

УДК 621.89

## ЗМІНИ СТАНУ МАСТИЛЬНИХ ОЛИВ НАФТОГАЗОПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

*І.І.Шостаківський*

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел./факс (03422) 994419  
e-mail: sihor@ifdtung.if.ua*

*Рассмотрены роль смазочных материалов, общие тенденции и проблемы их использования для нефтегазопромышленного оборудования на примере предприятий ОАО «Укрнафта». Проанализированы и продемонстрированы механизмы изменений в смазочных маслах в процессе их эксплуатации, а также важность контроля происходящих изменений для нормальной работы нефтегазопромышленного оборудования.*

*The role, general tendencies and problems of the oil-and-gas equipment lubricant oils usage are considered on a cite as an example of JSC "Ukrnafta" enterprises. General mechanisms of lubricant oils changes during the exploration, and the importance of the mechanisms' control for the reliable oil-and-gas equipment work are analyzed and demonstrated.*

Історія використання техніки нерозривно пов'язана з пошуком, виробництвом та використанням мастильних матеріалів. В переважній більшості надійність вузлів тертя та їх високі трибологічні властивості забезпечують необхідну працездатність машин та обладнання загалом. Відомо, що 85% машин виходять з ладу через спрацювання елементів пар тертя. Так, наприклад, трибоспрямлення, складаючи лише 10% від ваги бурового обладнання, є причиною більш ніж 90% відмов. Оливи, пластичні мастила та їх композиції останнім часом стали предметом детального вивчення у двох основних напрямках: по-перше, як невід'ємна деталь будь-якого механізму, його конструктивний елемент і, по-друге, як нафтопродукт, який, з одного боку, є результатом складного і тривалого процесу, а з іншого, – сировиною для подальшої переробки (базові та відпрацьовані оливи). Ці, на перший погляд, окремі напрямки є нерозривно і надзвичайно складно пов'язані між собою. Так, наприклад, ефективне використання мастильних матеріалів як складової деталі нафтогазопромышленного обладнання, забезпечуючи надійність, довговічність і герметичність останнього, неминуче відіб'ється на продуктивності та якості виробництва і переробки нафтопродуктів, а використання відпрацьованих оливи і мастил як сировини та палив, як показав зарубіжний досвід, дасть змогу економити нафтову сировину, кошти підприємств та вирішити ряд екологічних питань. Правильний вибір мастильних матеріалів, зокрема оливи, та контроль за їх трибологічними властивостями в процесі експлуатації є одним із основних напрямків збільшення ресурсу роботи обладнання і являє собою складне науково-технічне завдання.

За різними оцінками мастильні матеріали становлять лише від 1 до 3% від загального споживання нафтопродуктів, проте вони відрізняються надзвичайно великим розмаїттям асортименту і широким компонентним складом, зокрема, асортимент моторних, трансмісійних, гідравлічних, турбінних, компресорних, авіа-

ційних, електроізоляційних та інших оливи, що виробляються на українських підприємствах, становить понад 200 найменувань, у тому числі моторних і трансмісійних оливи – близько 65. Світовий обсяг споживання мастильних матеріалів з врахуванням 1,3 млн. тонн складських запасів оцінюється на рівні 40 млн. тонн на рік, в тому числі оливи – близько 36,5 млн. тонн. Слід зауважити, що використання регенованих оливи досягає 2,3-5,9% від загального обсягу споживання базових оливи. За різними експертними оцінками в Україні у найближчі роки можна очікувати попит на мастильні оливи до 900 тис. тонн на рік, а потреба, зокрема, в трансмісійних оливах сягає не менше 50000 тонн. В межах нафтогазової галузі України ілюстративним може бути такий приклад: за даними ВАТ «Укрнафта» в системі УБР експлуатується 156 бурових насосів типу УНБ-600 з ємністю масляної системи 300 л. Згідно з «Нормами расхода материалов для нефтегазодобывающих предприятий объединения «Укрнефть» норма витрат оливи на заміну становить 1200 л на рік або 50 г на 8 годин роботи, таким чином, сумарна одноразова заправка масляної системи становить 46,8 м<sup>3</sup>, а витрата на заміну 187,200 м<sup>3</sup>. Таким чином, тільки по одному виду обладнання – бурових насосах типу УНБ 600 витрачається близько 230 тонн оливи на рік, а, наприклад, в одному Долинському УБР загалом на всіх видах обладнання за рік споживається близько 200 тонн оливи.

Сучасні оливи і мастила це складні системи глибшкоряфінованих базових оливи вакуумної перегонки нафти, синтетичних компонентів або їх сумішей з різними композиціями функціональних присадок і модифікаторів властивостей. Їх роль та вплив заслуговують особливої уваги.

На даний час існує безліч систем, методів та показників для оцінки мастильних матеріалів, проте, жоден з них не може повною мірою задовольнити потреби споживачів. Основним підходом визначення часу використання оливи і мастил у техніці є споживання мастильних ма-

теріалів відносно витрати палив. На підприємствах заміна оливи як профілактична операція та її списання на обладнанні здійснюється за напрацюванням, встановленим заводом-виробником або пропорційно використанню паливних матеріалів. Наприклад, для бурових дизелів норми списання становлять 7% від витрат дизельного палива для двигунів після капітального ремонту і 5% для нових (за даними підприємств ВАТ "УКРНАФТА"). Слід зазначити, що на нафтогазовидобувних підприємствах для визначення витрат мастильних матеріалів до цього часу використовують "Норми расхода материалов для нефтегазодобывающих предприятий объединения «Укрнефть»", затверджені у 1985 році, які у відповідних розділах повністю повторюють "Нормы расхода горюче-смазочных материалов для эксплуатации оборудования на предприятиях объединения «Укрнефть»", затверджені у 1979 році. Таким чином, можна констатувати, що за останні 22 роки в системі використання мастильних матеріалів у нафтогазовидобувній галузі не відбувалося істотних змін. Ситуація загострюється ще й тим, що в країнах СНД і в Україні, зокрема, для регламентації властивостей оливи досі використовують розроблений та впроваджений в СРСР в 1987р. ГОСТ 17479-85, в той час як за останні роки було розроблено і створено численні види мастильних матеріалів, а в загальноприйнятій (крім СНД) специфікації API з'явилися нові класи оливи, яким немає аналогів у вітчизняних нормативних документах. Це, зокрема, такі класи як J, F.

Реальні умови експлуатації мастильних оливи є дуже різноманітними, тому регламентна заміна без оцінки якості може бути як передчасною, так і запізнілою. Крім того, існує поширена практика заміни необхідного сорту оливи на інший за принципом "що є те й заливаємо" без відповідного порівняльного аналізу трибологічних і хімотологічних характеристик оливи-замінника. Зокрема, наприклад, в бурових дизельних двигунах типу В2 повинна використовуватися олива М20В<sub>2</sub> ГОСТ23497-79, допускається використання МТ-16П ГОСТ 6360-83, натомість використовується М14В<sub>2</sub> (М4032) (за даними Долинського УБР), стан якої і відповідно стан змащованого нею обладнання не може бути об'єктивно передбачений на кінець регламентного терміну, що неминуче призводить до підвищення інтенсивності спрацювання вузлів і механізмів.

Отже, вибір параметрів, що дають змогу характеризувати інтенсивність старіння оливи і давати заключення щодо його придатності, і самі механізми цих процесів викликають великий практичний інтерес. Сучасні критерії і методи оцінки властивостей мастильних оливи повинні об'єктивним чином характеризувати їх експлуатаційну придатність як у період зберігання, транспортування, так і у процесі роботи. В переважній більшості робіт проводиться окремо аналіз змін основних властивостей мастильних оливи у лабораторних умовах і оцінка

експлуатаційної придатності цих оливи, виконувана за допомогою моторних випробовувань.

Для уточнення понять і формулювань в галузі визначення напрямків змін вимірюваних оціночних критеріїв стану мастильних оливи необхідно визначити напрямки змін стану цих рідин з врахуванням можливих експлуатаційних впливів на них. З аналізу досвіду різних трибологічних і хімотологічних шкіл впливає подана нижче система поглядів на питання зміни стану мастильних оливи у різних умовах експлуатації.

Стан мастильної оливи слід визначати як макроскопічну суперпозицію тимчасових змін фізико-хімічних властивостей, що відбуваються в процесі експлуатації. Хімічні і термічні чинники впливають на оливи постійно і призводять до незворотних змін. Оливи, які працюють у машинах і устаткуванні, що не є тепловими об'єктами (компресори, ротори, насоси, редуктори та ін.), нагріваються за рахунок тепла, яке виникає у вузлах тертя. Одним із завдань таких оливи є відвід цього тепла, проте слід категорично розрізняти їх умови роботи і умови роботи моторних оливи, оскільки температура, якої вони досягають, значно нижча, ніж температура моторних оливи (наприклад, у камері згоряння), а зміни стану оливи на нетеплових об'єктах відбуваються переважно за рахунок процесів окислювання.

Навіть ідеально підібрана для даного устаткування олива, що повністю відповідає експлуатаційним впливам, знаслідок постійних змін стану – старіння (коксу- і смолоутворення – процеси окислювання і термічного впливу) – з часом стає повністю непридатною для експлуатації. Підбір оливи для обладнання повинен враховувати зміни стану цієї оливи в часі і впливаючі з них зміни стану змащованого обладнання таким чином, щоб приблизно в половині передбаченого часу працездатності оливи її стан оптимально відповідав вимогам устаткування. Зміни стану мастильних оливи під час роботи можна схематично зобразити, як на рис. 1.

Як видно з рис. 1, олива виконує свої функції до моменту втрати мастильних властивостей. Їх зникнення відбудеться тоді, коли продукти смолоутворення і конденсації стануть домінуючими відносно незмінних компонентів оливи. Досягнення оливою критичного стану легко реалізувати в лабораторних умовах. Олива, що досягла цього стану, не може застосовуватися ні для якого устаткування, а час переходу від початкового до критичного стану є потенційним періодом її застосування як мастильної рідини.

Граничного та критичного (аварійного) стану мастильна олива досягає в результаті впливу конструкційних і експлуатаційних параметрів вузла тертя. Граничного стану буде досягнуто, якщо відбудеться відмова змащованого устаткування (задир) або якщо в результаті спрацювання у ньому виникнуть зміни, які перевищать прогнозовані значення спрацювання, що призведуть до необхідності ремонту устаткування. Після досягнення граничного

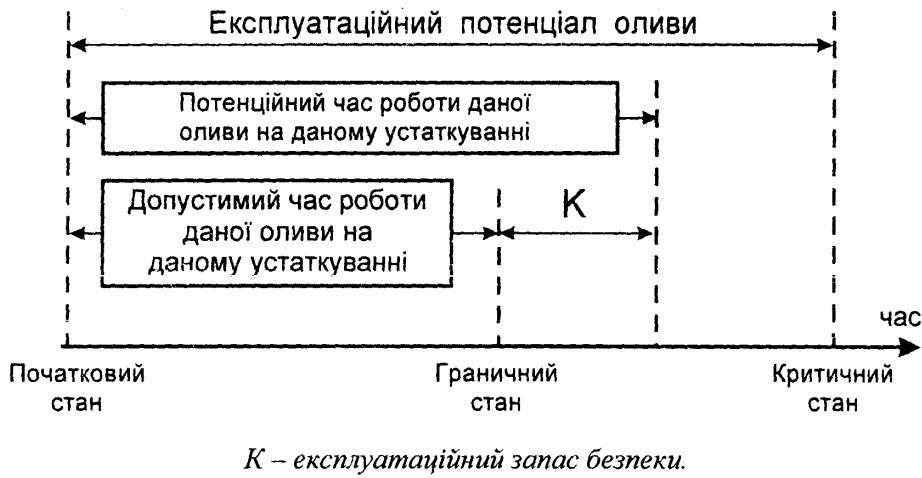


Рисунок 1 — Зміни стану мастильних оливи в процесі експлуатації

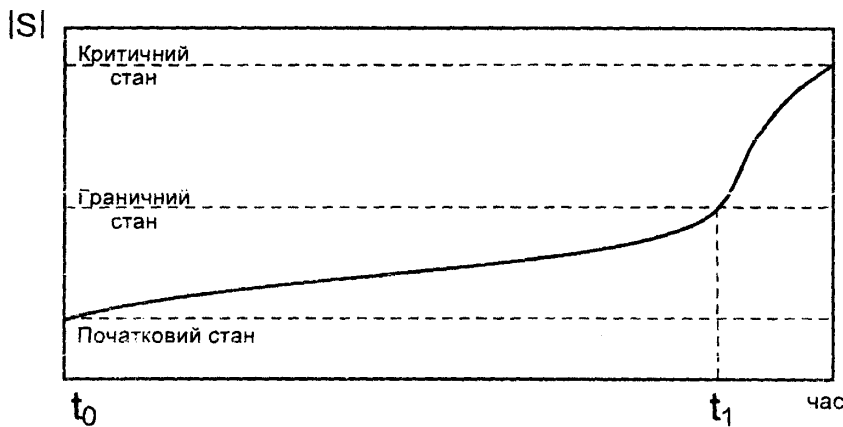


Рисунок 2 — Характер зміни стану мастильної оливи в процесі роботи при температурі, що не перевищує 100°C

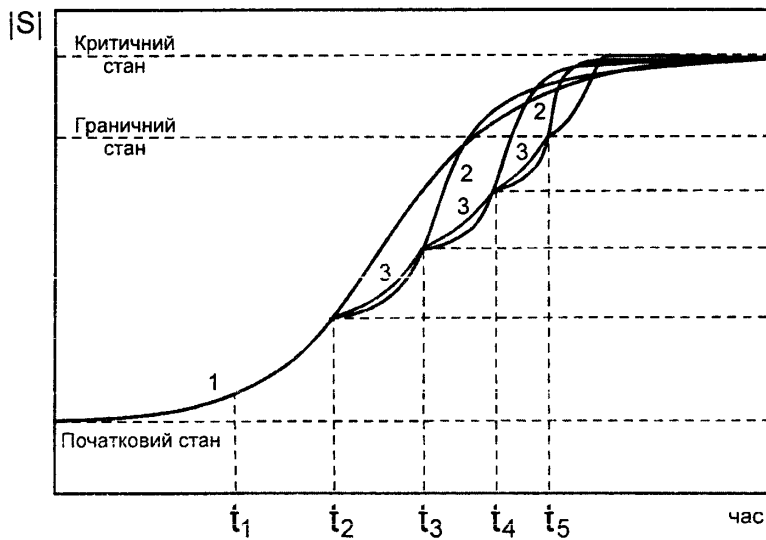
стану для даного обладнання мастильна олива може застосовуватися для змащення іншої техніки з нижчим рівнем експлуатаційних впливів, або відправлена на регенерацію. Проте, допустимий час роботи оливи в устаткуванні повинен бути меншим від часу досягнення граничного стану, тобто необхідно ввести деякий запас безпеки, експериментально визначений для статистично обраної групи устаткування.

Розглянемо оливи, що не потребують поповнення, теплові умови роботи яких не досягають температури порядку 100°C, зміна стану таких оливи описується сумарною кривою зміни стану окремих хімічних компонентів оливи (рис. 2).

Процес зміни стану мастильної оливи в процесі роботи при температурі до 100°C характерний незначними якісними перетвореннями, що протікають під час активації мікроскладових оливи. Процес активації триває до часу  $t_1$ , після якого відбуваються різкі зміни стану, викликані досягненням необхідної енергії активації мікроскладових, при цьому утворюється велика кількість продуктів старіння і досягається граничний стан зміщеної системи (катастрофічне спрацювання, задири, руйнування зміщеного вузла).

Для об'єктів, у яких робочі температури перевищують 100°C, існує необхідність періодичного поповнення системи змащування свіжою оливою. Процес зміни стану таких систем схематично проілюстровано на рис. 3. Вихідна кількість оливи в максимальному об'ємі за час  $t_1$  активується і вступає в стадію інтенсивних термохімічних реакцій, змінюючи свій стан. Як доводять дослідження різних хімотологічних шкідливих продуктів, подальші зміни стану сповільнюються з витратою компонентів реакції, а також із накопиченням їх продуктів, приріст яких, відповідно до закону Ле Шательє – Брауна, гальмує швидкість хімічних реакцій. Таким чином, реакції протікають повільніше, пропорційно росту кількості продуктів конденсації і смолоутворення, а стан мастильної оливи змінюється до критичного, при якому олива перетворюється в кокс.

Введена в момент  $t_2$  перша добавка свіжої оливи в значно меншому обсязі викликає сумарну зміну стану оливи. Досягнення цієї добавкою критичного стану через меншу кількість субстратів відбувається швидше. Кожна наступна така добавка свіжої оливи в період часу від  $t_3$  до  $t_4$  за об'ємом буде меншою за попередню при постійному об'ємі системи змащення і при виключенні витоку оливи.



1 – Зміна стану вихідної оливи; 2 – Зміна стану періодичних добавок оливи;  
3 – Результативна крива зміни стану оливи

Рисунок 3 – Характер зміни стану оливи в устаткуванні при температурі вище  $100^{\circ}\text{C}$

Приріст кількості твердих і напівтвердих продуктів окислювання, а також продуктів термічної деструкції мастильної оливи буде перешкоджати збільшенню кількості свіжої оливи для поповнення системи змащення. Результативна крива зміни стану мастильної оливи в таких умовах буде складатися із середніх значень відрізків кривої 1 і кривих 2. Вона буде випереджати всі зміни стану змащуваного устаткування до моменту, коли експлуатаційні властивості мастила настільки відхиляться від необхідного рівня, визначеного рівнем експлуатаційних впливів, що рівень спрацювання вузла буде перевищувати прогнозовані величини для даного часу експлуатації устаткування.

Таким чином, наведені загальні механізми зміни стану мастильних олив у процесі експлуатації є однією із засад встановлення технічно правильних і економічно доцільних термінів служби оливи – одного із найважливіших питань застосування мастильних матеріалів. Створення методик діагностики і оцінки стану мастильних олив на основі наведених вище закономірностей і впровадження їх в УБР і НГВУ для таких видів обладнання, як бурові насоси, бурові установки, компресори, дизелі та ін. дасть змогу підвищити ресурс роботи машин і обладнання та заощадить значні кошти. Вирішення цього питання внаслідок специфічності процесів зміни оливи на різних видах обладнання доцільно проводити не на стандартизованих машинах тертя типу ЧШМ, СМЦ, ДРМ та інших, які не відображають геометро-кінематичні та динамічні характеристики пар тертя вузлів нафтогазопромислового обладнання, а на машинах тертя, які моделюють з певним узагальненням конкретні умови роботи машин і агрегатів. Як варіант вирішення поставленого завдання, може слугувати розроблений в міжкафедральній навчально-науково-виробничій лабораторії “Захисні покриття” ІФНТУНГ вібрацій-

ний трибометр для дослідження трибологічних властивостей оливи нафтогазопромислового обладнання.

#### Література

1. Шостаковский И.И., Парайко Ю.И., Бурда М.И. Трибометр для оценки смазочных свойств масел, работающих в условиях переменных скоростей // Польские Towarzystwo Tribologiczne, 5 Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna POLTRIB'99, Szczyrk 1999.
2. А.А. Гуреев, И.Г. Фукс, В.Л. Лашхи Химмотология. – М.: Химия, 1986.
3. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справ. изд. / К.М.Бадыштова, Я.А. Берштадт, Ш.К. Богданов и др. / Под ред. В.М. Школьников. – М.: Химия, 1989.
4. Biernat K. Ocena dopuszczalnych zmian własności oleju dla określenia racjonalnego czasu eksploatacji w autobusach TAM. WAT, Warszawa, 1985.
5. Biernat K. Ocena właściwości normatywnych jako kryteriów charakteryzujących przydatność olejów smarowych w eksploatacji. Zeszyty naukowe IPE MCNEMT, Radom, 1988.
6. Труды НИИ-25 МО. Выпуск 4. – М.: Военное издательство Министерства Обороны СССР, 1965.
7. Смазочные материалы: Антифрикционные и противоизносные свойства. Методы испытаний: Справочник / Р.М. Матвеевский, В.Л. Лашхи, И.Я. Буяновский и др. – М.: Машиностроение, 1989.
8. А.М. Тольченко, Л.И. Бершадский. Лабораторно-моделирующая машина трения для оптимизации триботехнических параметров высших кинематических пар // Республ. межвед. Сб.: Проблемы трения и изнашивания. – К.: Техніка, 1986. – Вип.30. – С. 52-58.