



УДК 631.173.2

RESTORATION OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE WORKING FLUIDS OF THE TRACTOR'S SEPARATE AND UNIT HYDRAULIC SYSTEM

ВІДНОВЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РОБОЧИХ РІДИН РОЗДІЛЬНО-АГРЕГАТНОЇ ГІДРАВЛІЧНОЇ СИСТЕМИ ТРАКТОРА

Melyantsov P.T. / Мельянцов П. Т.*s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-5937-4021

*Dnipro State Agrarian and Economic University, str. S. Yefremova, 25, 49600**Дніпровський державний аграрно-економічний університет, вул. С. Єфремова, 25, 49600***Losikov O. M. / Лосіков О. М.***senior lecturer / старший викладач*

ORCID 0009-0004-5523-7651

*Ukrainian State University of Science and Technology, str. Lazaryana, 2, 49010**Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010***Sidorenko V. K. / Сидоренко В. К.***senior lecturer / старший викладач*

ORCID 0009-0005-7610-4433

*Ukrainian State University of Science and Technology, str. Lazaryana, 2, 49010**Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010*

Анотація. В роботі розглядаються питання з відновлення технічного стану відпрацьованих робочих рідин роздільно-агрегатної гідравлічної системи трактора, які вибраковуються не відпрацювавши свій ресурс. Поставлена мета досягається розробленням мобільної установки, яка призначена для очищення робочих рідин від неорганічних домішок на першому етапі і для видалення продуктів окислення і введення в очищене мастило багатофункціональних присадок і компаундування з базовим маслом, при необхідності відновлення кінематичної в'язкості, на другому етапі відновлення технічного стану оливи. Отримані результати показали, що у регенованих робочих рідинах, показники товщини масляної плівки, при роботі на робочих температурах задовольняють умови роботи деталей в спраженнях, забезпеченням рідинного тертя між робочими поверхнями деталей, що вказує на ефективність запропонованих заходів з відновлення технічного стану відпрацьованих робочих оливи гідравлічних систем тракторів.

Ключові слова: трактор, роздільно агрегатна гідравлічна система, гідравлічні агрегати, робоча рідина, забрудненість, мобільна установка для очистки, технічний стан робочої оливи, масляна плівка.

Вступ.

Працездатний стан мобільних машин, оснащених гідравлічними системами, для забезпечення механізації роботи допоміжного обладнання, обумовлюється відмовами, що припадають на гідравлічні агрегати [1, 2, 3].

У роздільно-агрегатної гідравлічної системи трактора значний об'єм відмов



припадає на її основні агрегати: гідронасос, гідророзподільник, силові циліндри [4].

До основних причин, які обумовлюють втрату працездатності гідравлічної системи трактора слід віднести параметричну відмову, яка виникає в результаті експлуатації гідравлічних агрегатів на рідинах, які за класом чистоти не відповідають технічним вимогам, вказаним в паспортних даних на експлуатацію трактора.

Наявність в робочій рідині значної кількості механічних домішок і води прискорюють окислювальні процеси, які погіршують робочі властивості рідини для виконання своїх функцій, а наявність абразивних частинок суттєво впливає на зміну структурних параметрів технічного стану деталей, в результаті їх гідроабразивного зношення, що як правило сприяє росту об'ємних і механічних втрат в гідравлічних агрегатах.

Такий стан справи підтверджується детальним аналізом технічного стану деталей гідроагрегатів, які потрапляють в ремонт, на робочих поверхнях яких чітко спостерігаються сліди гідроабразивного спрацювання.

Є очевидним, що забезпечення експлуатаційної надійності гідравлічної системи трактора в значній мірі буде обумовлюватись технічним станом робочої рідини.

Водночас розроблені засоби контролю технічного стану робочої рідини і способи її очищення не дають змогу своєчасно виявити технічний стан гідравлічного мастила і відповідно покращити його технічний стан очисно-відновлювальними операціями.

При цьому, заміна гідравлічного мастила сервісними службами не завжди співпадає з регламентною заміною.

Передчасна заміна робочих рідин, які за мастильними і службовими властивостями не відпрацювали свій ресурс, приводить до значних матеріальних витрат, обумовлених безпосередньо заміною робочої рідини та непередбаченим простоюванням техніки, в зв'язку з проведенням технічного обслуговування не за регламентом. При цьому, замінені робочі рідини утилізується, або



використовується не за призначенням.

Прострочена заміна рідини обумовлює значні структурні зміни робочих поверхонь деталей, що значно скорочує довговічність гідравлічних агрегатів і обумовлює їх вихід з ладу, не відпрацювавши гарантований ресурс.

Таким чином, є очевидним, що питання своєчасного контролю технічного стану робочих рідин, очищення їх від неорганічних домішок та можливості повторного їх використання являються актуальними і потребують детальних досліджень.

Метою роботи є – відновлення технічного стану робочих рідин роздільно-агрегатної гідравлічної системи трактора удосконаленням процесу очистки відпрацьованих оливи для повторної можливості їх використання, з застосуванням мобільної установки для їх очистки.

Постановка задачі. Поставлена мета досягається вирішенням наступних задач: провести аналіз технічного стану робочих рідин гідравлічної системи трактора в умовах експлуатації та сервісного центру; розробити пристрій для контролю технічного стану робочої рідини за її класом; обґрунтувати конструкцію мобільної установки для очистки відпрацьованих мастил від механічних домішок; визначити показники технічного стану регенерованих робочих рідин.

Викладення основного матеріалу.

Для контролю класу робочої рідини гідравлічної системи трактора розроблюється пристрій з визначення розмірів частинок механічних домішок, кількісного та відносного вмісту води в мастилі [5]. Прилад містить програмно-апаратний блок, блок спектрального аналізу, ПЗС-фотоприймач (camera RPi3) та фотодіод для фіксування довжини спектра. Схема приладу наведена на (рисунок 1).

Контроль робочої рідини проводиться на: домішки абразиву відповідно до ДСТУ 17216-2001 та європейського стандарту ISO 1638; домішки води в % до 1 мл. оливи.

Для визначення механічних домішок в робочій рідині гідроприводу були



відібрані 25 проб робочої рідини з корпусів агрегатів (гідророзподільника, насоса, гідроциліндра) перед їх розбиранням, котрі мали напрацювання від 10 до 2000 мото-годин. Дані про технічний стан фільтруючих елементів отримувались безпосередньо на тракторах, при проходженні ними номерних технічних обслуговувань.

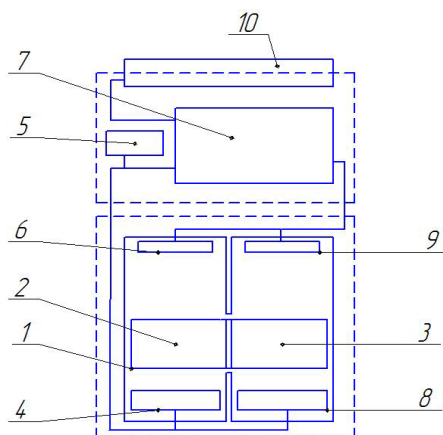


Рисунок 1 - Графічна схема приладу: 1 – кюветка; 2, 3 – ємності кюветки;
4 – джерело світла; 5 – модуль живлення; 6 - ПЗС- фотоприймач;
7 - міні комп'ютер Raspberry Pi; 8 - ІЧ діод; 9 - інфрачервоний фотодіод;
10 – дисплей приладу

Авторська розробка

В наших дослідженнях мінімальний склад механічних домішок склав 0,006 % і максимально 0,11% по масі.

Математичне оброблення отриманих результатів показало, що розподілення проб по складу механічних домішок підпорядковується нормальному закону і може бути апроксимовано функцією:

$$\phi(x) = \frac{1}{0,0218 \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{(x-0,0395)^2}{2 \cdot 0,0218^2}}, \quad (1)$$

Функціональну залежність зміни забруднення робочої оливи від наробітку трактора виявити не вдалось із-за того, що на об'єм механічних домішок в мастилах здійснюють вплив слідуєчі фактори: умови зберігання мастил; спосіб заправлення гідравлічних систем; якість технічного обслуговування. Це підтверджується і результатами аналізу технічного стану мастил, котрі вказують,



що склад механічних домішок по масі перевищує допустимі значення.

Зведені статистичні дані про відсотковий розподіл відмов основних складових гідравлічної системи трактора наводяться на (рисунок 2).



Рисунок 2 – Відносна кількість відмов гідроагрегатів (у % до загального числа відмов)

Авторська розробка

Детальний аналіз відмов гідравлічних агрегатів, представлених на (рисунок 2), показує, що найбільша кількість відмов (32%) припадає на гідророзподільники, що обумовлюється прискореним зношенням його прецизійної пари «золотник-отвір корпусу», в результаті експлуатації на робочих рідинах, забруднених механічними домішками, кількість яких перевищує допустимі значення. Це підтверджується також виходом з ладу фільтруючих елементів, на долю яких припадає близько 24% відмов, із-за прискореного їх забруднення, і вказує на необхідність розроблення більш ефективних методів і засобів очищення робочої рідини гідравлічної системи трактора.

Для відновлення технічного стану відпрацьованих гідравлічних рідин, розроблюється конструкція установки, яка призначена для очищення робочих рідин від неорганічних домішок (залишки абразивних частин в корпусах гідроагрегатів при їх виготовленні або ремонті, продукти спрацювання пар тертя



в гідроагрегатах, зовнішні абразивні забруднення та ін.). Гідравлічна схема установки складається з двох контурів.

Перший контур призначений для видалення із відпрацьованих мастил нерозчинних домішок і продуктів зношування. Він включає в себе насосну станцію з забірним фільтром і розподільник, який направляє потік рідини до відцентрового фільтру, де рідина очищається від фракцій розміром від 40 мкм та більше і поступає до сітчастого фільтра тонкої очистки, де рідина очищається від механічних забруднень розміром 5-10 мкм. Таким чином забезпечується циркуляція робочої рідини через замкнутий контур, в якому здійснюється очищення робочої рідини, яка проходить ступеневу очистку за розміщенням фільтрів «забірний фільтр - відцентровий фільтр - сітчастий фільтр», що дає можливість ефективно видаляти з робочої рідини абразивні домішки розмірів до 10 мкм, відновлюючи таким чином технічний стан робочої рідини до стану поставки за даним показником.

Другий контур призначений для видалення продуктів окислення і розкладання за допомогою обробки рідини коагулянтами з послідовним її відстоюванням, а також введення в очищене мастило багатофункціональних присадок і компаундування з базовим маслом (при необхідності відновлення кінематичної в'язкості).

Він включає в себе також насосну станцію і розподільник, який направляє потік рідини до баку, де проходить перемішування рідини, що забезпечує обробку рідини, наприклад лужними розчинами. Після відновлення мастильних властивостей рідина поступає до ємкості для зберігання.

В процесі проведення очищення гідравлічних рідин на експериментальній установці була отримана функціональна залежність між вмістом в робочій рідині нерозчинних осадків і тривалістю роботи фільтруючих елементів установки за часом (при багатократній циркуляції мастила через фільтра). Результати експериментальних досліджень представлені в (таблиця 1).

Аналіз результатів (таблиця 1) показує, що тенденції зміни вмісту масової долі механічних домішок в гідравлічних рідинах в процесі очистки залежать від



першочергового стану мастила. Це в деякій мірі пояснюється кількісним складом дрібних абразивних частин, які важко уловлюються засобами фільтрації.

Таблиця 1 – Результати очистки відпрацьованих рідин на експериментальній установці за часом її роботи

Час очистки мастила, хв.	Склад не розчинних осадів у відпрацьованих гідравлічних рідинах МГ-10-В, x_0 %.	
	Проба №1	Проба №2
0	0,89	1,22
2,5	0,30	0,6
5,0	0,18	0,26
7,5	0,16	0,21
10,0	0,15	0,18
12,5	0,11	0,16
15,0	0,08	0,11
17,5	0,06	0,09
20,0	0,04	0,07
22,5	0,012	0,014
25,0	0,006	0,008

Авторська розробка

Більш наглядно отримані результати представлено на (рисунок 3). Аналіз представленої графічної частини показує, що в початковий період очистки за перші п'ять хвилин проходить інтенсивне видалення твердих частин, що підтверджує кут нахилу графіків, показник x_0 для першої проби мастила (№1) змінився з величини $x_0^{№1} = 0,89\%$ до $x_0^{№1} = 0,18\%$ (на 79,8%), що вказує на значну кількість крупних забруднень в рідині, які ефективно видаляються відцентровим очищенням.

Аналогічна тенденція спостерігається і для другої проби мастила (№2), зміна становить – 78,7%. Подальша очистка рідини від нерозчинних частинок проходить повільно, так як в мастилі знаходяться мілкі нерозчинні частинки, які практично не видаляються з рідини при відцентровому очищенні.

При тривалості очистки 25 хв. масова доля механічних домішок в першій пробі рідини становить - 0,006%, а в другій пробі – 0,008%, що максимально



наближається до стандартного показника.

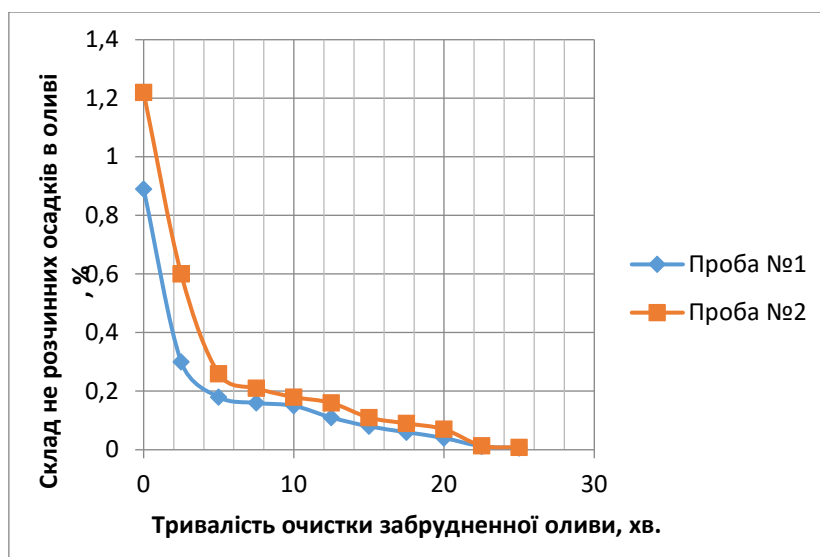


Рисунок 3 – Зміна складу не розчинних осадів x_0 у відпрацьованих рідинах мастилах МГ-10-В за тривалістю очистки

Авторська розробка

Для визначення здатності рідин, які відпрацювали свій ресурс і були регенеровані відцентровим очищенням, змащувати пари тертя, виникає необхідність визначення товщини масляної плівки, яку вони забезпечують, так як від її товщини залежить швидкість зношення деталей в спряженнях.

Кількісна оцінка товщини масляної плівки, яка адсорбується на металевій поверхні, визначалась з застосуванням «метода стопи», а для забезпечення мінімального впливу забруднень на контактено-гідродинамічний ефект замість пластин були застосовані кулі.

Дослідженнями передбачалось, визначити функціональну залежність між товщиною масляної плівки регенованого мастила і його температурою. Отримані результати вимірів товщини масляної плівки досліджуваних робочих рідин при різній температурі наведені в (таблиця 2) і на (рисунок 4).

Аналіз отриманих результатів показує, що при температурі робочої рідини 20°C, різниця в товщині масляної плівки між рідиною в стані поставки і регенованою становить 0,11 мкм, що на 27,5% більше від нормативного



значення. Це пояснюється більшою концентрацією присадок в новому мастилі, що відповідають за його в'язкість. Разом з тим, при температурі 80 °C різниця в товщині масляних плівок двох рідин становить 0,006 мкм (зміна становить - 13,3%), що вказує на здатність мастильних присадок, які залишились в регенованої рідині, створювати масляні плівки, які за товщиною наближаються до показників гідравлічних рідин в стані поставки.

Таблиця 2 – Результати виміру товщини масляної плівки рідини МГ-10-В від температури

№ з/п	Температура рідини, °C	Товщина масляної плівки у регенованої рідини, мкм	Товщина масляної плівки у рідини в стані поставки, мкм
1	20	0,29	0,40
2	40	0,12	0,20
3	80	0,039	0,045

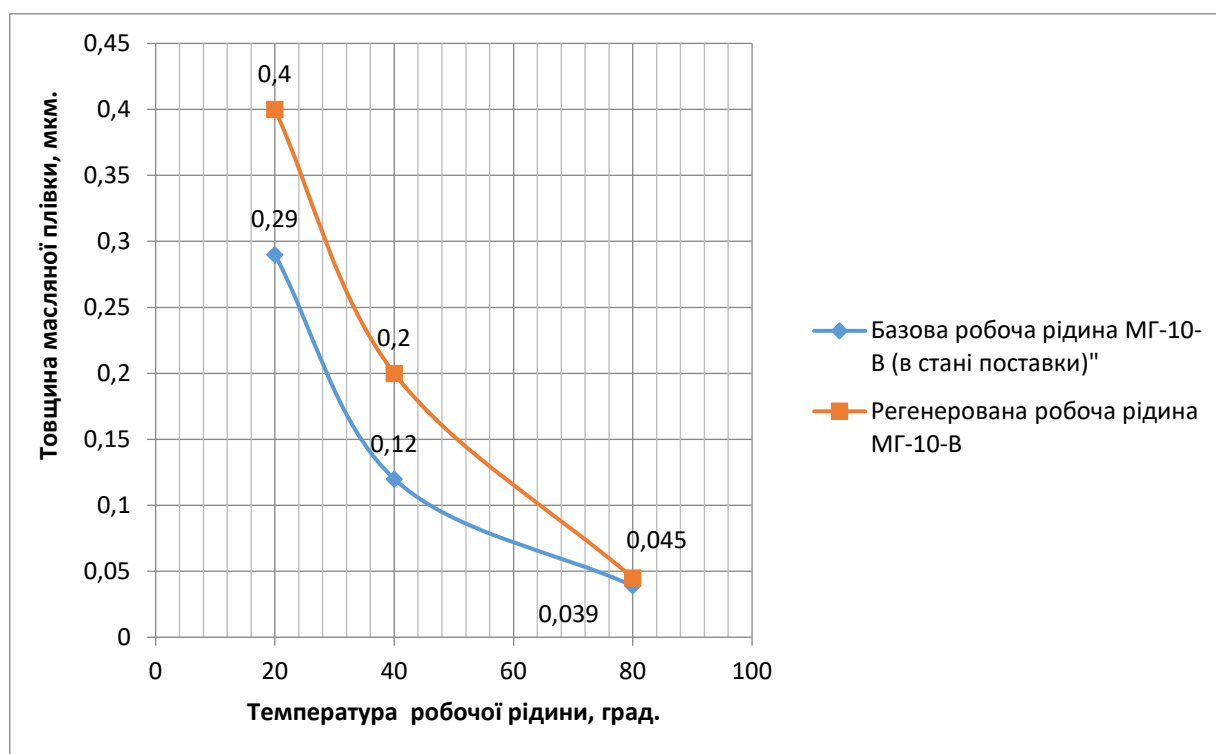


Рисунок 4 - Вплив температури робочої рідини на товщину масляної плівки:

1 – базова робоча рідина МГ-10-В (в стані поставки); 2 – регенована робоча рідина МГ-10-В

Авторська розробка



Таким чином, можна зробити висновок, що у регенованих робочих рідин показники товщини масляної плівки, при роботі на температурах 40°C будуть відповідати умовам роботи спряжень, з точки зору забезпечення рідинного тертя між робочими поверхнями деталей.

Висновки.

В цілому отримані результати дослідження дають можливість зробити наступні висновки:

1. Кількісна оцінка показників надійності основних агрегатів гідравлічної системи трактора показує, що до основної причини, яка обумовлює втрату їх працездатного стану, слід віднести забрудненість робочої рідини механічними домішками, кількість яких перевищує допустимі значення, що вказує на необхідність розроблення більш ефективних методів і засобів очищення робочої рідини гідравлічної системи трактора.

2. По складу механічних домішок забрудненість рідин коливається в широких значеннях, мінімальний склад механічних домішок склав 0,006 % і максимальний 0,11 % по масі і підпорядковується нормальному закону розподілу фізичної величин. Масовий вміст забруднень в робочих рідинах в процесі експлуатації значно перевищує норму, який повинен бути не більше 0,005% за ДСТУ 6370-83.

2. В початковий період очистки рідин, за перші п'ять хвилин, проходить інтенсивне видалення твердих частиць, показник x_o для першої проби мастила (№1) змінився з величини $x_o^{№1} = 0,89\%$ до $x_o^{№1} = 0,18\%$ (на 79,8%), що вказує на значну кількість крупних забруднень в рідині, які ефективно видаляються відцентровим очищенням. Для другої проби мастила (№2), зміна становить – 78,7%. При тривалості очистки 25 хв. масова доля механічних домішок в першій пробі рідини становить - 0,006%, а в другій пробі – 0,008%, що максимально наближається до стандартного показника.

3. Значний розбіг між товщинами масляних плівок - 0,11 мкм для нової рідини і регенованої, при температурі 20°C, пояснюється більшою концентрацією присадок в новому мастилі, що відповідають за його в'язкість.



При температурі 80°C різниця в товщині масляних плівок двох рідин становить 0,006 мкм (зміна становить - 13,3%), що вказує на здатність мастильних присадок, які залишились в регенованому мастилі, створювати масляні плівки, які за товщиною наближаються до показників гідравлічних рідин в стані поставки.

4. У регенованих робочих рідин, показники товщини масляної плівки, при роботі на температурах 40°C, будуть задовільняти умови роботи спряжень, з точки зору забезпечення рідинного тертя між робочими поверхнями деталей, що вказує на можливість повторного використання очищених рідин.

Література.

1. Мельянцов П. Т. Опыт ремонта гидропривода ГСТ-90 на ремонтных предприятиях [Текст] / П. Т. Мельянцов, Б. Г. Харченко, И. Г. Голубев. – М.: Госагропром СССР. АгроНИИТЭИИТО, 1989. – 42 с.

2. Мельянцов П. Т. Підвищення експлуатаційної надійності гідравлічної системи підйомних механізмів автомобілів-самоскидів на основі статистичної оцінки надійності насосів / П. Т. Мельянцов, С. С. Падалко. // Zbior artykulow naukowych. «Inzynieria i technologia. Osiagniecia naukowe, rozwoj, propozicje na rok 2015» - Warszawa: «Diamond trading tour», 2015 – s. 51-54

3. Control of the technical condition of hydraulic transmission units of mobile machines on the basis of monitoring the level of cleanliness of the working fluid / Melyantsov P. T., Dobryanskyi I. M., Losikov O. M., Sidorenko V. K. // ScientificWorldJournal № 24, (2024), (DOI: 10.30888/2663-5712.2024-24-00-061) Economic Academy D.A. Tsenova, Svishtov, Bulgaria, 2024. 62-76.

4. Мельянцов П. Т. Визначення напрямків забезпечення якості очистки агрегатів гідравлічної системи трактора для різних методів їх ремонту / П. Т. Мельянцов, В. О. Безсмертний – Zbiór artykułów naukowych recenzowanych. Konferencji Międzynarodowej Naukowo- Praktycznej « Inżynieria i technologia. Osiągnięcia naukowe, rozwój, propozycje na rok 2017» - Warszawa: Zakopane (PL): «Diamond trading tour», 2017. - S 46- 50.



5. Мельянцов П. Т. Пат. № 131939 Україна, МПК G1N 15/02, G1N 15/06, G1N 29/02, Пристрій для контролю класу чистоти та кількісного вмісту води в робочій рідині мобільних машин / П. Т. Мельянцов, І. М. Добрянський (Україна) - №u 201807677; заяв.09.07. 2018; опубл.11.02.2019, Бюл. №3.

Abstract. *The work considers the issues of restoring the technical condition of spent working fluids of the tractor's separate-aggregate hydraulic system, which are rejected without working out their resource. The goal is achieved by developing a mobile installation, which is designed to clean working fluids from inorganic impurities at the first stage and to remove oxidation products and introduce multifunctional additives into the purified lubricant and compound with base oil, if necessary, restore kinematic viscosity, at the second stage of restoring the technical condition of the oil. The results obtained showed that in regenerated working fluids, the oil film thickness indicators, when operating at operating temperatures, satisfy the conditions for the operation of parts in mating, ensuring fluid friction between the working surfaces of the parts.*

Key words: *tractor, separate unit hydraulic system, hydraulic units, working fluid, contamination, mobile cleaning unit, technical condition of working oil, oil film.*

Стаття відправлена: 20.03.2025 г.

© Мельянцов П. Т.