ББК 1543.920.71

УДК 66.067:577.212

Г.П.Карабцов, Л.П. Хлистун, Ю.О. Бейко, В.І. Вовк, В.М. Жуков, Т. В. Алатірьова

ТЕХНОЛОГІЯ ЧАСТКОВОЇ РЕГЕНЕРАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МАСЕЛ

Розроблено технологію використання відпрацьованих масел способом їх часткової регенерації з встановленням норм змішування зі свіжими маслами.

Для забезпечення української економіки щорічно необхідно 600–700 тис. т різноманітних змащувальних масел, причому більше половини припадає на долю моторних масел. Виробництво моторних масел є найбільш наукоємним та потребує значних коштів, оскільки до нього пред'являють дуже високі технічні вимоги.

Асортимент масел, які використовуються в Україні, налічує 94 найменування і тільки деякі з них випускаються на заводах.

Вартість витрачених масел складає значну частину національного доходу. В ситуації, що склалася, повторне використання відпрацьованих масел є важливою економічною проблемою.

В теперішній час всі відпрацьовані масла утилізуються і відправляються на нафтопереробний завод і подаються на переробку разом з нафтою. По суті в Україні відсутні технології регенерації масел. Збір і утилізація масел, доставка їх на НПЗ і повторна переробка є ірраціональним технологічним процесом. Відпрацьовані масла доцільніше регенерувати на місцях використання за допомогою мобільних установок. Однією з основних причин погіршення властивостей масел є попадання в них вологи, а видалення її пов'язано із значними труднощами.

Крім розчиненої води, в маслах може бути присутня вода у вигляді емульсії і у вільному стані. Вільна вода є джерелом утворення емульсії.

Через високу поверхневу активність на поверхні води адсорбуються дрібні частинки забруднень, що утворюють протягом певного відрізку часу великі накопичення.

Корозійні процеси, що протікають в маслах у присутності води, призводять до утворення твердих продуктів корозії, які забивають фільтри та отвори малого діаметру в агрегатах масляних систем.

Підвищення кислотності масел залежить від наявності у ньому води; збільшується піноутворення, яке сприяє їх мікробіологічному зараженню.

Високі вимоги до якості масел, що заправляються, на фоні обмеженості ресурсів та високої їх вартості диктує необхідність використання ефективних засобів обезвожування, які не потребують значних коштів.

Попередні дослідження проводились авторами з метою оцінки можливості здійснення описаних вище технологічних процесів, а також для відпрацювання способів і методів контролю параметрів роботи устаткування.

В лабораторіях КМУЦА розроблено технологію використання відпрацьованих масел шляхом їх часткової регенерації з наступним встановленням норм змішування із свіжими маслами, тобто відпрацьовані масла утилізуються за типами і на місці використання частково регенеруються.

Суть часткової регенерації полягає у старанному осушенні відпрацьованих масел і одночасному видаленні з них легких (паливних) фракцій шляхом барботування через шар масла сухого і нагрітого до визначеної температури нейтрального газу з наступним очищенням масла від механічних домішок за допомогою електроочисників.

Автори створили генератори нейтрального газу (ГНГ) і електроочисники вуглеводневих рідин, які дозволяють використовувати високоефективну технологію часткової регенерації масел безпосередньо на місцях використання. Частково регенероване таким чином масло у визначеній пропорції можна додавати у двигун і зі свіжим маслом готувати маслосуміші. Після вивчення властивостей частково регенерованих масел і маслосумішей можна встановити норми змішування.

Припускаємо, що доля частково регенерованих масел у суміші із свіжим маслом може досягати 50 % без зниження надійності та довговічності двигунів та механізмів.

Впровадження технології часткової регенерації масел на місцях їх використання дозволяє відмовитись від збору зі всієї України та доставки на НПЗ відпрацьованих масел, що потребує надто великих коштів, і скоротити потреби у виробництві базових масел.

Обезвожування масел шляхом масообміну базується на явищі динамічної рівноваги між водою, що емульгується та розчинюється у маслі, та вологою, яка міститься у контактуючому з ним газі (повітря, азот та ін.).

Інтенсивність обезвожування характеризується коефіцієнтом масопереносу, який залежить від об'єму масла, фаз та різниці концентрацій вологи в маслі і в газі (з урахуванням коефіцієнта розчинності), яка є рушійною силою процесу.

Із багатьох масообмінних пристроїв пропонується пристрій барботажного типу як найбільш простий та ефективний. Суть процесу полягає у масопереносі вологи з масла в бульбашки повітря, що підіймається в середовищі масла з отворів перфорованого трубчатого колектора, розташованого на дні масляного резервуара. Повітря в колектор подається примусово, з попереднім його осушенням. Масообмінна обробка масла складається з двох технологічних процесів – масообміну між маслом та повітрям і осушування повітря.

Повітря подається в перфорований колектор, який знаходиться в середовищі масла, що заповнює резервуар на 90 %. Повітря, яке виходить з колектора у вигляді бульбашок, надходить в надмасляний простір, з якого знову потрапляє на вхід повітрядувки, при цьому повітря проходить повз осушувальну камеру, яка розділяється по горизонталі перегородкою, що складається з трьох паралельно розміщених ребристо-трубчатих випарювачів, на два відсіки.

В нижній відсік надходить повітря, що вміщує пару води. Проходячи повз ребристо-трубчаті випарювачі, повітря частково охолоджується; при цьому волога, що міститься у ньому, дисублімується на холодних поверхнях випарювачів.

Осушене повітря збирається з верхнього відсіку повітродувкою і знову надходить в зону контакту з маслом. Кратність циркуляції повітря по кільцю "масло - осушувач" визначається подачею повітрядувки та складає 13–16 $м^3$/г на 1 $м^3$ масла.

Глибина обезвожування, тобто рівень остаточного вологовмісту масла, визначається глибиною осушування повітря, який залежить від температури випарювання хладону в трубках випарювача.

Випробування дослідної масообмінної установки показали, що її працездатність відповідає конструктивним та технологічним рішенням.

Установка дозволяє ефективно вилучати з масла емульсійну та більшу частину розчиненої води до рівня матеріальної рівноваги, що відповідає точці роси повітря , що продувається.

Залежність зміни обводненості масла від роботи повітродувки показує, що видалення з масла емульсійної води проходить достатньо інтенсивно (у всіх експериментах видалення емульсійної води один час – менше одного грама), а швидкість видалення розчиненої води має вигляд експоненціальної залежності.

Таким чином, в подальших дослідженнях основну увагу необхідно приділити підвищенню інтенсивності видалення розчиненої води.

Надійність та довговічність двигунів залежить від умов змащування деталей тертя і достатнього та рівномірного відводу тепла. Змащування поверхонь тертя необхідне для змен-

шення тертя та спрацювання деталей, захисту їх від корозії, видалення із зони тертя частинок зносу. Навіть короткочасна перерва в подачі масла призводить до перегріву двигуна, руйнування підшипників, заклинення ротора турбореактивного двигуна, відриву шатунів поршневого двигуна, а іноді й до повного руйнування двигуна. Масло маслосистем, крім того, використовується для автоматичних пристроїв керування двигунами, а у літаків з поршневими та турбогвинтовими двигунами – для керування повітряними гвинтами.

Встановлено [1], що в агрегатах масляної системи двигунів переважним є абразивний знос, який, в свою чергу, залежить від вмісту твердих нерозчинних домішок. Абразивні частинки викликають найбільший знос підшипників та шийок валів. Це зумовлено тим, що до підшипників валів двигунів (як поршневих, так і турбореактивних) подається найбільша кількість масла. Знос циліндрів та поршневих кілець, викликаний абразивними частинками, що надійшли безпосередньо в масло, приблизно в 10 разів більше зносу, викликаного дією такої ж кількості абразиву, який поступає в двигун з повітрям.

Можна також відмітити, що розмір частинок абразиву, який знаходиться у маслі, порізному впливає на спрацювання деталей масляної системи. Знос буде тим інтенсивніший, чим більші розміри частинок механічних домішок, але ця тенденція зберігається лише до розмірів порядку 30–40 мкм. Якщо розміри частинок більші ніж приведені, знос постійний [2].

Існує думка, що дуже дрібні частинки (біля 1 мкм) зовсім не проявляють руйнівної дії на деталі двигуна. Сильніше всього впливають на знос пар тертя частинки розміром 15–30 мкм.

Конструкція для очищення рідини від частинок забруднень повинна задовольняти таким вимогам:

– забезпечення високої тонкості фільтрації;
– малий гідравлічний опір;
– велика гряземісткість;
– низька вартість;
– невеликі вага та габарити;
– наявність автоматичного захисту від підвищеного перепаду тиску та сигналізації по забрудненості;
– мінімальний обсяг робіт по обслуговуванню.

Всі існуючі способи очищення рідин від механічних нерозчинних домішок можна розділити на дві групи.

До першої групи належать всі методи, в основу яких покладено принцип пропускання рідини через пористу перегородку (процес фільтрації), до другої – всі засоби очищення рідин в силових полях.

За способом утримання забруднюючих домішок фільтри розділяються на об'ємні та поверхневі. Об'ємні фільтри затримують частинки як на поверхні фільтруючого елемента, так і в товщі матеріалу, поверхневі фільтри – на поверхні фільтруючих елементів, для яких використовуються різноманітні сітки, а також папір та тканини.

Матеріалом для виготовлення елементів об'ємних фільтрів є картон, волокно, кераміка, металокераміка та інші. Гряземісткість об'ємних фільтрів вище поверхневих, а тому термін їх служби вище.

В залежності від ступеня очищення рідини фільтри розділяються на фільтри грубого (надійно утримують частинки розміром більше ніж 12–15 мкм) та тонкого очищення (розмір частинок, що утримуються, менше ніж 10 мкм). Найбільш ефективними фільтрами тонкого очищення є металокерамічні, керамічні та фільтри, елементи яких виготовлені з волокнистих пресованих матеріалів та пластмас із високопористою структурою. Тонкість очищення зазначених фільтрів може досягати 1–3 мкм. Основною перешкодою на шляху широкого використання фільтрів тонкого очищення та розвитку техніки фільтрації є закономірний ріст величини гідравлічного опору в міру покращання тонкості очищення.

В останні роки почали розвиватися нові засоби очищення - очищення в силових полях. Основною перевагою силових очищувачів рідин порівняно з фільтрами є відсутність в них змінних фільтруючих елементів та малий гідравлічний опір.

В залежності від природи силового поля існує декілька типів очищувачів: магнітні, електричні, гравітаційні, центробіжні та комбіновані. Принцип, який закладено в основу цих очищувачів, є використання різних полів: гравітаційного, електричного, магнітного та поля центробіжних сил.

Основною перешкодою на шляху розвитку очищувачів є їх вага та габарити, а також необхідність (в деяких випадках) спеціального джерела енергії. Для частково регенерованих масел автори використовують конструкцію електроочисника, розроблену в КМУЦА.

Попередні дослідження, проведені авторами, дозволили спроектувати та виготовити електричні очисники для очищення моторного масла (ЕОМ).

Електроочисник складається з корпуса, кришок, пакету осаджувальних електродів, ізоляційних перегородок, повітряного клапану, центруючих діафрагм, проводки, електроживлення та деталей кріплення. В кришках очисника є отвори для підводу та відводу рідини, що очищується. Осаджувальні електроди, виготовлені у вигляді круглих пластин із прорізами і покриті тонким шаром електроізоляційного матеріалу, разом із діелектричними перегородками утворюють чарунки – накопичувачі забруднень прямокутного перерізу. Пакет осаджувальних електродів з двох сторін відокремлено діафрагмами, які виготовлені з діелектричного матеріалу і центрують його у корпусі очисника. В діафрагмах є прорізи для проходу рідини, що очищується. В нижній точці корпуса електроочисника знаходиться патрубок для зливу рідини із внутрішньої порожнини при регенерації.

Збирання осаджувальних електродів у пакет виконується таким чином, що забезпечує чергування потенціалу пластин «+», «-«, «+», «-« і т.ін. Пакет стягується шпильками, які одночасно виконують роль шин, що підводять струм. Одна з них з єднується з позитивними, а інша – з негативним контактами джерела постійного струму високої напруги. Осаджувальні електроди розташовані перпендикулярно потоку рідини, що очищується.

Живлення струмом очисника здійснюється джерелом постійного струму високої напруги через контактний перемикач, який змінює режим живлення осаджувальних електродів, що необхідно при регенерації очисника.

При підключенні електроочисника до джерела живлення між сусідніми електродами створюється різниця потенціалів і в очиснику утворюється неоднорідне електричне поле, під дією якого частинки забруднень надходять із потоку в чарунки-накопичувачі і осаджуються у них на поверхні електродів. Чарунки-накопичувачі забруднень розміщені в глухих каналах, і тому накопичені в них забруднення не знаходяться під дією швидкісного потоку, не можуть бути вимитими і потрапити у чисту рідину.

При роботі електроочисника необхідно через визначені проміжки часу видаляти з нього забруднення, які накопичились в чарунках-накопичувачах. Конструкція ЕОМ дозволяє здійсню-

вати таке очищення від забруднень без демонтажу та розбірки очисників. З цією метою зібрані в пакет та встановлені в корпусі з'єднуючі електроди розміщується таким чином, щоб подовжні прорізи були орієнтовані зверху вниз, а корпус очисника був розміщений під невеликим кутом (15–20 °) до площини горизонту. Штуцер зливу рідини з внутрішньої порожнини повинен знаходитися у крайньому нижньому положенні, що необхідно для регенерації.

Регенерація здійснюється у такій послідовності.

1. Припиняється прокачка рідини через очисник і перекриваються крани, що встановлені на вході та виході.

2. На електроди очисника подається змінний струм із частотою 2–3 Гц, під дією якого частинки забруднень, які накопичились в чарунках, відриваються від поверхні з'єднуючих електродів і починають здійснювати коливальні рухи між електродами із частотою підведеного струму.

3. Відкривається кран зливу рідини із внутрішньої порожнини очисника і разом з рідиною, яка зливається, видаляються частинки забруднень, що накопичені в електроочиснику. Кількість залитої рідини при регенерації дорівнює одному чи двом об'ємам внутрішньої порожнини очищувача. Повітряний клапан, який вмонтовано у верхній точці електроочисника, призначений для з'єднання внутрішньої порожнини електроочисника з атмосферою під час заповнення очисника робочою рідиною. В конструкцію повітряного клапану входять корпус, поплавок та кінцевий вимикач.

Розглянемо роботу повітряного клапана. Під час заповнення електроочисника рідиною поплавок повітряного клапана знаходиться у крайньому нижньому положенні і повітря із внутрішньої порожнини виходить в атмосферу через спеціальні отвори. Після заповнення внутрішньої порожнини очисника робочою рідиною корпус клапана також заповнюється рідиною, поплавок спливає і спеціальний запірний пристрій роз'єднує внутрішню порожнину з атмосферою. Водночас із цим шток поплавка натискає кнопку вимикача, який вмонтовано у повітряний клапан, і останній замикає ланцюг живлення очисника. Електроочисник готовий до роботи.

Таким чином, в результаті досліджень показано, що надійність і довговічність роботи двигунів залежать від умов змащування і самого масла; встановлено, що основною причиною спрацювання двигунів є абразивний знос (найбільший вклад в цей процес вносять частинки розміром 15–30 мкм); визначено вимоги, що пред'являються до конструкції електроочисників, основними з яких є: забезпечення високої тонкості фільтрації, малий гідравлічний опір, велика гряземісткість, низька вартість, мала вага та габарити, наявність захисту від високого перепаду тиску та сигналізації по забрудненню, мінімальний обсяг робіт по обслуговуванню.

Список літератури

1. *Жебровский С.П.* Электрофильтры. –М.: Госэнергоиздат, 1962.

2. *Бершев Е.Н. и Андросов В.Ф.* Применение электрических полей в текстильной промышленности. –М.: Легкая индустрия, 1968.

Стаття надійшла до редакції 3 квітня 2000 року.