосовуються в інших областях переробки вторинної сировини. Для застосування даної технології не вимагається спеціальних ноу-хау. Численні виробники в змозі запропонувати установки по тепловому роздрібненню. Відповідно, присутня конкуренція не тільки між виробниками подібних установок, але і серед постачальників даної продукції.

Гумовий пил найдрібнішого розміру частинок виходить при тепловому подрібненні в першу чергу як технологічний продукт стирання при виробництві гранулята. Невелике підвищення кількості вироблюваного найдрібнішого гумового пилу може бути досягнуте унаслідок збільшення об'єму зношених автомобільних шин, що переробляються, або унаслідок введення додаткового устаткування для подрібнення.

Велика кількість найдрібнішого гумового пилу не може бути рентабельно вироблена методом теплового подрібнення.

#### 4.4.3 Криогенна технологія утилізації зношених автомобільних шин

Технологія криогенного подрібнення зношених автомобільних шин дозволяє одержати найбільш тонкодисперсний гумовий порошок. Крім того, освоєння цього процесу також пов'язане із спробами ретельнішого виділення гуми, металу і текстильного матеріалу з шин утилю, що веде до підвищення економічної ефективності процесу утилізації і покращує екологічні показники переробки. Найбільша увага цій проблемі надається в США, Німеччині і Японії.

Визначальним для технології роздрібнення холодом є охолодження матеріалу нижче за температуру окрихчування перед роздрібненням зношеної автомобільної шини. Для гуми залежно від її складу даний температурний проміжок складає між  $-60^{\circ}\text{C}$  і  $-120^{\circ}\text{C}$ , тобто охолодження матеріалу відбувається при дуже низьких температурах. Як холодоагент в більшості випадків застосовується рідкий азот ( $\text{LN}_2$  "Liquid Nitrogen" - «Рідкий нітроген»). При температурі нижче за температуру окрихчування гума втрачає свої віскозо-еластичні властивості. Рухливість полімерного ланцюга усередині гумової матриці настільки обмежена, що гума придбаває крихкі властивості. Характер розриву подібної гуми відповідає кристалічним мінералам. Подібні властивості називають крихким руйнуванням, оскільки власне процесу подрібнення не передувала еластична деформація. При подрібненні холодом в першу чергу відбувається роздрібнення за допомогою удару, зіткнення або поштовху. Таким чином, продукти роздрібнення мають відносно гладку поверхню, при цьому виходять частинки від кубічної до багатогранної форми. Текучість одержуваного продукту дуже хороша, оскільки дрібні частинки володіють хорошими текучими властивостями.

При роздрібненні, що відбувається за допомогою крихкого руйнування, велика частина енергії, що звільняється при цьому, переходить головним

чином в ефект роздрібнення. Еластична деформація і пов'язаний з цим нагрів матеріалу у край незначний. Процеси термічного окислення не відбуваються. Оскільки окрихчування за допомогою охолодження є реверсивним процесом, то гума при нормальній температурі знову придбає свої еластичні властивості. Таким чином, властивості кінцевого продукту відповідають початковому матеріалу.

Разом з окрихчуванням гумової матриці при охолодженні зношених автопокришок до низьких температур спостерігається також наступний ефект.

Гума - це змішаний матеріал, що складається з елементів, що мають різні теплові коефіцієнти розширення. При охолодженні сталі до температури - 80 °C корд завдовжки 1 м коротшає на 1 мм. При охолодженні гуми унаслідок дотичних напруг в точках торкання різних матеріалів виникають мікро тріщини. Вони збільшуються при залученні енергії, що звільняється при роздрібненні. При цьому розрив частинки відбувається перш за все в цих крапках. Завдяки цьому ефекту метод низьких температур найбільш підходить для переробки такого комбінованого матеріалу, як зношена автомобільна шина. По відношенню до методу теплового подрібнення при даній технології чистота відділення гуми від сталі і текстилю досягає 99,9 %. При цьому виключаються пожеже небезпечні ситуації, оскільки подрібнення відбувається в середовищі інертного газу - азоту.

Слід також відзначити ряд переваг, які має криогенна технологія утилізації зношених автомобільних шин:

- дана технологія не залежить від конструкції і габаритних розмірів зношених автомобільних шин; можуть бути перероблені як звичні масові автомобільні шини легкових і вантажних автомобілів, так і великогабаритні шини кар'єрного і сільськогосподарського транспорту;
- виключається небезпека додаткового перегріву гуми, а також її осмолення, в результаті виходить відмінна якість кінцевого продукту -

гумової крихти (частинки кубічної форми з розвиненою, гладкою поверхнею зламу, і, як наслідок, хороша сипучість і висока насипна густина);

- оскільки подрібненню піддають крихкий матеріал, то доведення його до порошкоподібного стану здійснюється протягом одного процесу, витрата енергії скорочується, продуктивність переробки зношених автомобільних шин зростає;

- такі компоненти як тканина і металевий корд легко відділяються;  
- відсутнє окислення і зберігається структура полімеру;  
- зменшена пожежна небезпека технологічного процесу утилізації зношених автомобільних шин;

- відсутній запах, пил, понижений виробничий шум, поліпшені санітарно-гігієнічні умови праці в цілому.

В цілому процес протікає в три стадії:

- попереднє подрібнення зношених автомобільних шин на шматки розміром 50-150 мм;
- подрібнення до отримання крихти розміром 6-10 мм;
- охолодження і тонкодисперсне подрібнення при температурі крихкості гуми.

Відомо декілька фірм, що займають провідне місце в світі по розробках в даному напрямі.

Так фірма «Air Products & Chemical» (США) розробила і одержала патент на технологію криогенної переробки зношених автомобільних шин, використовуючи попереднє подрібнення шин на шматки 50-150 мм, після чого їх охолоджують в криогенній камері, з подальшим тонкодисперсним подрібненням.

Фірма «Cajon custom grinding» (США) використовує патентовану технологію «Air Products & Chemical» для отримання гумової крихти

зношених автомобільних шин. Апарат для подрібнення складається з молоткастої дробарки продуктивністю 30 т. Розмір частинок, що поступають на охолодження, дорівнює 6 - 30 мм. Вартість кінцевого продукту (тонко дисперсної гумової крихти) складає 22 - 198 центів за 1 кг. Виробнича потужність заводу, побудованого фірмою «Cajon custom grinding» в м. Вудстоун, складає 11000 тонн легкових і вантажних металокордних і текстильних зношених автомобільних шин в рік. Близько 44% загальних річних експлуатаційних витрат доводяться на рідкий азот.

Розроблена в Японії фірмою «Каматсу» установка криогенного дроблення зношених автомобільних шин має виробничу потужність близько 15000 тонн зношених автомобільних шин в рік. Вартість гумової крихти складає 6 - 10 центів за 1 кг.

Фірми Німеччини достатньо довгий час зайняті розробкою систем криогенного подрібнення зношених автомобільних шин різної модифікації. Так, наприклад, продуктивність лінії, розробленої фірмою «Industrienlog AG», складає 2000 тонн в рік. Вартість отримання 1 тонни тонко дисперсної гумової крихти складає 350 – 950 €, енергоємність виробництва рівна 500 кВт/т готовій продукції.

Витрата рідкого азоту для отримання 1 кг тонкодисперсної гумової крихти за технологією німецько-австрійської фірми «Alpines» складає від 1,2 до 1,5 кг.

У 1996 році у Франції (м. Тулуза) введена в експлуатацію фабрика по переробці зношених автомобільних шин в гумову крихту за канадською технологією, згідно якої застосовується подрібнення з використанням рідкого азоту. Багатократне дроблення зношених автомобільних шин забезпечує отримання тонкодисперсних частинок величиною менше 500 мікрон. Щорічний об'єм виробництва складає 7000 тон гумової

крихти при утилізації близько 10000 тонн зношених автомобільних шин. Аналогічна установка діє з 1993 року в Швейцарії.

Таким чином, в світовій практиці широко застосовується метод криогенного подрібнення зношених автомобільних шин, який дозволяє одержувати високоякісну вторинну сировину, придатну для застосування у виробництві автомобільних шин і гумових технічних виробів.

Енергоємність виробництва і витрата криогентів (рідкого азоту) визначається апаратурним оформленням технологічного процесу і режимами енергетичного використання.

Найбільший інтерес у області криогенних технологій утилізації зношених автомобільних шин викликає вітчизняна розробка державного науково-дослідного інституту великогабаритних шин (ГосНІКГШ). Технологічна лінія переробки зношених шин, розроблена в ГосНІКГШ, є одним з найекономічніших варіантів подібних виробництв. Основний технологічний показник подібних технологій - витрата рідкого азоту - складає в 0,8 кг на 1 кг початкової сировини при 100% виході крихти фракції крупністю 500 мікрон і менше, що відповідає світовому рівню.

Продуктивність лінії складає 7000 тонн зношених автомобільних шин в рік. Собівартість одного кілограма крихти, одержаної за технологією ГосНІКГШ складає 0,145\$.

Перероблятися можуть легкові, вантажні і сільськогосподарські шини із зовнішнім діаметром до 1450 мм, не придатні до відновного ремонту, списані в утиль. На даному виробництві можлива також переробка заздалегідь подрібнених до розміру 200 х 500 мм великогабаритних і понад великогабаритних шин.

До переробки придатні автомобільні покришки з текстильним і металокордним каркасом і брекером.

Технічна характеристика шин, придатних до переробки, приведена в таблиці 4.3.

Зношені автомобільні покришки, призначені для переробки, з складу автотранспорту подаються на ділянку миття, де з покришок віддаляється бруд і сторонні включення (каміння, метал і т.д.), після чого їх просушують на відкритому майданчику під навісом. Потім покришки транспортуються в цех і встановлюються на верстат для вирізки бортових кілець (рис. 4.1). Після видалення бортового кільця зношена шина транспортером завантажується в ножову дробарку ДНВ-400 (7), де піддається

Таблиця 4.3 Характеристика сировини, що переробляється.

Позначення покришки	Зовнішній діаметр, мм	Посадочний діаметр, мм	Ширина профілю, мм	Маса, кг не більше
1	2	3	4	5
16,5/70-18	1071	459	420	68
15,5/65-18	980	457	390	65
8,3-20	950	508	211	39
11,2-20	985	508	284	49
7,50-20	910	508	205	33
12-16	930	408	325	40
9,00-20	950	508	241	39
9,00-16	896	406	255	36
5,50-16	715	406	160	10
4,00-16	655	406	120	7
8,28-15	832	381	220	25
5,00-10	507	254	140	5
4,50-9	465	228	132	5
4,00-10	465	254	132	4,5
6,00-16	750	406	175	12,5
5,20-13	604	330	128	6
5,90-13	618	330	148	7
6.00-13	618	330	142	8
6.15-13	586	330	154	6
155 R 13	586	330	158	6
6.40-13	650	330	157	9
6.45-13	610	330	165	6,5

165 R 13	598	330	166	6,5
165 / 80 R 13	595	330	166	6
6,95-13	596	330	172	9,5
175 / 70 R 13	580	330	175	8
7,35-14	668	355	170	9,3
5,60-15	673	381	131	8,4
6,40-15	705	381	143	10
6,70-15	723	381	160	11,4
7,0-15	756	381	162	15
7,10-15	733	381	177	15
185 R 15	680	381	180	10
8,40-15	781	381	197	20
6,0-16	734	406	143	6,5
6,50-16	767	406	160	16
1	2	3	4	5
6,95-16	678	406	178	17
10,0-18	1000	457	265	64
12,0-18	1099	457	292	66
200-508 P	915	508	210	34
220-508	940	508	192	35
220-508 P	920	508	210	35
240-508	984	508	208	48
8,25-20	998	508	218	48
240-508 P	962	508	230	48
260-508	1036	508	234	55
260-508 P	1016	508	242	55
280-508	1072	508	256	59
280-508 P	1040	508	262	69
300-508	1084	508	264	60
300-508P	1080	508	272	73
320-508	1150	508	280	83
12,0-20	1145	508	305	83
320-508 P	1120	508	285	81

попередньому подрібненню до шматків розміром 70 - 170 мм. Шматки стрічковим конвеєром подаються в гуркіт ГбаМх-4х1-МС-УХЛ4 (2), де вони просіваються через осередки калібром 90 мм. Не минулі через сито гуркоту шматки покришок повертаються по поворотному стрічковому конвеєру в ножову дробарку (7) для повторного подрібнення. Просів



подається на перші дробильні вальці ДР800 550/550 (3), де подрібнюються до фракції розміром 15-20 мм, а потім на другі вальці (4), де відбувається подрібнення до фракції розміром 5-8 мм.

З дробильних вальців крихта пропускається через сепаратор СВП-1,6-МС-УХЛ4 (5), де відділяється текстиль, звільнений від гуми, що подається вентилятором (6) в рукавні фільтри (7), а крихта із залишками текстилю і металевому корду пропускається через барабанний магнітний сепаратор СбаМ-0,6/0,5х1-МС-УХЛ4 (5), де відділяється звільнений від гуми метал. Після заповнення фільтрів роздробленим текстильним кордом, останній вивантажується в контейнери і відправляється на склад готової продукції.

Після магнітного сепаратора за допомогою елеватора (9) крихта подається в дозатор (10), звідки трьома струмками подається в блок криогенного подрібнення (11).

Подальше подрібнення гумової крихти відбувається в середовищі газоподібного і рідкого азоту при температурі -80 - -100°C в трьох блоках криогенного подрібнення (11).

Гвинтовим конвеєром гумова крихта подається в криогенний охолоджувач і роторну дробарку (13), де подрібнюється до фракції розміром менше 3 мм, потім пропускається через циклон (14) і магнітний сепаратор СбаМ-0,6/0,5х1-МС-УХЛЗ (15), в яких відділяються частинки текстилю і металу. Метал шлюзовим затвором виводиться назовні, а текстиль відсисається вентилятором (16) через циклон (14) в рукавні фільтри (1 7), де уловлюється.

З магнітного сепаратора гумова крихта із залишками текстильного і металевому корду поступає на гуркіт ГСВ-4,5ХЗ-МС-УХЛЗ (18), звідки відбирається чиста гумова крихта фракції з розміром 0 - 0,5мм і гвинтовим конвеєром (19) і елеватором (20) подається в бункер-накопичувач (21), в

якому здійснюється її утеплення.

З бункера-накопичувача здійснюється дозування товарної гумової крихти в мішки, що зашиваються в мішкозашивочній машині ЗЗЕМ-01 (22), і мішки відправляються на склад готової продукції.

Гумова крихта, що залишилася на верхніх рівнях гуркоту (18), елеватором (23) подається в дозатор (24) звідки подається в три черв'ячно-дискових екструдера (25) для подальшого помелу. Помел гумової крихти здійснюється в середовищі відпрацьованого газоподібного азоту при Для запобігання підсосу атмосферного повітря в систему евакуації текстилю з циклонів (14, 27), рукавні фільтри укладені в герметичну камеру, з якої газоподібний азот, що пройшов через рукавні фільтри, повертається в патрубків циклону, виконаний у вигляді ежектора, в якому напірне сопло пов'язане з камерою фільтра, а сопло, що ежектуює, - з виходом з елеватора (29), що подає крихту від газоподібного азоту по замкнутому контуру.

Евакуація текстилю через гуркіт (18), що виходить з верхніх сит, здійснюється в колекторі, через який знизу подається газоподібний азот, засмоктуваний з камери, що охоплює фільтри, і який подається через колектор в напірне сопло ежектора, повідомленого з тангенціальним входом в циклон (27). Сопло ежектора повідомлене з виходом елеватора (26).

У таблиці 4.4 приведені короткі технічні характеристики устаткування, що використовується на лінії переробки зношених автомобільних шин.

Устаткування, що входить в технологічну лінію, розроблене з урахуванням досягнень провідних зарубіжних фірм і відповідає вимогам, що пред'являються до машин і механізмів даного призначення. Виготівниками даного устаткування є машинобудівні підприємства України.

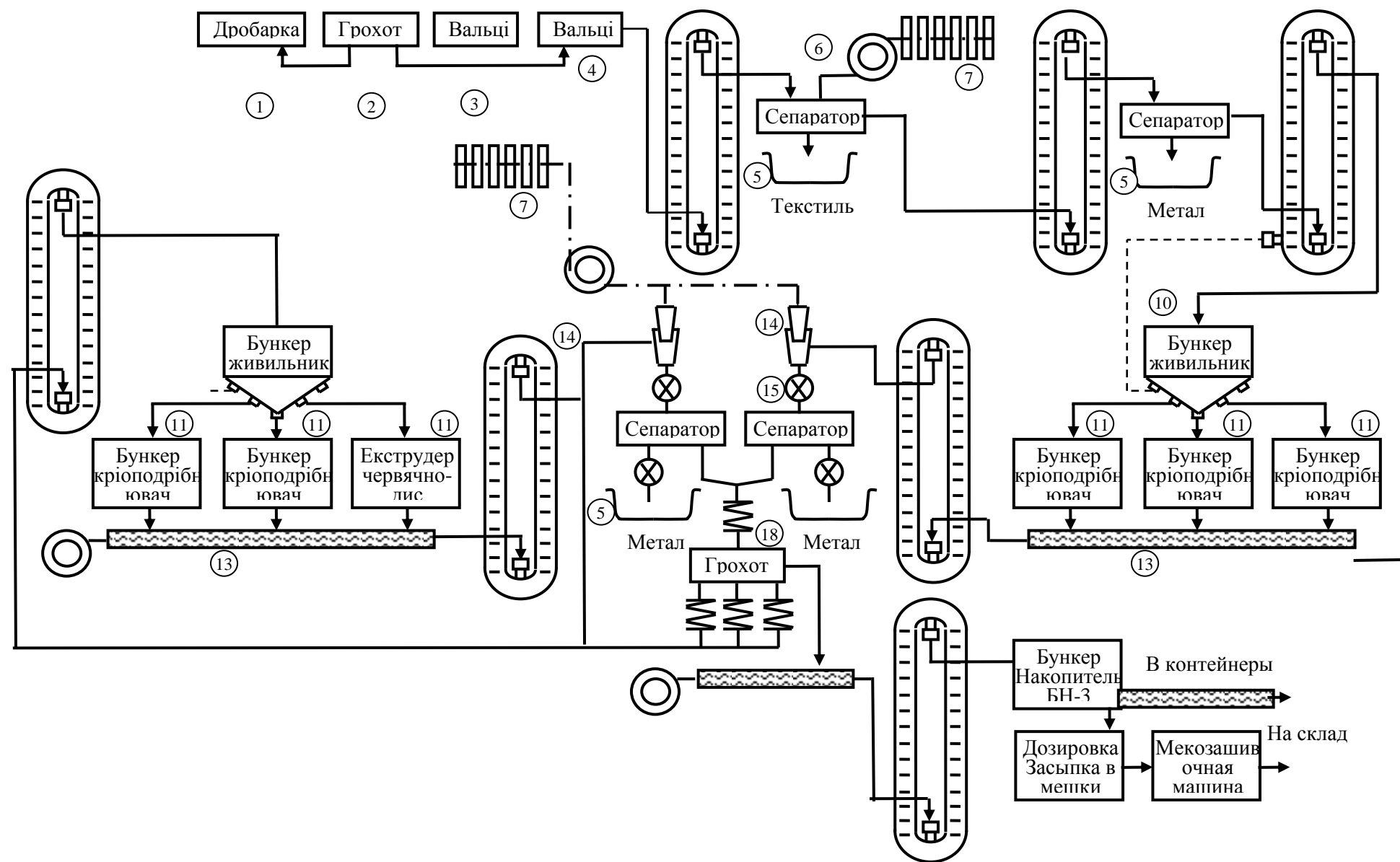


Рис. 4.1 Технологічна схему лінії переробки зношених шин

Таблиця 4.4 Технічна характеристика устаткування, що використовується для переробки зношених автомобільних шин.

Найменування устаткування	Коротка технічна характеристика устаткування
1	2
Борторізальний верстат	Розміри покришок, що переробляються: зовнішній діаметр, мм - 594; найбільша ширина, мм - 450; посадочний діаметр, дюйм - 13-20. Продуктивність, шт/год. – 100. Частота обертання приводного диска, об/хв – 72. Тиск повітря, МПа - 0,39 - 0,58. Встановлена потужність, кВт - 5,6. Габаритні розміри, мм - 2990*1300x2400. Маса, кг – 2500.
Транспортер подаючий ТП-1	Продуктивність, не менше, кг/год. – 2000. Швидкість переміщення покришок, м/сек..- 0,3. Найбільший діаметр покришок, мм – 1800. Встановлена потужність, кВт - 0,75. Маса, кг – 765. Габаритні розміри, мм - 10000x2000. Кут нахилу транспортера, град – 30.
Дробарка роторна ножова ДНВ 400	Продуктивність при дробленні покришок шириною 280 мм без бортових кілець, не менше, кг/год. – 6000. Встановлена потужність, кВт – 114. Габарити завантажувального вікна, мм - 960x1300. Маса, кг - 15000. Габаритні розміри, мм - 5500x3700x1750.
Конвеєр стрічковий	Продуктивність, не менше, кг/год. – 2000. Встановлена потужність, кВт -1,5. Маса, кг – 850. Габаритні розміри, мм - 10000x 1400. Кут нахилу конвеєра, град – 36.

Сепаратор СбаМ-0,6/0,5 х 1 -МС- ЮШОК ЛЗ	Діаметр отворів поверхні, що просіває: не менше, мм – 90. Частота обертання барабана, об/хв - 18,7. Встановлена потужність, кВт – 3. Маса, кг – 1250. Габаритні розміри, мм - 3565х3985х1455.
Сепаратор СВП-1,6-МС- УХЛ4	Продуктивність, кг/год. – 1200. Магнітна індукція на поверхні барабана: не менше, Тл - 0,12. Крупність початкового матеріалу, мм - 0 – 5. Встановлена потужність, кВт -1,1. Маса, кг – 1900. Габаритні розміри, мм - 1800х1400х1900.
Вентилятор	Продуктивність (при н. у.), м3/год. – 2500. Тиск, Па – 4750. Встановлена потужність, кВт – 11. Маса, кг – 250. Габаритні розміри, мм - 1300х1000х2500.
Живильник ПРВ-0,2/0,1- МС-УХЛ4	Продуктивність, не менше, кг/год. – 2000. Встановлена потужність, кВт - 0,37. Маса, кг – 100. Габаритні розміри, мм - 1200х300х570.
Живильник ПРВ-0,2/0,1- МС-УХЛЗ	Продуктивність, не менше, кг/год. – 2000. Встановлена потужність, кВт - 0,37. Маса, кг – 200. Габаритні розміри, мм - 1400х400х570.
Циклон БЦ-Т-4	Продуктивність, не менше, м3/год. – 2000. Опір, Па – 1500. Ефективність очищення, % - 90. Крупність уловлюваних частинок, мм - 0 - 2,4. Маса, кг – 110. Габаритні розміри, мм - 520х500х2000.
Циклон ВЦ-4	Продуктивність, не менше, м3/год – 2000. Опір, Па – 1500. Ефективність очищення, % - 90. Крупність уловлюваних частинок, мм - 0 - 2,4. Маса, кг – 55. Габаритні розміри, мм - 430х400х2000.

Бункер-накопичувач БН-3	Місткість, не менше, м <sup>3</sup> - 3,2. Продуктивність, не менше, кг/год. – 1200. Встановлена потужність, кВт - 2,2. Маса, кг – 800. Габаритні розміри, мм - 5500x1900x3000.
Бункер-живильник БП-Т-3	Продуктивність, не менше, кг/год. – 1200. Температура крихти, °С - -70. Встановлена потужність, кВт - 5,5. Маса, кг – 1700. Габаритні розміри, мм - 2100x2100x2850.

У таблиці 4.5 представлені порівняльні характеристики технологічних процесів по криогенній переробці зношених автомобільних шин.

Таблиця 4.5 Порівняльні показники технологічних процесів криогенної переробки зношених автомобільних шин.

Показники технологічних процесів криогенної переробки зношених автомобільних шин	Cajon custom grinding	Industrienlog AG	ГосНІІКГШ
Річна продуктивність по тонкодисперсній гумовій крихті, т	11000	20000	7000
Розмір фракції крихти, мікрон	500	500	500
Витрата рідкого азоту, кг/кг продукції	1,35	1,2	0,8
Середня собівартість продукції, \$/т	350	640	142

4.5 Області застосування гумового гранулята, пилу і найдрібнішої гумової муки, одержаних криогенним способом.

Гумові вироби зважаючи на свою хімічну будову (тривимірна хімічна сітка) довгий час вважалися матеріалом, що у принципі не переробляється і тому проблемним. Тим часом, за допомогою нових технологій вдалося переробити кожен вид гумових виробів в кінцевий продукт, сировину або джерело енергії. На даний момент зношені шини переробляються у великих кількостях в гумовий гранулят і гумовий пил. Вироблювана з них продукція, як наприклад, ізоляційні плити, деталі, еластичні мати і напільні покриття, з успіхом застосовуються вже багато років.

#### 4.5.1 Гумовий гранулят (крупність > 0,630 мм )

Область застосування: тенісні, футбольні майданчики, спортивні майданчики для бадмінтону, хокею, бейсболу, американського футболу, майданчики для бігу і стрибків.

Дані вироби мають наступні властивості:

Водопроникність.

Висока міцність у момент розриву.

Природний ізолятор.

Скорочення витрат на утримання.

Можливість експлуатації за будь-яких погодних умов.

Легко проводити ремонтні роботи.

Також вироби на основі гумового гранулята можуть застосовуватися в сільському господарстві, будівництві, комунальному господарстві.

В комунальному господарстві це - елементи дитячих ігрових майданчиків, велосипедні доріжки, напільні покриття, рятувальні мати. В сільському господарстві - тваринництво, садівництво, теплиці.

У будівництві - дренажні мати, гума, ізоляційні матеріали, ізоляційні матеріали від ударного шуму.

Вироблені з гумового гранулята і терпких речовин дуропласта стандартні вироби піддаються жорсткій конкуренції. Гумовий гранулят програє в ціні, оскільки можливості його технічного застосування обмежені, а пропозиція постійно росте. Продажі продукції при цьому піддаються сезонним коливанням.

#### 4.5.2 Гумовий пил (крупність 0,315-0,630мм)

Для гумового пилу розміром 0,315-0,630 мм, виробленого криогенним методом, фірма INTEC розробила технологію виробництва напільних покриттів з дуропласта і безперервних гумових стрічок. Дані вироби можуть бути вироблені для середніх, сильних і спеціальних навантажень згідно вимогам DIN (Німецькі промислові норми). Можливе різне колірне виконання.

Напільні покриття можуть застосовуватися в магазинах, виставкових залах, лабораторіях, конференц-залах, ресторанах, кінозалах, лікарнях, на вокзалах, у житлових приміщеннях і т.д.

Безперервні гумові стрічки застосовуються в будівництві як ізоляційний матеріал і стрічки для плоских дахів.

З'єднання з дуропласта і гумовому пилу також можуть застосовуватися в якості тепло - і холодоізоляторів, дренажних матів, звукоізоляційного матеріалу і т.д.

Вироби з гумового пилу і зв'язуючих речовин дуропласта рівноцінні матеріалам, виробленим з вторинної сировини. Частково вони навіть перевершують їх по своїх властивостях і в порівнянні з ним є дешевшими.



Використовування гумового пилу при виробництві термопластів

Технологія по переробці гумового пилу в термопласти була розроблена компанією INTEC. При цьому гумовий пил і термопласти переробляються на спеціальних машинах для термопласта в новий продукт, який може бути застосований в наступних областях:

Промисловість - профіль, підшви, гумові чоботи, пластикові формувальні деталі, шпагати ущільнювачів.

Сільське господарство - поливальні шланги, газонне каміння, контейнери для насіння, ящики для кольорів, місткості для відходів, мати для стаєнь. Перевагою при цьому є економія дорогої первинної сировини і здатність кінцевого продукту до переробки.

#### 4.5.3 Найдрібніший гумовий пил (крупність $< 0,315$ мм )

Продукція, що має попит в промисловості - це найдрібніший гумовий пил з високим ступенем чистоти, який в даний час не може бути запропонований на ринку або може бути представлений в дуже обмежених кількостях. Це спеціальний найдрібніший гумовий пил з крупністю часток  $< 0,315$  мм, що робить можливим заміну первинної сировини. При цьому питома площа поверхні частинки збільшена до розміру, при якому значно поліпшуються її адгезійні властивості.

Тільки подібна заміна первинної сировини при виробництві технічних еластомерів може вважатися безпосередньо переробкою.

При цьому застосовуються продукти переробки одного рівня вартості щодо первинної сировини, що є його прямими конкурентами. Також вимагається, щоб дані продукти переробки мали подібні або кращі технічні властивості в порівнянні з оригінальними. Дотепер

дана вимога встановлювала межі застосування гумового пилу при виробництві високоякісних еластомерних виробів, оскільки раніше на ринку був відсутній найдрібніший гумовий пил необхідної якості або присутній, але в обмежених кількостях. В даний час в продаж поступає гумовий пил, вироблений переважно методом теплового подрібнення. Він не має достатнього ступеня чистоти і необхідного дрібного розміру частинок, що потрібен для створення високоякісної продукції. Проте, саме дані властивості є обов'язковою умовою промислових технологій. Так, в технології литва (наприклад, в автомобільній промисловості), може застосовуватися виключно найдрібніший гумовий пил з крупністю частинок  $< 0,250$  мм.

Відомий виробник взуття довів, що велика частина вживаної для виробництва підошов первинної сировини може бути замінена на гумовий пил. У лабораторних дослідженнях перевірялося, наскільки змінюються фізичні властивості композиційних матеріалів при додаванні різної кількості гумового пилу:

Таблиця 4.6 Властивості продукції залежно від частки рецикліта.

Властивість	Одиниці виміру	Зміст гумового пилу			
		15%	25%	50%	75%
Межа міцності	МПа	16,7	15,4	15,2	15,4
Подовження при розтягуванні	%	550	455	380	325
Зносостійкість по DIN	м	98	108	106	115
Міцність на розрив	кг/см	55	51	47	42

Вироблений криогенним методом найдрібніший гумовий пил є ідеальним матеріалом, що напильється, для литва. Унаслідок особливої структури поверхні частинки він не утворює сухих сумішей, через що найдрібніший пил зберігає свої сипкі властивості і здібний

до напilenня. Матеріал, що напильюється, складається з найдрібнішого гумового пилу і поліуретанових еластомерів, які служать зв'язуючим матеріалом. Обидва компоненти змішуються в двокомпонентному шприці високого тиску і напильюються на поверхню виробу. Даний матеріал не містить розчинників і є екологічним.

Вживана технологія забезпечує дуже хорошу схоплюємість практично зі всіма поверхнями виробів, такими як сталь, бетон, дерево, плити пресшпан, скловолокно, армовані пластикові покриття і покриття дахів. Напilenня може бути виконане на бажану товщину шару, що наноситься. Напильовані покриття є гомогенні, гладкі і виконані без стиків. Пошкодження в них можуть бути швидко усунені без особливих витрат.

#### 4.5.4 Застосування гумового пилу в області шинної індустрії

Завдяки найдрібнішому подрібненню значно поліпшені питома площа поверхні частинки і пов'язані з нею властивості схоплюємість в еластомерній матриці гуми. Унаслідок здатності утворювати нові з'єднання в еластомерній системі найдрібніший гумовий пил підходить також для виготовлення протектора шини.

Фірма Michelin розробила автомобільні шини, що містять використану гуму.

Фірма «Michelin North America» розробила шину, що містить 10% використаної гуми і відповідну не дивлячись на це вимогам безпеки і потужності. За допомогою розробленої фірмою «Michelin» технології можливо переробляти зношені шини, зберігаючи при цьому початкові властивості гуми. Фірма підрахувала, що застосування

подібної технології може скоротити кількість похованих на звалищах використаних шин на 12%.

Компанія «Ford Motor Company» виразила інтерес до подібних автомобільних шин і заявила, що, можливо, через п'ять років дані вироби застосовуватимуться в автомобілях Ford.

#### 4.5.5 Порівняння теплового роздрібнення і роздрібнення холодом

Продукція, вироблена методом подрібнення за допомогою низьких температур, найбільш всього підходить для виробництва високоякісних матеріалів, оскільки має єдину форму частинок, має високий степінь чистоти від домішок. Також істотною перевагою є те, що при даній технології не відбувається термічного окислення.

Твердження, що часто зустрічається в публікаціях, про те, що установки по тепловому подрібненню вимагають значно менших витрат, ніж установки технологій глибоких температур, може бути спростовано в наступному:

В основному вважається, що для виробництва дрібних частинок необхідна велика питома енергія, що звільняється при роздрібненні (кВт-год./кг).

Причиною тому є те, що розрив в структурі гуми може відбуватися тільки в негомогенних крапках. З меншими розмірами частинок зменшується кількість даних негомогенностей. Залежність при цьому сильно експоненціальна.

Кількість питомої енергії, що звільняється при роздрібненні крихких матеріалів, істотно нижче, ніж при роздрібненні віськозоеластичних матеріалів, оскільки при роздрібненні останніх велика кількість використовуваної енергії витрачається на еластичну

деформацію і переходить таким чином в тепло. З цієї причини технологія низьких температур вимагає значно менше енергії для роздрібнення, ніж теплова обробка зношених автомобільних шин. Дана відмінність тим більше, чим дрібніше вимагається виробити гумовий пил. У енергетичний баланс роздрібнення за допомогою низьких температур включена витрата рідкого азоту. Споживання енергії складає близько 0,77 -1,54 кВт-год./т LN2, в середньому близько 0,86 кВт-год./т LN2.

Енергетична витрата на розрідження азоту складає близько 1,1 кВт-год./т гумового гранулята (при 0,7т LN /т шин на вході і близько 65% гранулята або пилу на виході).

Порівняння витрат енергії для роздрібнення, що дорівнює 140 кВт-год./т гумового гранулята показують, що витрата енергії при методі низьких температур невелика. Це означає, що споживання азоту не є істотним чинником, що впливає на підвищення витрат на енергію в порівнянні з методом теплового подрібнення.

У перерахунку на виробничі витрати виходить наступна оцінка щодо розмірів частинок продукції:

При розмірі частинок  $> 4,8$  мм - теплове подрібнення вигідніше, оскільки частинки з подібними розмірами можуть бути вироблені на простому устаткуванні.

При розмірі частинок, які дорівнюють 0,630 - 4,8 мм - вирішальною є ціна на азот, що обумовлено місцем виконання робіт.

При розмірі частинок  $< 0,630$  мм - вигідніше роздрібнення по методу низьких температур.

При розмірі частинок  $< 0.315$  мм - гумовий пил може бути вироблений у великих кількостях тільки методом низьких температур. Унаслідок енергетичного балансу, що сильно погіршується, слід було

б відмовитися від теплового подрібнення.

Таким чином, широко поширена думка про перевагу у витратах теплового подрібненні справедлива тільки для виробництва грубого фракційного гранулята. Що стосується виробництва високоякісного гумового пилу, справедливе зворотне твердження.

Продукція, що вироблена методом теплового подрібнення за допомогою ривка або розриву, має трещиністу поверхню частинок. Цим обмежується сипучість матеріалу. Таким чином, чим дрібніший продукт переробки гуми, вироблений по методу теплового подрібнення, тим більше у нього здатність утворювати сухі суміші. Важливою властивістю продуктів переробки гуми є їх здатність до диспергування, тому застосування даних продуктів з крупним розміром частинок як наповнювачів у край обмежене. Чистота відділення гуми від сталі і текстилю виробленої методом теплового подрібнення продукції не досягає того рівня, який присутній у матеріалу, виробленого криогенним способом. При роздрібненні, що відбувається нижче за температуру окрихчування, виробляється продукція чистотою 99,99 %. Такого рівня чистоти неможливо досягти методом теплового подрібнення, що відбувається при температурі навколишнього середовища, унаслідок комбінованих властивостей складових зношеної автомобільної шини. Таким чином, метод теплового подрібнення має певні межі щодо якості частинок. За допомогою даної технології в основному виробляється гумовий гранулят, який застосовується, перш за все, при виробництві продукції невисокої якості.

Іншим недоліком продуктів переробки гуми, вироблених методом теплового подрібнення, є те, що вони мають велику питому площу поверхні по відношенню до розміру частинки. Таким чином,

потрібна більша кількість зв'язуючих матеріалів, ніж для продукції з відносно гладкою поверхнею частинок, вироблених криогенним способом. У зв'язку з цим продукт стає дорожче.

Гладка поверхня частинок, вироблених за допомогою криогенної технології, має істотну перевагу, що полягає у тому, що при виробництві термопластів поверхня частинок легко піддається активації, необхідній для даного процесу.

Дані властивості поверхні частинок гарантують:

Високу сипучість.

Відсутність схильності до утворення сухих сумішей.

Здатність до диспергування.

Відмінні якості литва матеріалу.

Завдяки цим властивостям, вироблений криогенним способом гумовий помел, від гранулята до найдрібнішого гумового пилу, можливо використовувати в різних областях як вторинну сировину або наповнювач.

## Розділ 5 РЕГЕНЕРАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ МАСЕЛ

Експлуатація автомобільних масел завжди пов'язана з тими або іншими змінами їх фізико-хімічних властивостей, що обмежують термін їх корисної служби. Проте груповий хімічний склад масла змінюється мало.

Продукти фізико-хімічних перетворень масла, а також шкідливі домішки, що потрапляють ззовні і роблять автомобільні масла непридатними для подальшої експлуатації, складають лише незначну частину загальної його маси, і за допомогою яких-небудь методів очищення можуть бути видалені. Після регенерації відновлюються первинні

властивості масла і воно, як правило, може бути використано повторно нарівні з свіжими маслами або в суміші з ними.

Вибір методу регенерації відпрацьованих автомобільних масел визначається характером забруднень, що містяться в них, і продуктів старіння. Для одних автомобільних масел досить простого очищення від механічних домішок, для інших необхідна глибока переробка, іноді з використанням хімічних реагентів

Методи регенерації відпрацьованих масел можна розділити на фізичні, фізико-хімічні, хімічні і комбіновані. На практиці звичайно застосовують комбіновані методи, що забезпечують отримання високоякісних регенованих масел.

### 5.1 Фізичні методи регенерації відпрацьованих автомобільних масел

До фізичних методів регенерації відпрацьованих автомобільних масел відносяться такі, при яких, не зачіпаючи хімічної основи масел, що очищаються, видаляють лише механічні домішки, тобто пил, пісок, частинки металу, воду, смолянисті, асфальтообразні, коксообразні і вуглисті речовини, а також пальне. Найбільш поширені наступні фізичні методи регенерації: відстоювання, сепарація (центрифугування), фільтрація, відгін пального і промивка водою.

#### 5.1.1 Відстоювання

Відстоювання відпрацьованих масел від механічних домішок і води — перша і обов'язкова операція процесу регенерації відпрацьованих автомобільних масел. Механічні домішки і вода, що знаходиться в маслі в зваженому стані, осідають при спокійному стоянні масла з часом. Відстій



заснований на принципі осадження частинок під дією їх сили тяжіння. При розмірах частинок 0,05—10 мікрметрів осадження протікає за законом Стокса:

$$\omega_0 = \frac{d^2}{18}(\gamma_1 - \gamma_2)\frac{1}{\eta},$$

де  $\omega_0$  — швидкість осадження частинок, *м/сек*;

$d$  — діаметр частинок, *мм*;

$\gamma_1$  — питома вага матеріалу твердих частинок, *кГ/см<sup>3</sup>*;

$\gamma_2$  — питома вага рідини, *кГ/см<sup>3</sup>*;

$\eta$  — абсолютна в'язкість, *кГ сек/м<sup>2</sup>*.

З цього рівняння виходить, що швидкість осадження частинок тим більше, чим більше їх розмір (діаметр) і питома вага і чим менше в'язкість рідини. Оскільки в'язкість масла зменшується із зростанням температури, то відстій слід вести при підвищеній температурі.

Підвищення температури понад 80°C не приводить до значного прискорення осадження частинок, оскільки при подальшому нагріванні в'язкість змінюється мало. Якщо врахувати, що при температурі 100°C можливе скипання води, що міститься в маслі, і спінювання масла, то очевидно, що оптимальною для відстою слід рахувати температуру 80-90°C.

Вміст механічних домішок у верхньому шарі масла зменшується, а в нижньому збільшується в залежності не тільки від температури масла, але і від часу відстоювання (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1 Залежність вмісту в маслі механічних домішок від тривалості відстоювання при температурі 80°C

Відстань від дна, мм	Зміст домішок, %, від часу відстоювання				
	1 год.	3 год.	6 год.	12 год.	18 год.
240	0, 14	0, 09	0, 03	0, 00	0, 00
180	0, 15	0, 11	0, 07	0, 00	0, 00

120	0, 18	0, 16	0, 11	0, 03	0, 00
60	0, 19	0, 23	0, 23	0, 19	0, 00
1	0, 21	0, 33	0, 50	0, 73	0, 92

Як видно з даних таблиці 5.1, повне осадження механічних домішок відбулося тільки після 18 годин відстоювання.

Тривалість відстоювання, необхідна для повного осадження механічних домішок, залежить також від висоти стовпа рідини: чим вона більше, тим більший час потрібен для відстоювання. Виходячи з цього визначають найвигідніше співвідношення між висотою і поперечним перетином відстійників. Встановлено, що найбільш ефективне відношення діаметру відстійника до його висоти 1,5 або 2.

Проте споруджувати відстійники з таким співвідношенням висоти і діаметру не завжди можливо, оскільки це пов'язано із збільшенням габаритів приміщення і дорожчанням будівництва. Практично широко застосовуються відстійники із співвідношенням висоти до діаметру приблизно 1:1. Схема типового відстійника приведена на рис. 5.1.

При зберіганні відпрацьованого масла з нього в першу чергу випадають в осад металеві частинки, кокс, смолянисті речовини. Разом з іншими важкими включеннями вони утворюють на дні судини шар відкладень, густина якого залежить від природи забруднюючих домішок і тривалості відстоювання масла. Вода, присутнього в маслі, випадаючи, утворює проміжний шар між забруднюючими домішками, що осіли, і маслом.

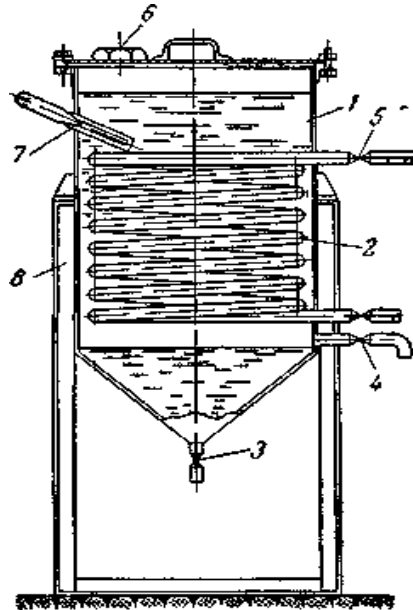


Рис. 5.1. Схема типового відстійника з паровим підігрівом:

1 — корпус відстійника; 2 — паровий змійовик; 3 — спусковий кран; 4 — кран для виходу масла; 5 — паровий вентиль; 6 — пробка для заливки масла; 7 — кишеня для термометра; 8 — каркас.

Отже, при достатньо тривалому зберіганні деяких відпрацьованих масел відбувається природне очищення їх від нерозчинних домішок. У відстійниках відповідних конструкцій очищене масло і воду можна відводити у міру розшарування і очищення (відстій) здійснювати як безперервний процес. Але оскільки відстій протікає поволі і не завжди забезпечує отримання досить чистого масла, то частіше його застосовують лише як попередній процес при регенерації масел.

Відстоювання відпрацьованих автомобільних масел від механічних домішок і води при підігріві не завжди приводить до бажаного результату: іноді навіть при тривалому процесі значна кількість домішок залишається в зваженому стані, тобто практично масло не відстоюється. Це відноситься до відпрацьованих дизельних і автомобільних масел з миючими присадками, а також до інших масел, забруднених дрібнодисперсними домішками (колоїдне вугілля, алюмінієва пудра і ін.). Такі масла заздалегідь обробляють

коагулянтами, що приводить до укрупнення частинок твердої фази і їх осадження.

### 5.1.2 Сепарація

Для прискорення відстою відпрацьованих автомобільних масел і підвищення його ефективності застосовують багато різних способів. Найбільш ширше поширений у області обезводнення масел і очищення від механічних домішок процес сепарації (центрифугування).

На рис. 5.2 схематично представлений процес розшарування масла, що відбувається при обертанні судини. Під впливом відцентрових сил найважчі забруднюючі домішки відтісняються до стінок судини, утворюючи кільцевий шар відкладень. Наступний шар складається з води, що виділяється, а третій кільцевий шар, розташований у осі обертання, є очищеним маслом.

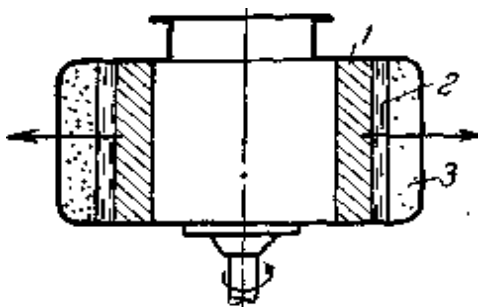


Рис. 5.2 Схема розподілу компонентів суміші масла при обертанні судини: 1 — масло; 2 — вода; 3 — осад.

Центрифуги, звані також сепараторами, конструктивно оформляються так, що відведення очищеного масла і води відбувається безперервно в процесі роботи, і лише забруднюючі домішки залишаються в барабані сепаратора, звідки їх періодично видаляють у міру накопичення. Як видно з схеми сепаратора (рис. 5.3), відпрацьоване масло, що поступає через центральний канал 1, розшаровується у камері 2, очищене масло відводиться по каналу 3, вода — по каналу 4, а забруднюючі домішки осідають в кожусі барабана.

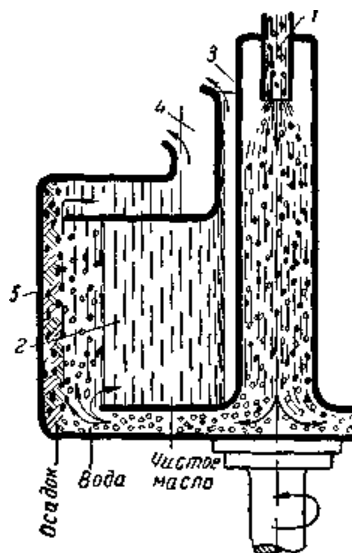


Рис. 5.3 Схема розподілу суміші у сепараторі:

1 — центральний канал; 2 — камера; 3- канал для відведення очищеного масла; 4- канал для відведення води; 5— кожух барабана.

В деяких випадках з метою зменшення кількості осаду в барабані і підвищення терміну роботи сепаратора до очищення в ньому разом, з відпрацьованим маслом подають деяку кількість води, яка промиває масло і відносить з собою частину забруднюючих домішок.

Для полегшення розшарування масла барабан центрифуги виконують у вигляді набору металевих конусних тарілок (рис. 5.4), розташованих на близькій відстані і розділяючих потік масла на ряд тонких шарів.

На рис. 5.5,а показаний сепаратор в зібраному вигляді, а на рис.5.5,б представлено декілька тарілок в розрізі і приведена схема руху масла по тарілках. Забруднене масло подається в центральну трубку барабана, проходить між тарілками і днищем барабана і по каналу, утвореному отворами в тарілках, проникає в зазори між тарілками, а також заповнює внутрішню порожнину барабана. Для виходу з нього масло повинне пройти між тарілками і потрапити в кільцевий канал. На тарілках, що швидко обертаються, від масла під дією відцентрових сил відділяються забруднюючі

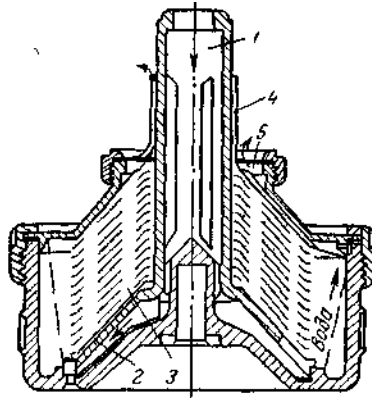


Рис. 5.4 Розріз барабана сепаратора:

1 - центральна труба барабана; 2 - днище барабана; 3, 4, 5 - канали.

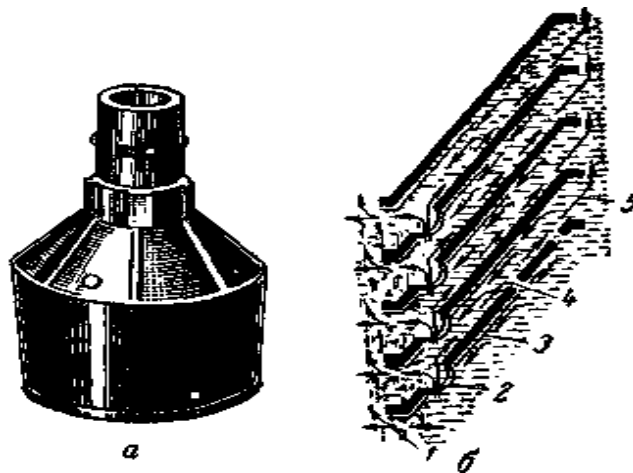


Рис. 5.5 Схема розподілу компонентів суміші по тарілках сепаратора:

а — сепаратор; б—тарелки; 1 — вода і осад; 2—область розділення води і масла; 3 — потік домішок і води; 4 — зона чистого масла; 5 — чисте масло, що виходить.

домішки і вода відтісняються до нижніх сторін тарілок і рухаються до периферії, а очищене масло під натиском рідини, що подається в сепаратор, рухається у бік осі обертання, підіймається по каналу і витікає з барабана сепаратора в приймальну ємність. Вода, що виділилася з масла, збирається навколо тарілок барабана і через кільцевий канал виходить назовні.

Коли в маслі, що очищається, немає води, кільцевий канал нижньої тарілки не має отвору (воно закривається глухою шайбою).

Як видно з викладеного, глибина очищення масла сепаратором при даній швидкості обертання визначається головним чином різницею густини масла і домішок, а також ступенем дисперсності останніх. При бажанні

одержати можливо більш очищене масло його пропускають через сепаратор кілька разів. Проте і в цьому випадку в звичайних сепараторах повністю очистити масло не вдається, оскільки чим дрібніше частинки забруднюючих домішок, що знаходяться в маслі, тим менше виникаючі відцентрові сили.

Величина відцентрової сили  $P$ , діючої на частинки компонентів відпрацьованого масла, прямо пропорційна вазі останніх. Величину відцентрової сили можна виразити так:

$$\omega = \frac{2\pi n^2}{60} \approx 0.195,$$

де  $n$  — число обертів в хвилину.

З цієї формули виходить, що відцентрову силу легше збільшити підвищенням числа обертів, ніж збільшенням радіусу сепаратора.

Залежно від характеру забруднень очищення масла в сепараторах можна проводити способом освітлювання (кларифікації) або способом сепарації (пурифікації):

$$P = \frac{Grn^2}{900},$$

де  $G$  - вага тіла, що обертається,  $\kappa\Gamma$ ;

$n$  — окружна швидкість (швидкість обертання), м/сек,

$r$  — радіус обертання (радіус сепаратора), м

Спосіб сепарації застосовують в тих випадках, коли забруднене масло можна розглядати як суміш двох рідин різної густини (при сильному обводненні масла). У цих випадках дві складові суміші рідини розділяються, причому обидві вони відводяться з сепаратора безперервно.

Продуктивність барабана сепаратора при роботі за способом освітлювання на 20—30% вища, ніж при роботі за способом сепарації.

Надцентрифуги (освітлюючі і сепаруючі) працюють за принципом відстійних апаратів. Належний обробці продукт подається до них по трубопроводу і через насадку струменем вводиться всередину ротора, що

обертається. Проходячи центральний отвір нижньої кришки, струмінь продукту розбивається об пластинку відбивача і відкидається до внутрішньої стінки ротора. Підхоплений ротором, що обертається, і захоплений їм продукт опиняється в полі дії відцентрових сил.

У міру руху уздовж ротора від верху до низу рідина розділяється на шари згідно густині. У верхній частині ротора поміщена перегородка, що розділяє потік на дві частини: важчий продукт виходить через нижній отвір ротора, більш легкий— через верхнє.

Відстоювання в роторі освітлюючої надцентрифуги відбувається по схемі, представлений на рис. 5.6. Суспензія, введена в ротор, під дією відцентрових сил розтікається по його внутрішній поверхні, утворюючи циліндровий шар, з якого осідають на глухі стінки ротора тверді частинки.

Висота циліндрового шару суспензії в роторі збільшується до тих пір, поки не досягає рівня вихідних отворів верхньої кришки. Подальше надходження суспензії в ротор викликає безперервний злив освітленої рідини у вихідні отвори і безперервне переміщення знов поступаючої суспензії у напрямі зливу, що супроводжується виділенням з неї твердих частинок. Ступінь освітлювання залежить від швидкості руху в роторі. Чим менше ця швидкість, тим більший час знаходиться суспензія під впливом відцентрових сил і тим повніше здійснюється процес відстоювання.

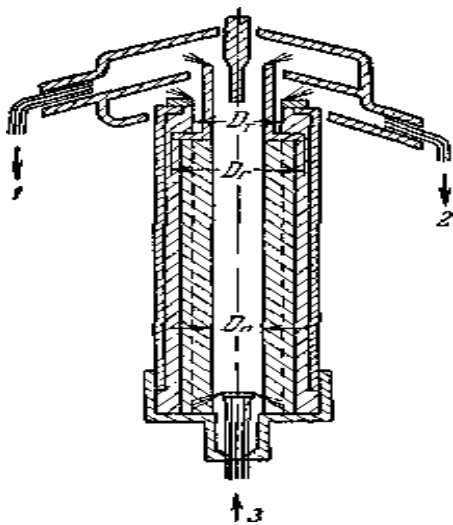




Рис. 5.6 Схема відстоювання в роторі надцентрифуги:

1 – вхід суспензії; 2 – осад твердих часток; 3 – вихід очищеної рідини.

Освітлена рідина, що виходить з ротора, збирається в зливній тарілці і по патрубку перетікає в крайній відсік внутрішньої порожнини приймальної кишені. Осад твердих частинок, що накопичується на глухій стінці ротора, повинен періодично видалятися. Для цього ротор потрібно зупиняти, розбирати і піддавати чищенню.

Вище було сказано, що швидкість відділення механічних домішок і води від відпрацьованого автомобільного масла при центрифугуванні залежить не тільки від величини відцентрової сили, але і від в'язкості масла. Чим менше в'язкість масла за інших рівних умов, тим швидше відділяються від нього домішки. Для зменшення в'язкості відпрацьованого масла його підігрівають до температури не вище 60—65°C щоб уникнути додаткових окислювальних процесів. Нідє масло не змішується так інтенсивно з повітрям, як при сепарації. Застосування вакуумних сепараторів, широко поширених в даний час, в значній мірі може оберегти масло від окислення.

Чим більше час центрифугування і чим менше продуктивність центрифуги, тим чистіше виходить масло. Це добре ілюструється наступними даними, одержаними при сепарації в центрифугі відпрацьованого масла, що містить 1,36% механічних домішок:

Продуктивність, л/год	130	80	12
Зміст механічних домішок, %	0,252	0,076	0,049

Ефективність роботи сепаратора сильно залежить від кількості води, що знаходиться в маслі. У міру зменшення змісту води в маслі ефективність її видалення зменшується. Необхідна багатократна

сепарація, щоб витягнути з масла сліди води. Тому в схему сучасних центрифуг, таких як ПСМ-1-3000, включають фільтрпрес, що доочищає сепароване масло від слідів води і механічних домішок.

Робота сепаратора по замкнутій схемі: масляний бак — сепаратор — масляний бак недосконала, оскільки масло після сепаратора з мінімальним змістом води знов змішується з маслом, що містить велику її кількість, що знижує ефективність сепарації.

Більш ефективна робота сепаратора по схемі: масляний бак I — сепаратор — масляний бак II, при якій масло після сепаратора поступає не в масляний бак I з зневоднюючим маслом, а в масляний бак II, де накопичується відносно зневоднене масло.

Найбільш ширше застосовуються сепаратори для безперервного очищення масел, що працюють в циркуляційних системах турбогенераторів, турбокомпресорів, могутніх дизельних двигунів і т.д. Відцентрові маслоочисники застосовуються на автомашинах з карбюраторними (ГАЗ-53, ЗІЛ-130 і ін. ) і дизельними двигунами замість фільтруючих елементів тонкого очищення.

### 5.1.3 Фільтрування

Фільтруванням називають 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 масла механічних домішок або вибілюючої глини.

Фільтрувальна перегородка, якщо не враховувати незначного періоду фільтрування, складається з двох шарів: початкового фільтруючого матеріалу і шару осаду, що безперервно утворюється на ньому. Отже, опір при фільтрації

визначається сумою опорів фільтрувальної перегородки і шару осаду.

Рідина, що піддається фільтруванню, поміщається в одну частину фільтру так, щоб вона стикалася з фільтрувальною перегородкою. У розділених частинах фільтру створюється різниця тиску, під дією чого рідина проходить через пори фільтрувальної перегородки, а тверді частинки затримуються цією перегородкою.

Різницю тиску створюють за допомогою компресорів (стислим повітрям), вакуумних насосів і рідинних насосів (поршневих або відцентрових), а також використовують гідростатичний тиск самої фільтрованої рідини. Як правило, фільтрування масел, що очищаються, на фільтрах і окремих фільтруючих пристроях здійснюють за допомогою рідинних насосів, причому різниця тиску звичайно не перевищує  $4\text{—}5 \cdot 10^5$  Па.

Вибір фільтруючого матеріалу для перегородки залежить в основному від характеру домішок, що підлягають видаленню. Чим менше розмір частинок домішок, тим щільніше повинен бути фільтруючий матеріал. Одні матеріали затримують тільки тверді домішки, інші видаляють з відпрацьованого масла також вугільні частинки, асфальто-смолянисті речовини і інші продукти старіння масла.

Фільтруючі матеріали прийнято розрізняти по наступних ознаках:

1) матеріал, канали якого менше, ніж середній діаметр затримуваних частинок (фільтрувальний папір, картон, щільні тканини і т.д.);

2) матеріал, канали якого більше, ніж середній діаметр затримуваних частинок (повсть, волоконний азбест, шерстяні очоси, бавовняні «кінці» і т.д.). Не дивлячись на те, що величина каналів фільтруючих матеріалів цієї групи навіть при сильному ущільненні залишається значною, масло, проходячи через таке середовище і кілька разів міняючи напрям руху, звільняється від механічних домішок;

3) матеріал, канали якого на початку фільтрування більші, ніж середній діаметр частинок, що видаляються, але під час фільтрування заповнюються цими частинками і стають менше їх середнього діаметру. Характерним матеріалом цієї групи є металева сітка. У початковий період фільтрування сітка не затримує більшості домішок, але осад, що утворюється на ній, стає основним фільтруючим середовищем.

Таким чином, відділення твердих частинок від рідини за допомогою фільтрувальної перегородки — процес складний. Немає необхідності застосовувати фільтруючий матеріал з порами, середній розмір яких менше середнього розміру твердих частинок. Відомо, що тверді частинки успішно затримуються фільтруючими матеріалами, середній розмір пір яких значно перевищує середній розмір відокремлюваних частинок.

У практиці очищення відпрацьованих масел часто зустрічаються домішки, які не затримуються всіма описаними фільтруючими матеріалами, наприклад, в маслах, що містять тонкодисперсні частинки вуглистої сажі, близькі за розміром до колоїдних частинок. Проходять також через пори фільтруючих перегородок, не затримуючись ними, алюмінієва і інші пудри. При фільтруванні відпрацьованих дизельних і автомобільних масел з високоефективними присадками механічні домішки разом з продуктами термічного розкладання масла і палива і елементами присадки, що знаходяться в дрібнодисперсному стані, блокують пори фільтруючої перегородки, тиск різко зростає до  $10^5$  Па, фільтрація практично припиняється. В техніці фільтрування в подібних випадках вдаються до попередньої обробки таких масел поверхнево-активними речовинами — коагулянтами, які укрупнюють дрібнодисперсні домішки і сприяють нормальній фільтрації. Змішення масел, у тому числі і після процесу коагуляції, з допоміжними пористими речовинами, зокрема з вибілюючою глиною, і подача такої суспензії на фільтруючу перегородку додає необхідну

пористість осадам, що стискаються, і сприяє повному відділенню масел від домішок.

Метод фільтрування широко застосовується для очищення масел в циркуляційних системах мастила в процесі роботи механізмів, відпрацьованих масел і т.п. У всіх без виключення технологічних схемах масло регенераційних і очисних установок входить процес фільтрування.

Для розрахунку фільтрів розроблений ряд емпіричних формул, за допомогою яких можна визначити величину фільтруючої поверхні, продуктивність фільтру і швидкість фільтрування. Проте унаслідок того, що осади на фільтруючих перегородках вельми різноманітні, процес фільтрування, не дивлячись на уявну простоту, дотепер важко піддається точному розрахунку. Нижче приведена одна з найвідоміших формул — формула Пуазейля для визначення швидкості фільтрування  $Q$ :

$$Q = \frac{\pi r^4 p F}{8 l \eta},$$

де  $r$  — середній радіус капілярів фільтруючої перегородки;

$p$  — тиск масла перед фільтром;

$F$  — площа фільтруючої перегородки;

$l$  — довжина капіляра;

$\eta$  — абсолютна в'язкість масла.

Довжина капіляра дорівнює:

$$l = ab,$$

де  $a$  — коефіцієнт, що враховує звивистість капілярних каналів (він завжди більше одиниці);

$b$  — товщина фільтрувальної перегородки.

З формули виходить, що продуктивність фільтрування прямо пропорційна тиску перед фільтром, площі останнього, радіусу капіляра в четвертому ступені і обернена пропорційно довжині капіляра, а також

абсолютної в'язкості масла.

Кількість осаду, що утворюється на фільтруючій перегородці, і його питомий опір за даних умов фільтрування визначають експериментальним шляхом.

У всіх випадках фільтрування доводиться враховувати стиснення осаду, або коржика, що утворюється на фільтруючій перегородці під впливом тиску. Ущільнення осаду служить однією з причин, що знижує продуктивність фільтрування.

Практикою встановлено, що з підвищенням тиску продуктивність фільтрування різко збільшується, але якість фільтрату погіршується. Це може бути пояснено тим, що рухомі з великою швидкістю шари масла вимивають домішки, затримані раніше фільтруючим матеріалом.

Отже, технічно доцільніше поступово підвищувати тиск при фільтруванні, не створюючи умов для вимивання затриманих фільтруючим матеріалом частинок і зберігаючи швидкість фільтрування на певному відрізку часу приблизно на одному рівні.

Швидкість фільтрування знаходиться в прямій залежності від в'язкості масла. Наприклад, з підвищенням температури фільтрованого через папір автомобільного масла з 100 до 120°C при постійному тиску швидкість фільтрування збільшується на 35%.

На початку фільтрування масла фільтрат може містити механічні домішки, унаслідок проникнення твердих частинок через пори фільтруючої перегородки. Коли ж фільтруючий матеріал придбає достатню затримуючу здатність в результаті створення на поверхні перегородки якнайтоншої плівки з механічних домішок або допоміжного порошку (вибілююча глина), фільтрат стає прозорим. Коржик осаду, що утворився, є додатковим фільтруючим середовищем і разом з основною перегородкою перешкоджає проникненню домішок у фільтрат. З практики

відомо, що така плівка утворюється протягом перших же хвилин роботи фільтру. Для запобігання змішенню подальших порцій чистого масла з першою порцією її потрібно збирати в окрему ємність і знов піддавати фільтруванню.

Після досягнення певної товщини шару осаду його знімають з фільтрувальної перегородки за допомогою різних механічних пристроїв або відділяють від неї зворотним струмом фільтрату. На фільтрпресах маслорегенераційних установок, як правило, осад знімають разом з фільтруючою перегородкою (картоном, папером) після досягнення максимально допустимого тиску на фільтр.

Великий вплив на продуктивність і ефективність фільтрування надає наявність в маслі води, особливо коли фільтруючим матеріалом служить папір, картон і т.п. Папір і картон жадібно поглинають вологу, розмокають, втрачають структуру і перестають фільтрувати масло; крім того, вони можуть прориватися. Тому фільтрувати через них слід тільки заздалегідь зневоднене масло. Але цією властивістю картону і паперу іноді користуються для видалення з трансформаторного масла слідів вологи. При цьому температура масла перед фільтром не повинна перевищувати 40°C, оскільки при вищій температурі поглинання вологи погіршується. Картон або папір повинні бути ретельно просушені перед вживанням. Щоб уникнути насичення сухого картону вологою з повітря його виходить зберігати в сухому чистому маслі.

### 5.1.2 Відгін пального від масла

При регенерації відпрацьованих масел з двигунів внутрішнього згорання (автомобільних і дизельних) крім видалення продуктів старіння необхідний також відгін пального, без чого неможливо одержати масла з

первинними в'язкістю і температурою спалаху. Як указувалося вище, паливо (хвостові важкі фракції), потрапляючи в масло, розріджує його і знижує в'язкість.

Вміст в працюючому маслі паливних фракцій залежить від фракційного складу вживаного бензину, справності системи вентиляції картера, теплового стану двигуна, умов експлуатації і т.п.

Менше всього палива в маслі (до 2—2, 5%) знаходять в жарких кліматичних зонах, більше — в північних районах при експлуатації автомобілів взимку. У середній кліматичній зоні взимку зміст його складає 6—10%. Слід зазначити, що розрідження масла паливом відбувається в перші дні роботи двигуна на свіжому маслі, а потім кількість палива в маслі стабілізується на деякому постійному рівні.

Присутність палива приводить до поліпшення пускових властивостей масла в зимовий час, проте зміст палива вище за деяку межу утрудняє експлуатацію двигуна на робочому режимі. Практикою встановлено, що зміст палива більше 10% неприпустимий, оскільки приводить до різкого зниження в'язкості. Наприклад, в'язкість масла АК-10 з 10% палива знижується до 6 сСт. Тому необхідно постійно контролювати в'язкість масла, що знаходиться в картері, наприклад, за допомогою кулькового в'язкозіметра. Слід зазначити, що зниження температури кінця кипіння бензинів, а також систематичне поліпшення якості двигунів приводить до деякого зниження змісту палива у відпрацьованих маслах.

Відновлення фізичних властивостей регенерованих масел здійснюється шляхом відгону пального. Процес заснований на різниці температур кипіння палива і масла. При нагріванні відпрацьованого масла в першу чергу з нього випаровується паливо, оскільки температура кипіння його значно нижче за температуру кипіння масла.

Температурний режим витягання пального з відпрацьованого масла



залежить від фракційного складу палива і методу його отгонки. Чим вищі межі википання палива, тим більш висока температура потрібна для видалення його хвостових (важких) фракцій з відпрацьованого масла.

Установки для регенерації, вживані для отгонки пального з розріджених відпрацьованих масел, принципово не відрізняються від промислових нафтоперегінних установок, але конструктивно значно простіші і мають, як правило, малі габарити.

Процес випаровування пального з масла може бути здійснений двома методами:

1) одноразовим випаровуванням, при якому пари, що утворюються, не виводяться з системи, а нагріваються разом з рідкою фазою до кінцевої температури, необхідної для відгону пального. Процес одноразового випаровування звичайно проводять в безперервному трубчастому змійовику або трубчастій печі, вогняній або електричній;

2) поступовим випаровуванням, при якому пари, що утворюються, виводяться з системи безперервно у міру їх виділення. У системі залишається тільки рідка фаза, що знаходиться в рівновазі з парами, що виділяються. Процес поступового випаровування звичайно проводять в кубових установках періодичної дії.

Методом одноразового випаровування можна одержати такий же відгін, як при поступовому випаровуванні, при нижчій (на 30—50° С) температурі відпрацьованого масла. Крім того, вірогідність розкладання масла зменшується при короткочасному перебуванні його в зоні високих температур. Наприклад, в трубчастих пічах нагрів масла триває всього декілька хвилин, і час його перебування в зоні високих температур обчислюється секундами.

Метод одноразового випаровування стосовно регенерації обводнюючих відпрацьованих масел має ще одну перевагу. Обводнюоче

масло при нагріві в печі не представляє небезпеки відносно спінювання і викиду з системи, більш того, вода у відпрацьованому маслі при сумісному їх нагріві перетворюється на перегріту водяну пару, що дозволяє вести перегонку при нижчій температурі без розкладання вуглеводнів масла.

Сучасні установки, призначені для відновлення масел з відгоном пального, забезпечені спеціальними пристроями для введення води в масло і створення водомасляної емульсії, яка потім безперервно подається в трубчасті печі. Вода, перетворюючись на водяну пару, займає великий об'єм і сприяє збільшенню швидкості руху масла в печі; при цьому скорочується тривалість перебування масла в зоні підвищених температур і збільшується теплопередача. Як відомо, кипіння рідини відбувається, коли тиск її пари рівний або більше зовнішнього тиску. При нагріві масла з паливом тиск нафтової пари менше зовнішнього тиску. Цей при даній температурі тиск пари нафтопродуктів для подолання зовнішнього тиску відшкодовується тиском водяної пари. Тиск пари суміші рівний сумі парціального тиску нафтової і водяної пари, унаслідок чого тиск пари суміші стає рівній величині зовнішнього тиску, що і необхідно для процесу перегонки. Практикою експлуатації встановлено, що оптимальна кількість води, що додається до сировини, рівна 5% з урахуванням вмісту її у відпрацьованому маслі.

При перегонці з водяною парою температура нагріву сировини може бути знижена на 50—70°C в порівнянні з процесом без подачі води. На установках для регенерації масел пальне випаровується з масла, нагрітого в трубчастій печі до необхідної температури, у випарних колонах, як правило, під вакуумом. Застосування вакууму в поєднанні з перегрітою водяною парою сприяє додатковому зниженню температури відгону паливних фракцій. Звичайно розрідження у випарнику підтримується

на рівні 100—150 мм рт. ст.

### 5.1.3.Промивка відпрацьованих масел водою

Відпрацьовані масла промивають водою для видалення з них кислих продуктів — водорозчинних низькомолекулярних кислот, а також солей органічних кислот, розчинних у воді. Промивка водою не забезпечує повного відновлення масел при глибокому їх старінні. Цим методом часто користуються при експлуатації масел для видалення з них розчинених у воді низькомолекулярних кислот. Вода з розчиненими кислотами може бути відокремлена від масла сепарацією при підігріві до температури біля 60°C.

Температура масла при промивці водою (рекомендується застосовувати гарячу воду) має істотне значення. При температурі нижче 60°C важко здійснювати відділення води від масла, а при вищій температурі шлам може розчинятися в маслі.

Промивку масла в працюючій турбіні потрібно проводити особливо ретельно і обережно. Через щопівгодини слід відбирати пробу промитого масла (за сепаратором) і перевіряти його на прозорість.

Витрата води на промивку турбінного масла в сепараторі, куди подається також і гаряча вода, складає 20% від ваги масла. При вмісті води в маслі понад 0,05% промивку слід припинити і відрегулювати роботу сепаратора.

Унаслідок періодичної промивки масла водою в діючій турбіні значно скорочується вміст в маслі низькомолекулярних кислот, що обумовлюють кислу реакцію водної витяжки.

Промивка масла водою, окрім описаного вище випадку, не є самостійним процесом регенерації. В основному його застосовують як один

з етапів при лужному очищенні масел моторних для видалення луг, що не прореагували, і мила. Промивка водою після обробки лужними реагентами ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) і подальшого очищення від лужних осадів проводиться таким чином. У підігріте до  $70\text{—}80^\circ\text{C}$  масло подається у вигляді душу гаряча вода ( $15\text{—}20\%$  від завантаженого масла). Потім масло з водою перемішують повітрям протягом  $20\text{—}25$  хвилин. Відстій води від масла продовжується  $1\text{—}2$  години. Кратність промивки складає  $1\text{—}2$  рази.

Промивку водою масла, заздалегідь обробленого, наприклад, кальцинованою содою ( $0,5\text{—}1,0\%$  з розрахунку на суху речовину), проводять до слабо лужної реакції водної витяжки, оскільки не вдається повністю відмити луги при двократній промивці. При підкисленні води невеликою (до  $0,2\%$ ) кількістю кислоти, наприклад, соляною або сірчаною, вдається повністю нейтралізувати луги, що залишаються в маслі.

Промивка масла водою після лужного очищення не виключає застосування вибілюючої глини, особливо при регенерації моторних автомобільних і дизельних масел. Після лужного очищення мало працюючих масел промивка водою є остаточною операцією.

Слід зазначити, що в деяких випадках застосовують промивку масел водою для видалення механічних домішок, зокрема вуглистих частинок. Наприклад, при промивці сильно забруднених масел (зміст домішок -  $1,36\%$ ) на сепараторі (витрата води складає  $100\%$  від ваги масла) вміст домішок в маслі знизився на  $0,044\%$ .

## 5.2 Фізико-хімічні методи регенерації відпрацьованих масел

Метод коагуляції в даний час є складовою частиною технологічного процесу регенерації відпрацьованих масел для двигунів

внутрішнього згорання, працюючих з багатофункціональними присадками, і інших масел, в яких механічні домішки знаходяться в дрібнодисперсному стані, що не піддаються відстою і фільтрації. Якщо раніше (приблизно до 1959—1960 р.р.) коагуляцію застосовували в процесах регенерації епізодично, то в даний час вона служить основним методом для поліпшення процесу фільтрування масел, що не «фільтруються», а також для видалення з відпрацьованих масел продуктів окислення і тих смолянистих і асфальтових речовин, які разом з механічними домішками і елементами присадки, що спрацювали, знаходяться в маслі в зваженому (близькому до колоїдного) стані і не можуть бути видалені за допомогою фізичних методів (відстій, центрифугування, промивка водою і фільтрація).

Введення в технологічні схеми сучасних маслорегенераційних установок для здійснення процесів коагуляції дає можливість проводити регенерацію відпрацьованих масел всіх видів, навіть масел з новими високоефективними присадками (ВНП НП-360, СБ-3, ІП-22К і ін.).

Тому ми декілька докладніше розглянемо метод коагуляції як важливий елемент технології регенерації масел.

Коагуляція — це явище злипання і укрупнення частинок колоїдної системи з утворенням рихлих агрегатів.

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 променистої енергії.

Іноді коагуляція може наступити в результаті старіння, тобто повільного збільшення розмірів частинок з часом, або хімічних змін, що відбуваються в колоїдній системі. У всіх випадках причиною коагуляції є

зменшення зв'язків частинок з навколишнім їх дисперсійним середовищем.

Для регенерації відпрацьованих масел, що не «фільтруються», як коагулянти використовують також різні синтетичні миючі засоби, поверхнево активні речовини (ПАР).

Поверхнево-активні речовини придбавають величезне значення у всіх галузях народного господарства. Концентруючись на різних поверхнях розділу, вони утворюють якнайтонші адсорбційні шари, що різко змінюють молекулярну структуру і властивості поверхонь. Дуже малі добавки ПАР можуть змінити хід фізико-хімічних процесів і умови молекулярної взаємодії дотичних фаз.

Речовини, вживані для коагуляції, можна розділити на чотири типи:

1) електроліти — кальцинована сода, трінатрійфосфат і т. інш.: їх дія заснована на створенні подвійного електричного шару на поверхні частинок;

2) іоногені ПАР з активним органічним катіоном або аніоном (органічні електроліти);

3) не іоногені ПАР (неелектроліти);

4) поверхнево-активні колоїди і гідрофільні високомолекулярні з'єднання.

Якщо електроліти змінюють властивості подвійного електричного шару, то ПАР другого і третього типів (органічні електроліти і неелектроліти) в основному знижують поверхневу енергію при адсорбції на межі розділу фаз.

Поверхнево-активні колоїди можуть бути двох типів. До них відносяться природні рослинні колоїди, сульфід-спиртова барда, крохмаль і його похідні, лужні витяжки з торфу, бурого вугілля і ін. Ефективними синтетичними з'єднаннями такого типу є похідні водорозчинних ефірів целюлози. Це перш за все КМЦ (карбоксиметілцелюлоза).

Найбільше поширення як коагулянти при регенерації моторних масел набули електроліти типа  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (кальцинована сода),  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  (трінатрійфосфат),  $\text{Na}_3\text{SiO}_3$  (рідке скло) і ін. Роботами, проведеними фірмою «Реготмас», встановлено, що найефективнішим коагулянтом є 96—98% сірчана кислота при витраті її не більш 0,25—0,5% на оброблюване масло.

Характер коагулюючої дії електролітів, не дивлячись на численні дослідження, в багатьох навіть основних рисах ще залишається нев'ясненим. Багато цікавих приватних закономірностей встановлено в цьому відношенні, але механізм коагулюючої дії електролітів виявляється дуже складним, що утрудняє можливість створення загальної теорії коагуляції.

Електроліти викликають коагуляцію колоїдного розчину, починаючи лише з певної їх концентрації. Якнайменша концентрація, яка достатня для настання явної коагуляції за певний проміжок часу, називається порогом коагуляції. Як показали дослідження, при коагуляції домішок у відпрацьованих маслах концентрація електроліту повинна бути не менше 10% (для коагулянтів типів  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , НП і МЛ).

Дія коагулянтів не обмежується тільки коагуляцією. Більшість коагулянтів-електролітів гідролізується у воді з виділенням лугів або кислот. Продукти коагуляції володіють здатністю добре адсорбуватися. Відбувається також вимивання деяких домішок з масла розчином електроліту. Таким чином, разом з основними явищами чистої коагуляції протікають також хімічні реакції.

Електричні заряди колоїдних частинок, що знаходяться у відпрацьованому маслі, перешкоджають їх коагуляції. Щоб вона відбулася, частинки повинні зближуватися на відстань, меншу радіусу сфери тяжіння. Це можливо лише в тому випадку, якщо частинки втратять

свої електричні заряди, що і досягається введенням розчину електроліту, протилежно заряджені іони якого нейтралізують заряди дисперсної фази.

Втративши електричні заряди, частинки механічних домішок перестають взаємно відштовхуватися і починають злипатися (коагулювати). В результаті коагуляції вони укрупнюються і осідають на дно резервуару (відстійник, мішалка і т.інш.).

Неіоногенними ПАР є в основному асиметричні молекули органічних речовин. Загальним в будові цих речовин є наявність гідрофобних і гідрофільних груп. Гідрофільна група розташована, як правило, на одному кінці молекули, в більшості випадків є залишком сильної кислоти, що забезпечує водяний розчин препарату. Гідрофобна частина молекули утворена достатньо довгим вуглеводневим ланцюгом переважно нормальної будови з 8—16 вуглецевими атомами, до якої приєднані різні групи або радикали.

Поверхнева активність речовин обумовлюється в основному вуглеводневим ланцюгом: чим вона довша, тим більше поверхнева активність.

До неіоногенних ПАР відносяться миючі речовини типів ОП і ДБ.

Дослідженнями, проведеними фірмою «Реготмас», було встановлено також, що для коагуляції дрібнодисперсних домішок в маслах, що не «фільтруються», понад усе підходять іоногенні ПАР. Вони розчиняються у водних розчинах на іони, що містять високомолекулярні органічні радикали, які, розташовуючись в прикордонному шарі розчину, надають йому поверхнево-активні властивості. З іоногенних ПАР найбільш ефективні для коагуляції аніоногенні ПАР, алкилсульфонати і алкиларілсульфонати, виробництво яких налагоджене в нашій країні.

Технічні алкилсульфонати є сумішами натрієвих солей алкилсульфокислот загальної формули  $RSO_3Na$ , де R — вуглеводневий



парафіновий радикал нормальної будови з 12— 18 атомами вуглецю.

Найбільше поширення з цієї групи ПАР набули миючі речовини — сульфонали, наприклад алкилбензолсульфонат (сульфонал Бі) і алкилтолуолсульфонат (сульфонал Т). Залежно від змісту активної речовини (сульфанола) і деяких добавок випускаються ПАР трьох товарних марок: НП-1, НП-5, НП-3.

Слід зазначити, що синтетичні миючі речовини майже не застосовуються самостійно, а завжди в композиції з різними добавками.

Нижче приведений склад (ваговий %) ПАР типу НП:

НП-1		НП-3	
Сульфонал	50	Сульфонал	62,7.
Сульфат натрію	40	Сульфат натрію	36
Несульфовані речовини	4	Несульфовані речовини	1,3
Вода	6		

Проведені випробування миючих речовин типу НП показали можливість застосування НП-5 як ефективної коагуляції дрібнодисперсних домішок у відпрацьованому маслі. Широке застосування знайшли миючі препарати типу МЛ, що складаються з суміші декількох ПАР з різними властивостями. До складу препаратів типу МЛ, як і типу НП, входять електроліти, що також володіють властивостями до коагуляції.

Нижче приведений склад (ваговий %) препаратів типу МЛ, випробуваних як коагулянти для регенерації відпрацьованих моторних масел:

МЛ-2		МЛ-22	
НП-1	3	НП-1	8
НП-5	5	Змочувач типу ДБ	10.
Кальцинована сода	60	Кальцинована сода	82

Слід зазначити, що препарати типів НП і МЛ нетоксичні, вибухобезпечні і добре розчиняються у воді.

Процес коагуляції може відбуватися успішно тільки при дотриманні певних умов: температури, тривалості обробки, концентрації коагуляції, його кількості і хорошого контакту з рідиною, що очищається.

Процес коагуляції відбувається не миттєво, для повного його завершення потрібен якийсь час. Контроль за ходом процесу коагуляції здійснюють нанесенням краплі масла на скло через певні проміжки часу. Початок коагуляції виявляється при виникненні укрупнених частинок, видимих на склі. Кінець процесу визначається припиненням зростання частинок і їх кількості. Звично при достатніх часу контакту коагуляції з рідиною і його концентрації коагуляція завершується протягом 20—30 хвилин.

Вплив температури на коагуляцію в основному пов'язаний з в'язкістю відпрацьованого масла. З пониженням в'язкості масла створюються сприятливіші умови для контакту його з коагуляцією. Проте температура вище 95°C не може бути рекомендована через можливість спінювання і викиди масла. Як правило, при проведенні коагуляції підтримують температуру на рівні 75—80°C.

У таблиці 5.2 приведені результати очищення дизельного масла із застосуванням різних коагулянтів. Після коагуляції відстоює масло протягом 30 хвилин обробляли в лабораторній мішалці при температурі 150°C з 5% вибілюючої глини Зікєєвського родовища.

Таблиця 5.2 Результати очищення дизельного масла різними коагулянтами з подальшими відстоєм, контактом масла з вибілюючою глиною і фільтруванням.

Початкова сировина і коагуляції	Показники якості масла					
	Концентрація, %	Витрати на сировину, %	Кислотне число, мг КОН/г	Коксуємість, %	Зольність, %	Зміст, % механічних асфальтенових домішок
Відпрацьоване дизельне масло (сировина).			0,26	3,83	1,891	3,830 0,560
Коагулянти:						
сірчана кислота	96-98	0,5	0,14	0,30	0,003	Відсутність
соляна кислота	38	0,5	0,12	0,38	0,035	
кальцинована сода	10	0,5	0,08	0,35	0,006	
тринатрійфосфат	10	0,5	0,06	0,35	0,009	
рідке скло.	1,3	3,0	0,04	0,41	0,007	
окислений петролатум	10	2,0	0,30	0,57	0,025	
мило господарське	10	1,0	0,32	0,56	0,117	

З таблиці 5.3 видно, що ефективними коагулянтами є сірчана кислота і кальцинована сода. Окислений петролатум і господарське мило, не дивлячись на порівняльно високу коагулюючу дію, не можуть бути рекомендовані, оскільки погіршують фізико-хімічні показники регенованого масла (кислотне число, зольність і ін.).

Як було вказано вище, відпрацьовані моторні масла в результаті дії миючих (диспергуючих) компонентів присадок містять велику кількість дрібнодисперсних домішок, які створюють в маслі стійкі суспензії. Регенерація таких масел без застосування попередньої коагуляції домішок по існуючих технологічних схемах в більшості випадків неможлива. Масла, що не «фільтруються», не піддаються відстою і фільтруванню. Тому підбір і

застосування нових і ефективніших, ніж  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , речовин для обробки масел, що не «фільтруються», має найважливіше значення. У зв'язку з непостійністю складу відпрацьованих масел необхідно мати набір ПАР, що розрізняються як по ефективності коагуляції, так і по доступності і вартості.

По здатності до коагуляції випробувані речовини можуть бути розташовані в приведеній нижче послідовності:  $\text{H}_2\text{SO}_4 > \text{НП-5} \text{ і } \text{МЛ} > \text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{Na}_3\text{PO}_4 > \text{Na}_2\text{SiO}_3$ .

В даний час вартість 1 тони ПАР (миючих препаратів) ще висока і не може бути закладена в основу перспективних розрахунків. Необхідно орієнтуватися на вартість ПАР при масовому виробництві. Мабуть, що із зростанням і вдосконаленням нафтохімічного виробництва вартість ПАР буде значно понижена.

У таблиці 5.3 приведені дані про вплив характеру коагулянтів на ефективність відстою і фільтрування зразків відпрацьованих масел. Якісні показники приведені у таблиці 5.4.

Нижче описана методика попередньої обробки коагулянтами відпрацьованих масел, невіддатливих фільтруванню.

Найефективнішими речовинами, вживаними для коагуляції дрібнодисперсних домішок у відпрацьованих маслах як з двигунів внутрішнього згорання, так і інших (наприклад, забруднених алюмінієвою пудрою і т. ін. ), є:

- 1) сірчана кислота;
- 2) кальцинована сода;
- 3) тринатрійфосфат;
- 4) миюча речовина НП-5;
- 5) миючі препарати типа МЛ.

Таблиця 5.3 Вплив коагулянтів на ефективність відстою і фільтрування відпрацьованих масел

Досліджені зразки	Коагулянти	Кількість масла		Тривалість фільтрування, хвил.
		що відстоялося після обробки коагулянтами, %	профільтрованого через фільтрпрес, %	
Відпрацьоване автомобільне масло	Без обробки коагулянтами	10	80	20
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	220	50
	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	85	210	50
	НП-5	90	220	50
	МЛ-2	80	160	35
	МЛ-6	70	150	38
Відпрацьоване дизельне масло	Без обробки коагулянтами	Не відстоюється	Не фільтрується	
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	200	50
	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	80	170	45
	НП-5	90-95	180	45
	МЛ-2	70	140	35
	МЛ-6	80	160	40

Примітка. Витрата сірчаної кислоти складала 0,5%, інші ПАР застосовували у вигляді 10%-них водних розчинів.

При виборі коагулянтів для попередньої обробки масел необхідно визначити вміст в них води і механічних домішок і провести відповідні лабораторні дослідження за визначенням ефективності коагуляції. Сірчана кислота як коагулянт застосовується для всіх масел, непаддатливих

Таблиця 5.4 Якісні показники масел після обробки коагулянтами

	Автомобільн е масло	Дизельне масло з присадкою НП-360
В'язкість, сСТ	7,70	12,87
Температура спалаху, °С	112	187
Кислотне число, міліграм КОН/г	0,43	0,10
Число омилення, міліграм КОН/г	1,07	1,77
Щелочність, міліграм КОН/г	—	0,48
Коксованість, %	2,28	1,54
Зольність, %	1,068	0,745
Сульфатна зольність, %	—	0,7726
Зміст, % :		
сумарних домішок	1,5676	0,3962
неорганічних компонентів	1,1004	0,1994
асфальтенів	0,0520	0,0192
карбонов і карбоїдів	0,4162	0,1776
барію	—	0,155
води	2,4	—

фільтруванню, незалежно від кількості забруднень, що містяться в них. Але вміст води у відпрацьованому маслі повинен бути по можливості мінімальним (не перевищувати 0,5—1%).

Кальциновану соду і трінатрійфосфат можна використовувати тільки для відпрацьованих масел, що не фільтруються і мають не більше 1% механічних домішок. Миючі речовини типів НП і МЛ ефективні і при кількостях забруднень більше 1%. Вода у відпрацьованому маслі в цьому випадку не перешкоджає процесу коагуляції, але кількість її повинна враховуватися при здійсненні коагуляції, вживаної для безводного

відпрацьованого масла у вигляді 10%-них водних розчинів.

Процес коагуляції проводиться в спеціальній мішалці (відстійнику) з конічним дном, забезпеченої нагрівальним і перемішуючим пристроями.

Необхідно відзначити, що унаслідок великої різноманітності нафт, вживаних для вироблення сучасних масел, технології їх виготовлення, умов експлуатації в двигунах і присадок якості окремих партій відпрацьованих масел може різко коливатися, і у кожному окремому випадку потрібен ретельний вибір способу попередньої обробки коагулянтами і методів регенерації.

### 3.2.1 Коагуляція сірчаною кислотою

Сірчана кислота як коагулянт може бути використана, як хімічно чиста, так і технічна (купоросне масло). У відпрацьоване масло, нагріте до температури 60—70°C, при безперервному, інтенсивному перемішуванні додають окремими невеликими порціями (для кращого контакту з маслом) сірчану кислоту, всього в кількості 0,25—0,5 вагових % по відношенню до відпрацьованого масла. Перемішування масла з кислотою продовжується 20–30 хвилин. Цього часу звичайно цілком достатньо для завершення процесу коагуляції дрібнодисперсних домішок.

Потім масло відстоюється протягом 12—24 годин після чого спускають відстій. Відстояне кисле масло нейтралізують в цій же мішалці 10%-ним водним розчином кальцинованої соди (до 5% від ваги масла). Процес нейтралізації масла також проводиться при безперервному перемішуванні протягом 20—25 хвилин. Після закінчення нейтралізації масло відстоюється 6—8 годин потім після перевірки його на реакцію водної витяжки направляється на регенераційну установку.

Нейтралізація кислого масла може проводитися також вибілюючою

глиною (2—4%) при перемішуванні.

Процес коагуляції контролюють шляхом періодичного нанесення краплі масла на скло — поява в краплі окремих чорних крапок (грудочок) на фоні масла, що посвітлішало, свідчить про протікання коагуляції.

### 5.2.2 Коагуляція кальцинованою содою, тринатрійфосфатом і миючими препаратами НП і МЛ

Масло нагрівають до температури 75—80°C і обробляють при перемішуванні протягом 20—30 хвилин 10%-ним водним розчином кальцинованої соди, тринатрійфосфата або препаратами типу НП або МЛ (5 вагових % від сировини), після чого воно відстоюється протягом необхідного часу (до 48 годин).

Після спуску відстою масло подається на відповідну установку для подальшої регенерації по прийнятій технологічній схемі. Як правило, це схема «масло — глина — вода» (на установках типу РМ-250, РМ-100, РМ-50 і ін.).

Характеристика масел, регенованих на установках, що працюють за схемою масло — глина — вода, з попередньою обробкою різними коагулянтами, приведена в таблицях 5.5, 5.6.

## 5.3 Обладнання для регенерації відпрацьованих масел.

### 5.3.1 Установка ВІМЕ-2

Установка ВІМЕ-2 призначена для регенерації відпрацьованих масел без присадок, що зливаються з карбюраторних двигунів. Це одна з найпоширеніших установок. У зв'язку із застосуванням миючих присадок до масел діапазон її використання скоротився. Але при відповідній



Таблиця 5.5 Якість автомобільного масла, регенованого на установці РМ-100-63, з попередньою обробкою сировини 10%-ним водним розчином коагулянту \*

Показники	Відпрацьоване масло (сировина)	Масло, регеноване				
		без коагулянтів			із застосуванням коагулянтів **	
			Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	НП-5	МЛ-2	МЛ-6
В'язкість 100, сСт.	8, 80	9,62	9, 44	9,60	9, 44	9, 30
Температура спалаху, °С	157	198	196	198	195	194
Кислотне число, міліграм КОН/Г.	0, 65	0, 47	0, 20	0, 38	0, 31	0, 33
Коксованість, %	1, 40	0, 85	0, 76	0, 75	0, 75	0, 64
Зольність, %.	0,14	0, 05	0, 04	0, 04	0, 05	0, 02
Зміст, %:						
води	0, 9	Присутність				
механічних домішок	0,8336	0, 005	0, 004	0, 0026	0, 005	0, 0048
	0, 70	0, 64	0, 60	0, 63	0, 54	0, 49

\* Регенерація масла після обробки коагулянтами проводилася по схемі масло-глина (5%) - вода (5%) при температурі па виході з печі 250°С і розрідженні у випарнику 100 мм рт. ст.

\*\* Витрата коагулянтів 0, 5% на суху речовину.модернізації, наприклад, при введенні в схему додаткової мішалки, забезпеченої нагрівальним і перемішуючим пристроями, на установці ВІМЕ-2 можна відновлювати і відпрацьовані моторні масла з присадками. Таке до оснащення установки в змозі виконати споживачі на місці її експлуатації.

Фірма «Реготмас» випускає на базі установки ВІМЕ-2 модернізовану  
Таблиця 5.6 Якість дизельних масел, регенованих на установці РМ-100-63, із застосуванням коагулянтів і подальшою обробкою 5% вибілюючої глини

Показники	Відпрацьоване масло з присадкою ЦІАТІМ-339 (сировина)	Масло, регенероване із застосуванням коагуляцій			
		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (0,5)	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (0,5%)	НП-5 (0,3%)	ОП-7 (0,5%)
В'язкість 100 сСт	8, 38	0, 72	10, 98	10, 86	0, 95
Температура спалаху, °С	150	90	196	195	190
Кислотне число, міліграм КОН/г	0, 46	0, 26	0, 18	0, 18	0, 20
Число омилення, міліграм КОН/г	—	2, 07	1, 69	—	1, 69
Коксованість, %	2, 23	0, 40	0, 42	0, 43	0, 50
Зольність, %	0, 37	0, 003	0, 01	0, 007	0, 008
Зміст, %:					
води	0, 12	Присутність			
механічних домішок	2, 024				

установку РМ-50-62 з додатковою мішалкою.

Технічна характеристика установки ВІМЕ-2 приведена в таблиці 5.7

Відпрацьоване масло, попередньо відстояне від води і забруднень, з витратної місткості подається скальчатим насосом в сировинний бак, де нагрівається парами пального, що проходять по змійовику. З сировинного бака масло поступає в змійовик контактної мішалки і далі прямує в електропіч, а звідти з парами пального у випарник. З випарника масло, відокремлене від бензину, стікає в контактну мішалку, де змішується з вибілюючою глиною, потім суміш подається у фільтрпрес. Пари пального і води з випарника прямують в уловлювач, потім в змійовик сировинного бака, де конденсуються. Конденсат скидається в збірник відгону.

Таблиця 5.7 Технічна характеристика установки BIME-2

Продуктивність установки (по маслу, що переробляється) кг/год.:	
автомобільне масло без присадки	40-50
індустріальне масло	80-90
Загальна споживана потужність установки, кВт,	10
зокрема потужність електропечі, кВт.	9
Продуктивність скальчатого насоса, л/год.	120
Фільтруюча поверхня рамкового фільтрпреса, м <sup>2</sup>	1
Габарити установки, мм:	
довжина	1200
ширина	900
висота	1720
Вага, кг	524

### 5.3.2 Установка РМ-50-62

Введення багатофункціональних присадок, у складі яких є миючий компонент, в моторні масла (автомобільні і дизельні) викликало утруднення при регенерації таких відпрацьованих масел, що не «фільтруються».

Попередня коагуляція суспензії дрібнодисперсних домішок забезпечила фільтруємість цих масел. Для проведення процесу коагуляції, а також для подальшої регенерації масла по схемі «масло — глина — вода» в схему установки BIME-2 ввели додаткову контактну мішалку, а також модернізували і значно спростили деякі вузли установки. Модернізована установка РМ-50-62 показана на рис. 5.7.

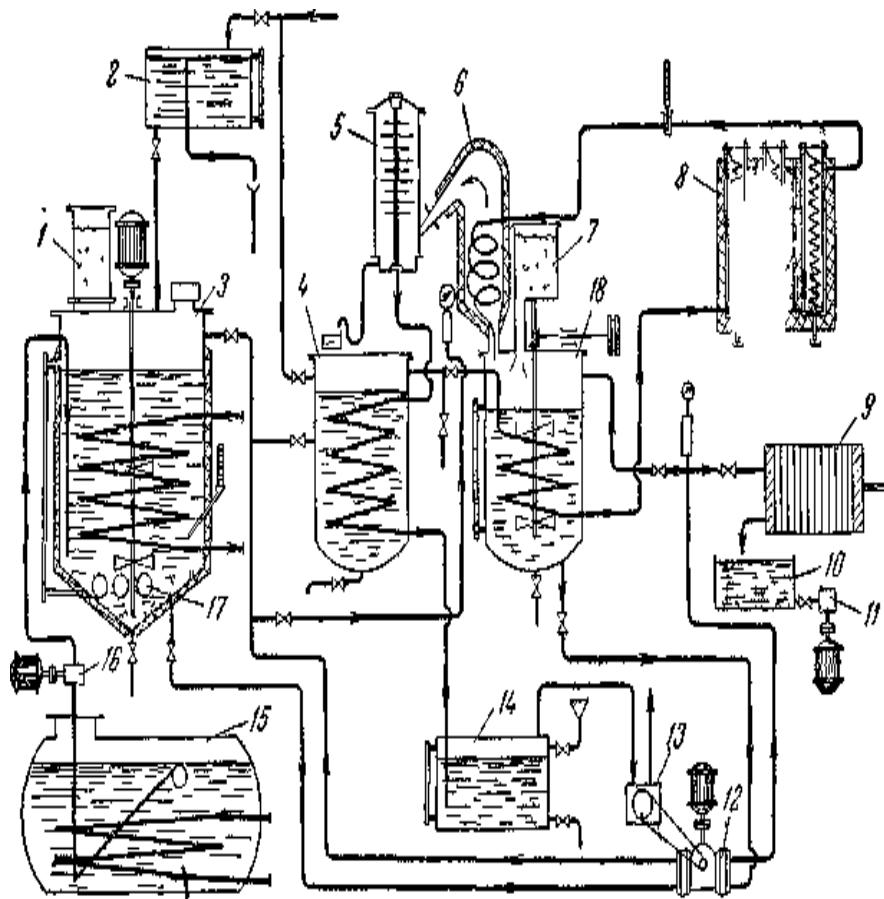


Рис. 5.7 Технологічна схема установки РМ-50-62:

1, 7 — бункери; 2 — бак для води; 3 — мішалка; 4 — теплообмінник; 5 — уловлювач; 6 — випарник; 8 — електропід; 9 — фільтрпрес; 10 — місткість для чистого масла; 11, 16 — насоси РЗ-3; 12 — скальчатий насос, 13 — вакуум-насос; 14 — збірник відгону; 15 — місткість для відпрацьованого масла; 17 — електронагрівач; 18 — мішалка.

На ній можна проводити регенерацію кислих відпрацьованих масел (трансформаторних, форвакуумних і ін.) із застосуванням водних розчинів лужних реагентів. Технічна характеристика установки наступна:

Продуктивність установки по відпрацьованому маслу, кг/год.:

Автомобільне масло .....	50.
Дизельне масло .....	40.
Індустріальне масло .....	80.
Трансформаторне масло.....	90—100.

Загальна споживана потужність, кВт	17,5.
зокрема потужність електропечі, кВт	12.
Витрата матеріалів і реагентів на 1 т сировини, що переробляється:	
вибілюючої глини, кг .....	50—100;
фільтрувального технічного картону (ГОСТ 6722-65), кг.....	4-8;
бельтінга (ГОСТ 2924-67), м <sup>2</sup> .....	0,4;
соди кальцинованої, кг.....	5—10;
вага установки, кг.....	1332;
обслуговуючий персонал, чол.....	1.

Залежно від групи відпрацьованого масла установка РМ-50-62 працює за різними технологічними схемами, які описані нижче.

#### 5.4 Регенерація відпрацьованих масел з двигунів внутрішнього згорання

Відпрацьоване масло заздалегідь обробляють коагулянтами ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , НП-5 і ін.) в спеціальній ємності з конічним дном, забезпеченої нагрівальним (паровим або електричним) і перемішуючим (механічним або повітряним) пристроями. Для збільшення продуктивності і забезпечення безперервної роботи установки доцільно встановити дві місткості, кожен об'ємом 1 м<sup>3</sup>.

За відсутності у споживача спеціальної місткості для коагуляції можна проводити обробку масла і в мішалці установки РМ-50-62. Але при цьому продуктивність установки значно зменшується.

Технологія обробки масел коагулянтами детально описана вище. Відстояне масло після коагуляції піддається регенерації по схемі «масло — глина — вода». Воно нагрівається в мішалці до 80°C паром, що проходить через зміювик, або шляхом циркуляції масла через електронагрівальну піч по схемі: «мішалка — скальчатий насос — електропіч—мішалка». У нагріте масло при безперервному перемішуванні вводиться з бункера вибілююча глина.

Масло з глиною перемішують 15—20 хвилин, потім в мішалку подається вода з розрахунку 5% на сировину. Перемішування масла з глиною і водою продовжують ще 15—20 хвилин до отримання однорідної суспензії «масло — глина — вода». Потім суміш без припинення роботи перемішуючого пристрою забирається скальчатим насосом і подається в електропіч, де нагрівається до температури, що забезпечує відгін з масла фракцій пального і води. Звідси нагріта суміш поступає у випарник циклонного типу, в якому пари пального і води відділяються від масла. Масло з вибілюючою глиною прямує в мішалку, яка в даному випадку служить холодильником, оскільки по її змійовику пропускають проточну водопровідну воду. Охолоджена до температури 160—170°C суміш подається у фільтрпрес.

#### 5.4.1 Установка РМ-50-65

Ця установка відноситься до устаткування універсального типу Крім регенерації відпрацьованих моторних масел (зокрема масел, що не «фільтруються») вона дозволяє відновлювати до первинної якості індустриальні масла всіх марок, а також компресорні, трансформаторні і інші масла.

Технічна характеристика її така:

Продуктивність установки по відпрацьованому  
маслу, л год.

Автомобільне масло.	75
Дизельне масло.	50
Індустриальне і трансформаторне масло.	до 100

Витрата пари на нагрів масла в реакторі і мішалці,  
кг/год. 5

Потужність, кВт:

електропечі	16,5
електродвигуна перемішуючого насоса РЗ-4, 5.	1,7
електродвигуна скальчатого насоса..	0,6
електродвигуна вакуум-насоса ВН-461М	0,6
загальна споживана	22,1
Число фільтрпресів	2
Фільтруюча поверхня рамкового фільтрпреса, м <sup>2</sup>	2
Продуктивність скальчатого насоса (однієї качалки), л/год.	100
Габарити (висота, ширина, довжина), мм :	
реактор	2835 x 3050 x 1520
фільтрпрес	1020 x 1186 x 530
технологічне устаткування	2400 x 2240 x 1330
Вага установки, кг	3064
Обслуговуючий персонал, чол..	1

Установка РМ-50-65 (рис. 5.8) прийнята в серійне виробництво, тому розглянемо її декілька докладніше.

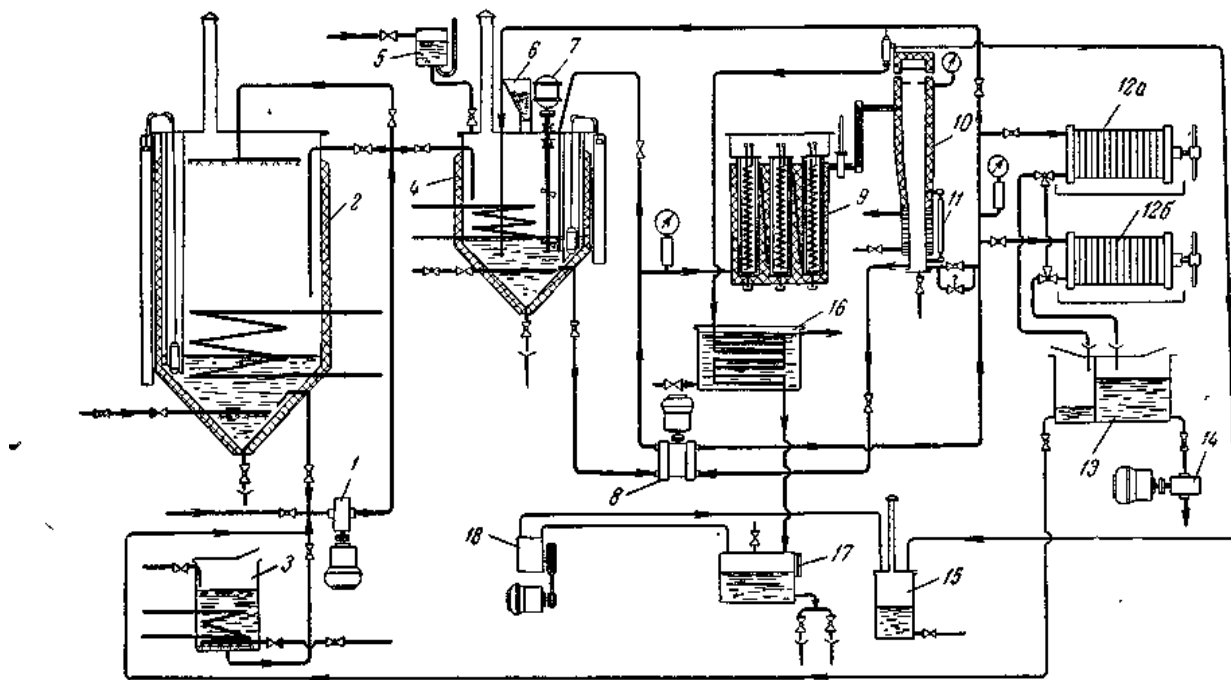


Рис. 5.8 Технологічна схема установки РМ-50-65:

1 — сировинний насос; 2—реактор; 3 — бачок для приготування розчину коагулянтів; 4— мішалка; 5 — водяний бачок; 6 — бункер; 7 — електродвигун перемішуючого пристрою; 8 — скальчатий насос; 9 — електропіч; 10 — випарник; 11 — холодильник; 12а, 12б — фільтрпреси; 13 — проміжний бачок; 14 — насос для готового продукту; 15 — аварійний бачок; 16 — теплообмінник; 17 — збірник відгону; 18 — вакуум-насос.

Основні вузли змонтовані на чотирьох металевих каркасах. Бак для чистого масла, шестеренні насоси і електророзподільний щит, не поміщені на каркаси, встановлюють на місці монтажу установки.

Установка забезпечена контрольно-вимірювальними приладами (манометрами, термометрами), запобіжними клапанами, мірними пристроями і т.п.

Технологічна схема регенерації моторних масел складається з наступних операцій:

- а) обробка масел, що не «фільтруються», коагулянтами;
- б) промивка водою після коагуляції лужними поверхнево-активними речовинами;
- в) послідовна обробка відстояного масла, у тому числі і після коагуляції, вибілюючою глиною і водою з інтервалом 15—20 хвилин для створення однорідної суспензії «масло — глина — вода»;
- г) додаткова контактна обробка масла вибілюючою глиною в системі «електропіч — випарник» в струмі перегрітої водяної пари;
- д) відгін пального і води з масла;
- е) фільтрування масла.

Попередньо відстояне від води і забруднене масло подається шестеренним насосом в реактор.



Реактор (робочий об'єм складає  $1,4 \text{ м}^3$ ) є вертикальною циліндровою ємністю з конічним дном. Установка РМ-50-65 є першою, в комплект якої входить реактор. Масло в ньому нагрівається до  $80^\circ\text{C}$  парою, що проходить по змійовику, обробляється поверхнево-активними речовинами (коагуляція) і промивається водою.

Доцільно обробляти коагулянтами всі відпрацьовані моторні масла, незалежно від ступеня їх забрудненості і фільтруємості. Коагуляція не тільки сприяє деякому поліпшенню якості регенерованого масла (знижує кислотне число і ін. ), але і значно покращує роботу самої установки — продуктивність її підвищується і збільшується тривалість роботи фільтрпреса (однієї зарядки).

Процес попередньої обробки масла коагулянтами з подальшою промивкою водою детально описаний вище.

З реактора відстояне масло після коагуляції і промивки подається в мішалку.

Мішалка (робочий об'єм складає 365 л) є вертикальною циліндровою ємністю з конічним дном, краном для спуску залишку і плоскою кришкою з відкидною частиною. На кришці встановлені бункер для вибілюючої глини, бачок для води, витяжна вентиляційна труба, механізм для показчика поплавця рівня і електродвигун приводу перемішуючого пристрою. У середині мішалки знаходиться перемішуючий пристрій, паровий змієвик для нагріву масла, маточник для подачі стислого повітря і труба показчика поплавця рівня.

У мішалці масло знову підігрівається до температури  $80^\circ\text{C}$  парою, що проходить по змійовику. Можна також нагрівати масло шляхом прокачування його через електропіч по схемі «мішалка — скальчатий насос — електропіч — мішалка». У підігріте масло з бункера засипають вибілюючу глину (до 5% до ваги масла). Одночасно включають

електродвигун перемішуючого механізму. Тривалість перемішування складає 15—20 хвилин. Потім в мішалку додають воду (до 5% до ваги масла, з урахуванням вмісту води в маслі). Перемішування масла з вибілюючою глиною і водою продовжується ще 15—20 хвилин до утворення однорідної суміші (пульпи). При безперервно працюючому перемішуючому пристрої суміш подається скальчатим насосом на циркуляцію для виходу установки на режим по схемі «електропеч — випарник — скальчатий насос — мішалка». Циркуляція суміші продовжується 15—25 хвилин до досягнення на виході з електропечі температури масла, що забезпечує відгін паливних фракцій (для дизельного масла це температура, яка дорівнює 300°C, для автомобільного масла температура складає 240—250°C). При циркуляції необхідно стежити, щоб температура масла в мішалці не перевищувала 90°C. При виході установки на робочий режим воду в сорочку холодильника випарника не подають.

Після виходу на режим установка працює таким чином. Нагріта суміш з електропечі поступає в циклонний випарник для відділення пари пального і води. Випарник працює при розрідженні 125—150 мм рт. ст. Він складається з верхнього порожнистого циліндра, конуса і нижнього циліндра, що є частиною водяного холодильника. У верхній частині випарника встановлені дві відбійні тарілки, що запобігають винесенню парами води і пального частинок масла і вибілюючої глини.

У середню частину верхнього циліндра по дотичній до його поверхні з великою швидкістю (10—20 м/сек.) подають масляну суміш. Поступальна хода суміші без ударів і завихрень перетворюється в обертальний рух. Відцентрові сили, що розвиваються при цьому, відкидають масло і частинки вибілюючої глини до бічної поверхні, по якій вони стікають вниз. Пари пального і води, що опинилися в середній частині потоку, відсмоктуються вакуумом-насосом ВН-461М через верхню частину випарника в холодильник і

збірник відгону, куди поступає вже конденсат. Слід зазначити, що циклонний випарник простіший у виготовленні і в обслуговуванні, ніж тарілчастий, і більш ефективний в роботі.

Масло разом з вибілюючою глиною з нижньої частини випарника, де воно охолоджується до температури 150—160°C, направляється на фільтрацію. Першу порцію масла, що витікає з фільтрпреса (20—25 л) збирають в менший відсік збірки чистого масла і за допомогою шестеренного насоса повертають в мішалку. Потім потік фільтрованого масла направляють у відсік збірки і у міру його накопичення перекачують шестеренним насосом в загальну ємність регенованого масла (на схемі не вказана).

У таблиці 5.8 приведені дані про якість автомобільного масла, регенованого на установці по методу «масло — глина (5%) — вода (5%)» з попередньою обробкою 10% водним розчином кальцинованої соди — 5% (досліди 3 і 4) і без неї (досліди 1 і 2), а в таблиці 5.9 — дані про якість дизельних масел і масла МТ-16П. Температура масла МТ-16П на виході з печі досягала 300°C.

Таблиця 5.8 Показники якості автомобільного масла, регенованого на установці РМ-50-65

Показники	Відпрацьоване масло	Регеноване масло			
		дослід І	дослід 2	дослід 3	дослід 4
В'язкість 100, сСт	7,19	8,58	8,60	8,56	8,58
Кислотне число, міліграм КОН/г	0,92	0,42	0,39	0,22	0,20
Температура спалаху (у відкритому тиглі), °С.	172	210	212	210	212

	1,096	0,62	0,60	0,47	0,50
	0,111	0,001	0,001	0,009	0,0085
Зміст, %:					
механічних домішок	0,4088	0,0012	0,0016	0,002	0,0016
води	0,09	Відсутність			
асфальтенів	0,1636	0,0012	0,0016	0,002	0,0016
Реакція водної витяжки	Кисла			Нейтральна	

#### 5.4.2 Установка РМ-100

Універсальна установка РМ-100 (рис. 5.9) призначена для відновлення відпрацьованих моторних, індустріальних, форвакуумних, компресорних і інших масел.

Технічна характеристика установки приведена нижче:

Продуктивність установки по відпрацьованому маслу, кг/год.:

автомобільне масло 120;

дизельне масло 100;

індустріальне і трансформаторне масло 200.

Потужність установки, кВт:

загальна споживана 29;

електропечі 25;

електродвигуна перемішуючого пристрою мішалки 1,0;

електродвигуна скальчатого насоса 1,0;

електродвигуна вакууму-насос 1,0.

Витрата пари для нагріву масла в мішалці, кг/год. 3,2.

Продуктивність скальчатого насоса (однієї скельки), л/год. 230.

Фільтруюча поверхня рамкового фільтрпреса, м<sup>2</sup> 2.

Число фільтрпресів 2.

Обслуговуючий персонал, чол..	2.
Витрата матеріалів і реагентів на 1 т сировини:	
вибілюючої глини, кг	50—70;
фільтрувального технічного картону (ГОСТ 6722-65), кг	4-8;
бельтінга (ГОСТ 2924-67), м <sup>2</sup>	0,4;
сода кальцинованої, кг	5—10.
Габарити (висота х ширина х довжина), мм:	
технологічне устаткування	2825 X 1400 X 2800;
мішалка	2710 X 1400 X 2200;
фільтрпреси (два)	1050 X 2500 X 1800.
Вага установки, кг	3553.

В комплект установки РМ-100 крім основного технологічного устаткування входять також два ротаційно-зубчасті насоси РЗ-3, збирання чистого масла і електророзподільна шафа з потенціометром, вмонтовані по місцю експлуатації. Вузли змонтовані на чотирьох металевих каркасах: на першому — технологічне устаткування (електронагрівальна і відгоночна системи), на другому — мішалка з перемішуючим пристроєм, на третьому і четвертому

Таблиця 5.9 Показники якості дизельного масла і масла МТ-16П, регеноерованого на установці РМ-50-65

Показники	Дизельне масло			Масло МТ-16П	
	Відпрацьоване *	Регеноероване		Відпрацьоване	Регеноероване
		дослід 1	дослід 2		
В'язкість 100, сСт	9,06	10,48	10,46	12,2	15,9
Кислотне число, міліграм КОН/г	0,37	0,13	0,11	0,38	0,19
Температура спалаху (у	186	216	214	120	229

відкритому тиглі), °C					
	2,13	0,52	0,53	0,81	0,54
	0,41	0,01	0,01	0,27	0,02
Зміст, %: механічних домішок	1,511	0,0024	0,003	0,273	Відсут- ність
сумарних домішок **	1,675	0,0048	0,0038	-	
зокрема неорганічних	0,298	0,0012	0,0004		
карбонів і карбоїдів	1,212	Відсут ність	0,0026	-	-
асфальтенів	0,165	0,0036	0,0008	-	-
води	0,9	Відсутність			
	0,188	0,015	0,019	-	
Реакція водної витяжки	Нейтральна				

\* Відпрацьоване масло заздалегідь оброблене 5% лужними коагулянтами 10%-ним водним розчином кальцинованої соди).

\*\* Визначення домішок для дизельного масла проводилося із застосуванням бензолу.

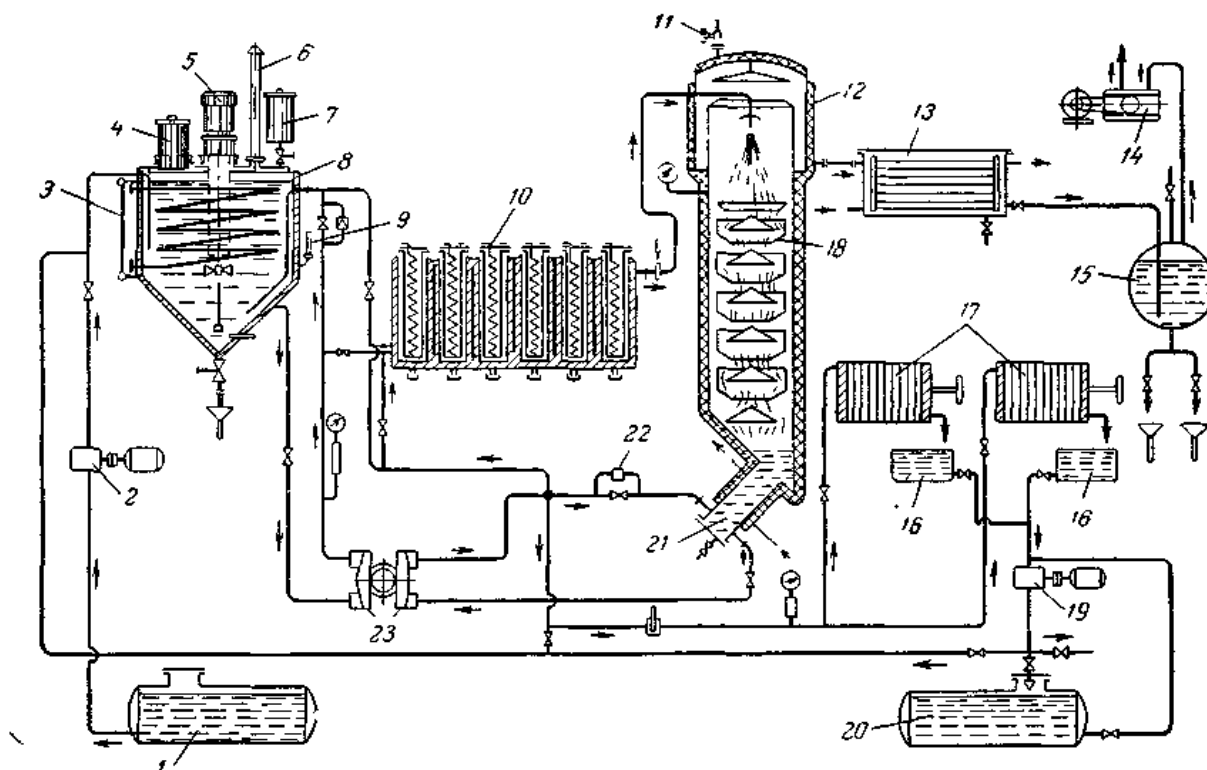


Рис. 5.9 Технологічна схема установки РМ-100:

1 — місткість відпрацьованого масла; 2, 19 — шестеренні насоси РЗ-3;  
 3 — масло вимірне скло; 4 — бункер; 5 — електродвигун; 6 —  
 вентиляційна труба; 7 — бак для води; 8 — мішалка; 9 — термометр; 10  
 — електродігрівач; 11 — запобіжний клапан; 12 — випарник; 13 —  
 холодильник; 14 — вакуум-насос; 15 — збірник відгону; 16 — збірник  
 чистого масла;  
 17 — фільтрпреси; 18 — тарілки для збільшення поверхні випаровування;  
 19, 20 — місткість для чистого масла; 21 — холодильник випарника;  
 22 — редукційний клапан; 23 — скальчатий насос.

— фільтрпрес.

Регенерація здійснюється по схемі «масло — глина — вода» з попередньою обробкою масел, що не «фільтруються», поверхнево-активними речовинами, яка проводиться в додатковій місткості, а не в мішалці установки (робочий об'єм складає  $1,0 \text{ м}^3$ ). Місткість для обробки

масла коагуляціями повинна бути забезпечена нагрівальним і перемішуючим пристроями. Масло, заздалегідь оброблене розчином коагуляції і відстояне, подають на регенерацію в мішалку установки. Температура підігріву масла в мішалці складає 70—80°C. Витрата вибілюючої глини не перевищує 5—7% від ваги масла. Суміш перемішують 15—20 хвилин після чого додають воду (до 5% від ваги масла з урахуванням вмісту води у відпрацьованому маслі) і додатково перемішують 15—20 хвилин. Масла (автомобільні і дизельні) нагрівають в електropечі до температури 240—300°C. Випарник працює при розрідженні 100—150 мм рт. ст.

Суміш масла з вибілюючою глиною з нижньої частини випарника подається у фільтрпрес при температурі 140—150°C.