

Висновок. Для визначення вмісту вуглецю в матеріалі (осколок зуба вала-шестерні редуктора турбогенератора типу SST-110) розроблений і проведений (згідно рекомендацій ГОСТ 12344-2003) експеримент. Виявлено вміст вуглецю в матеріалі **C, %=0.57.**

ЛІТЕРАТУРА

1. Красовский Г.И., Филаретов Г.Ф. Планирование эксперимента. – Минск: Изд-во БГУ, 1982. – 302 с.
2. Хільчевський В. В. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. К.: Либідь, 2002. – 328с.
3. ДСТУ ГОСТ 12344-2003. Стали легированные и высоколегированные: Методы определения углерода. Офиц. изд. - М.: Изд-во стандартов, 2004. - Т. III, 12 с. (Межгос. стандарт).

УДК 621.891

ВИМОГИ ДО РОБОЧИХ РІДИН ОБ'ЄМНОГО ГІДРОПРИВОДУ

Д.О. Міщук¹, А.В. Бойченко², М.М. Балака³

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних машин, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, e-mail: tdmid@ukr.net

²студент групи БМО-22с, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, e-mail: boychenko.av@ukr.net

³асистент кафедри будівельних машин, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, e-mail: maxim.balaka@gmail.com

Анотація. В роботі розглянуто вимоги до застосування гідравлічних рідин в об'ємному гідроприводі. Проаналізовано ряд властивостей, що впливають на якість робочих рідин під час експлуатації автотракторної та будівельної техніки. Надано класифікацію та позначення робочих рідин у відповідності до вітчизняних і закордонних стандартів.

Ключові слова: об'ємний гідропривід, робоча рідина, властивість.

REQUIREMENTS FOR WORKING FLUIDS OF VOLUMETRIC HYDRAULIC DRIVE

Dmytro Mischuk¹, Andriy Boychenko², Maxim Balaka³

¹Ph.D., assistant professor of Building Machinery, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, e-mail: tdmid@ukr.net

²Student of group BMO-22s, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, e-mail: boychenko.av@ukr.net

³Assistant of Building Machinery, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, e-mail: maxim.balaka@gmail.com

Abstract. The requirements for the use of hydraulic fluids in volumetric hydraulic drive are considered in paper. A number of properties that influence the quality of working fluids during the operation of automotive and construction machinery are analyzed. Classification and designation of working fluids according to domestic and foreign standards are provided.

Keywords: volumetric hydraulic drive, working fluid, property.

Вступ. Обов'язковим для об'ємного гідроприводу є те, що робоча рідина в системі знаходиться під високим тиском. Переміщення рідини під тиском в гідросистемі примушує працювати гідродвигуни. Робоча рідина в об'ємному гідроприводі є одночасно носієм енергії та змащенням. При цьому вона піддається дії високих тисків, швидкостей та температур. Нормальна експлуатація об'ємного гідроприводу, і як наслідок довготривала робота автотракторної та будівельної техніки, можлива під час використання таких робочих рідин, що можуть виконувати різноманітні функції та задовольняти певним вимогам до їх застосування.

Мета роботи. Розглянути вимоги до застосування гідравлічних рідин в об'ємному гідроприводі. Проаналізувати ряд властивостей, на яких ґрунтується оцінка якості гідравлічних рідин під час експлуатації техніки.

Матеріал та результати досліджень. У відповідності до призначення гідравлічних рідин (для об'ємного гідроприводу, автоматичних коробок передач чи ін.) змінюються і вимоги до їх фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей. Враховуючи великий тиск у системах об'ємного гідроприводу (до 35 МПа), значний перепад робочих температур (від -60 до 50 °С), а також постійний контакт робочого тіла з різними конструкційними матеріалами (чорними і кольоровими металами, гумою і полімерами), висувають певні вимоги до гідравлічних рідин, які частково відрізняються від вимог до моторних і трансмісійних олив.

Таким чином, гідравлічні (робочі) рідини для об'ємного гідроприводу (ОГП) повинні задовольняти таким вимогам [1]:

- мати за відповідних експлуатаційних умов певну в'язкість;
- мати пологую в'язкісно-температурну характеристику;
- мати добрі мастильні, охолоджувальні та ущільнювальні властивості;
- не викликати корозію металевих деталей і не руйнувати ущільнювальні матеріали вузлів гідравлічної системи;
- мати низьку температуру застигання і незначне стиснення;
- містити невелику кількість води і стійкість до утворення емульсії;
- володіти високою протипінною стійкістю;
- не виділяти парів при робочих температурах;
- не виділяти та не поглинати повітря;

- володіти високою протиокисною стабільністю при тривалому зберіганні та застосуванні;
- бути нетоксичними, дешевими і недефіцитними.

До функцій гідравлічної рідини в ОГП відносяться:

- передача енергії від вхідної ланки гідравлічного насосу до вихідної ланки гідравлічного двигуна (зворотно-поступової дії – штока гідроциліндра, обертової дії – валу гідромотора);
- мащення та охолодження рухомих деталей гідравлічних систем;
- ущільнювання зазорів у сполученнях;
- захист деталей гідравлічних систем від корозії.

Розглянемо показники фізико-хімічних властивостей робочих рідин.

Густина – це фізична величина, що визначається відношенням маси речовини до її об'єму. Одиниця вимірювання густини – $\text{кг}/\text{м}^3$. Густина робочих рідин залежить від температури і тиску, вона має велике значення при розрахунку швидкості течії рідини крізь місцеві опори, оскільки втрати тиску залежать від густини рідини.

В'язкість – найбільш важлива фізична властивість робочої рідини, яка визначає можливість її використання в гідравлічних машинах. У відповідності до ГОСТ 27674-88 в'язкість (viscosity) – об'ємна властивість рідинної, напіврідинної або напівтвердої речовини чинити опір при течії (опір взаємному переміщенню шарів речовини під дією зовнішньої сили).

В'язкість характеризується наступними показниками: динамічною (dynamic viscosity), кінематичною (kinematic viscosity) і умовною в'язкістю:

- динамічна в'язкість – коефіцієнт внутрішнього тертя, $\text{Па}\cdot\text{с}$;
- кінематична в'язкість – питомий коефіцієнт внутрішнього тертя або відношення динамічної в'язкості до густини, $\text{мм}^2/\text{с}$;
- умовна в'язкість – величина, яка показує в скільки разів в'язкість нафтопродукту при температурі вимірювання більша або менша в'язкості дистильованої води при температурі $20\text{ }^\circ\text{C}$.

В'язкість гідравлічної рідини залежить від хімічного складу, температури та тиску. Найбільш важливим чинником є температура. Разом з тим, в'язкість робочих рідин збільшується з підвищенням тиску, що особливо важливо для гідрооб'ємних передач високого тиску. З підвищенням тиску від 0,1 до 40 МПа при постійній температурі $50\text{ }^\circ\text{C}$ в'язкість робочих рідин марок ВМГЗ і МГ-30 збільшується в 1,6...2,3 рази, а зниженні температури на $20\text{ }^\circ\text{C}$ в'язкість збільшується в 2,0...2,5 рази [2]. Для більш в'язкої робочої рідини зі зниженням температури при постійному тиску в'язкість зростає більш інтенсивніше.

Стисливість робочої рідини – це спроможність під дією всебічного зовнішнього тиску змінювати свій об'єм зворотнім напрямом, тобто після припинення дії зовнішнього тиску відновлювати початковий об'єм рідини.

При збільшенні тиску коефіцієнт стисливості рідини зменшується, а при підвищенні температури – збільшується, причому коефіцієнт стисливості для більш в'язкої рідини (МГ-30 з $10 \text{ мм}^2/\text{с}$).

Температурний коефіцієнт об'ємного розширення – це відносна зміна об'єму рідини при зміні температури на $1 \text{ }^\circ\text{C}$ ($^\circ\text{C}^{-1}$). Враховуючи, що температурні коефіцієнти об'ємного розширення робочих рідин та металів, з яких виготовлено елементи гідропередач, відрізняються, можливе руйнування гідросистем з замкненою циркуляцією потоку. Розрахунки В. А. Васильченка [2] виявили, що при підвищенні температури робочої рідини на $1 \text{ }^\circ\text{C}$ тиск в замкненому об'ємі може збільшитися приблизно на $0,97 \text{ МПа}$, що слід враховувати при проектуванні відповідних типів гідросистем.

Питома теплоємність робочої рідини – це кількість тепла, необхідного для підвищення температури одиниці маси на $1 \text{ }^\circ\text{C}$. Одиниця вимірювання питомої теплоємності – $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$. Цей показник характеризує інтенсивність підвищення температури в гідросистемі. З підвищенням температури питома теплоємність робочих рідин змінюється незначно, але, наприклад, гідравлічна рідина МГ-30, в'язкість якої в три рази більше в'язкості ВМГЗ, має в чотири рази більш високі значення питомої теплоємності [2].

Теплопровідність рідини – це кількість теплоти, що проходить за одиницю часу через одиницю поверхні на одиницю товщини шару. Одиниця вимірювання теплопровідності – $\text{Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$. Теплопровідність гідравлічних рідин ВМГЗ і МГ-30 при збільшенні температури зменшується.

В'язкісно-температурні властивості. Для підвищення гідравлічного коефіцієнта корисної дії необхідно застосовувати гідравлічну рідину з малою в'язкістю, оскільки течія рідини завжди супроводжується тертям внутрішніх шарів і гідравлічними витратами на місцеві опори. Однак надмірне зниження в'язкості рідини при позитивній температурі не забезпечує гідродинамічне мащення і не дозволяє запобігти контактуванню і зносу робочих деталей гідропривода. Мінімальна кінематична в'язкість гідравлічних рідин для використання в гідросистемах з різними типами насосів не повинна бути нижче: для шестерінчастих – $15 \text{ мм}^2/\text{с}$, для пластинчастих – $12 \text{ мм}^2/\text{с}$ і для поршневих – $8 \text{ мм}^2/\text{с}$ [1].

Експлуатаційні властивості робочих рідин для ОГП при низьких температурах характеризуються допустимою в'язкістю і прогиністю. При надмірно високій в'язкості порушується суцільність потоку, оскільки рідина не може підніматися по трубопроводам і у всмоктувальні лінії, виникає явище

кавітації, відбувається незаповнення робочих камер насосу, знижується продукція та його ресурс. При зниженні температури навколишнього повітря в'язкість робочої рідини підвищується тим інтенсивніше, чим нижче індекс в'язкості (viscosity index), а при збільшенні в'язкості робочої рідини понад допустимої зростають втрати тиску і настає часткова чи повна втрата працездатності машини. Щоб цього не трапилося, робоча рідина повинна мати положу в'язкісно-температурну характеристику, а температура застигання зимових робочих рідин має бути на 10...15 °С нижчою від температури навколишнього повітря [2]. Температура робочої рідини для ОГП у зимовий час стабілізується лише через 1,5...2,5 год безперервної роботи [3].

Використовувати робочу рідину з підвищеною в'язкістю найбільш доцільно в ОГП високого тиску від 25 МПа і вище, оскільки при цьому зменшуються об'ємні втрати через малі щілини в парах тертя, що ковзають. Однак, слід враховувати, що у гідроагрегатів з невеликими щілинами в парах ковзання підвищена в'язкість викликає збільшення витрат потужності на тертя у зв'язку з тим, що останні прямо пропорційні в'язкості.

Змащувальні властивості гідравлічних рідин пов'язані з щільністю оливної плівки і здатністю її чинити опір розриву. Чим більше в'язкість, тим більше міцність оливної плівки при зсуві. Гідравлічна рідина повинна запобігати контактуванню і схоплюванню поверхонь, що проковзають, при незначних швидкостях ковзання в умовах граничного режиму мащення.

Таким чином, гідравлічна рідина повинна, по-перше, мати *протизадирні властивості*, а по-друге, зменшувати знос поверхонь тертя за рахунок утворення гідродинамічного режиму мащення, тобто мати *протизношувальні властивості*. Це досягається за рахунок додавання до гідравлічної рідини протизадирних та протизношувальних присадок, наприклад, ЛЗ-23К за ГОСТ 11883-77 і ЭФО за ГОСТ 14625-78 відповідно.

Стабільність властивостей – це здатність рідини зберігати робочий стан протягом заданого часу при зміні первісних властивостей у допустимих межах. Стабільність характеризується протиокисною здатністю і однорідністю робочої рідини. В процесі експлуатації гідравлічної рідини не повинні виділяти продукти окиснення у вигляді нерозчинних осадів. Стабільність проти окиснення досягається введенням 0,2...0,5 % присадки «іонол» (трек-резольної і бутиленової фракції газів крекінга). Для забезпечення протиокисних і антикорозійних властивостей в гідравлічні рідини також додають багатофункціональну присадку ДФ-11 за ОСТ 33.129-73.

Протипінні властивості характеризують здатність робочої рідини виділяти повітря або інші гази без утворення піни. Здатність протистояння піноутворенню підсилюють додаванням до рідини протипінної присадки ПМС-200А за ТУ 6.02.718-72 в кількості від 0,003 до 0,005 %.

Стійкість робочої рідини до утворення емульсії характеризується здатністю розшаруватися та відділятися від води, яка потрапила в неї. Для підвищення цього в робочі рідини додають спеціальні присадки-деемульгатори, які руйнують оливні емульсії та ускладнюють змішування з водою.

Сполученість робочих рідин з металами, з яких виготовлено гідрообладнання, характеризується відсутністю корозії, а також стабільністю фізико-хімічних властивостей робочої рідини. Сполученість гідравлічних рідин з гомотехнічними виробами оцінюють за показником припустимого набухання гуми марки УИМ-1, а також втрати міцності та еластичності. Вважається нормальним, якщо рідина спричинює набухання гуми на 1...6 % [3].

Біологічний розклад (biodegradability) – це здатність речовини підлягати руйнуванню мікроорганізмами на нетоксичні водорозчинні сполуки. Звичайні нафтові оливи та інші нафтопродукти, а також деякі синтетичні оливи біологічно не розкладаються та завдають суттєву шкоду навколишньому середовищу протягом тривалого часу.

У США розроблено нову методику визначення біологічного розкладу (ASTM D5864), згідно з якою біорозкладними є оливи, які за 28 днів (не вважаючи акліматизаційного періоду) розкладаються на 60 %. В Європі не має такого методу і біологічний розклад терміново визначається за методикою СЕС (СЕС-L-33-A-93) для оливо двотактних двигунів, а також за галузевим стандартом Німеччини VDMA 24 568 щодо гідравлічних рідин [4].

Для поліпшення біорозкладу нафтові оливи піддають хімічній модифікації, а на упаковках наносять відповідні знаки (рис. 1).

Класифікація гідравлічних рідин для ОГП рухомої наземної техніки, що експлуатується на відкритому повітрі, здійснюється в країнах СНД згідно з міждержавним стандартом ГОСТ 17479.3-85. Класифікація не поширюється на гідравлічні рідини промислового обладнання за ГОСТ 17479.4-87.

В залежності від рівня кінематичної в'язкості при 40 °С робочі рідини поділяються на 10 класів (табл. 1), а в залежності від експлуатаційних властивостей і рекомендованої сфери застосування – на 3 групи (табл. 2) [1].

Для гідравлічної рідини надається позначення (код), що складається з літерних та цифрових індексів (трьох груп знаків), які визначають призначення, сферу застосування і клас в'язкості. Після основного позначення бувають і додаткові знаки, що характеризують відмінні особливості рідини.



Рисунок 1 – Знаки екологічних продуктів: а – країн Євросоюзу; б – США; в – Скандинавських країн; г – Канади; д – Німеччини; е – Японії; є – України; ж – Росії; з – Австралії; і – Ізраїлю; к – Китаю; л – Бразилії

Таблиця 1 – Класи кінематичної в'язкості гідравлічних рідин

Клас в'язкості	Кінематична в'язкість (мм ² /с) при 40 °С	Клас в'язкості	Кінематична в'язкість (мм ² /с) при 40 °С
5	4,14...5,06	32	28,80...35,20
7	6,12...7,48	46	41,40...50,60
10	9,00...11,00	68	61,20...74,80
15	13,50...16,50	100	90,00...110,00
22	19,80...24,20	150	135,00...165,00

Наведемо структуру позначення гідравлічної рідини за ГОСТ 17479.3-85 (рис. 2), в якій є наступні позначки: **МГ** (мінеральна гідравлічна); **I** – клас в'язкості (арабськими цифрами), див. табл. 1; **II** – група за експлуатаційними властивостями і рекомендованою сферою застосування, див. табл. 2.

В якості прикладу МГ-15Б, де 15 – клас в'язкості (кінематична в'язкість від 13,5 до 16,5 мм²/с при 40 °С), Б – рідина на основі нафтової оливи з протіокисними та антикорозійними присадками для гідросистем з насосами всіх типів, що працюють при тиску менше 25 МПа і температурі рідини в системі не вище 90 °С.

Таблиця 2 – Групи гідравлічних рідин за експлуатаційними властивостями та рекомендованою сферою застосування за ГОСТ 17479.3-85

Група	Склад	Рекомендована сфера застосування
А	Нафтові оливи без присадок	Гідросистеми з шестеренними та поршневыми насосами, що працюють при тиску менше 15 МПа і температурі рідини в системі не вище 80 °С
Б	Нафтові оливи з протиокисними і антикорозійними присадками	Гідросистеми з насосами всіх типів, що працюють при тиску менше 25 МПа і температурі рідини в системі не вище 90 °С
В	Нафтові оливи з протиокисними, антикорозійними і протизношувальними присадками	Гідросистеми з насосами всіх типів, що працюють при тиску вище 25 МПа і температурі рідини в системі вище 90 °С



Рисунок 2 – Позначення гідравлічної рідини за ГОСТ 17479.3-85

За кордоном найбільш поширена класифікація гідравлічних рідин для ОГП за системами ISO: відповідно до ISO 3448:1992 гідравлічні рідини поділяються на 18 класів за кінематичною в'язкістю при 40 °С (табл. 3), а у відповідності до ISO 6743/4-82 (ГОСТ 28549.5-90) – на 17 категорій продуктів за експлуатаційними властивостями та рекомендованою сферою застосування (табл. 4).

Для гідравлічної рідини за стандартом ISO 6743/4-82 (ГОСТ 28549.5-90) надається позначення (код), що складається з літер латинського алфавіту і арабських цифр, які визначають сферу застосування і клас в'язкості за ISO 3448:1992.

Таблиця 3 – Класи кінематичної в'язкості рідин за ISO 3448:1992

Клас в'язкості	Кінематична в'язкість (мм ² /с) при 40 °С	Клас в'язкості	Кінематична в'язкість (мм ² /с) при 40 °С
ISO VG2	1,98...2,42	ISO VG68	61,2...74,8
ISO VG3	2,88...3,52	ISO VG100	90,0...110,0
ISO VG5	4,15...5,06	ISO VG150	135...165
ISO VG7	6,12...7,48	ISO VG220	198...242
ISO VG10	9,0...11,0	ISO VG320	288...352
ISO VG15	13,5...16,5	ISO VG460	414...506
ISO VG22	19,8...24,2	ISO VG680	612...748

ISO VG32	28,8...35,2	ISO VG1000	900...1100
ISO VG46	41,4...50,6	ISO VG1500	1350...1650

Примітки: 1. Клас в'язкості за ISO 3448 (ISO Viscosity Grades – ISO VG) позначається цілим числом, близьким до середнього показника кінематичної в'язкості.
2. Десять класів в'язкості (від 5 до 150) гідравлічних рідин за ГОСТ 17479.3-85 (див. табл. 1) практично співпадають з класами в'язкості ISO VG5...ISO VG150.

Таблиця 4 – Категорії продуктів (гідравлічних рідин) за експлуатаційними властивостями і рекомендованою сферою застосування за ISO 6743/4-82

Категорія продукту	Характеристика продукту	Сфера застосування	Відповідність групи рідини за ГОСТ 17479.3-85
HN	Очищені нафтові оливи без присадок		A
HL	Очищені нафтові оливи з поліпшеними антикорозійними і протиокисними властивостями		B
HM	Оливи категорії HL з поліпшеними протизносними властивостями	Гідравлічні системи з вузлами під високим навантаженням	B
HR	Оливи категорії HL з поліпшеними в'язкісно-температурними властивостями		—
HV	Оливи категорії HM з поліпшеними в'язкісно-температурними властивостями	Будівельна та морська техніка (спеціальні властивості)	B(з)
HG	Оливи категорії HM з протистрибковими властивостями	Гідравлічні приводи з рівномірним рухом виконавчих органів з малою швидкістю та великим зусиллям	—

Примітка. Перша буква категорії продукту (H) ідентифікує гідравлічні рідини

Наведемо структуру позначення гідравлічної рідини за ISO 6743/4-82 (рис. 3), в якій є наступні позначки: **ISO** – аббревіатура міжнародної організації стандартів; **L** – клас мастильних матеріалів; **I** – символ категорії продукту (див. табл. 3); **II** – клас в'язкості за ISO 3448:1992 (див. табл. 4).

ISO - L -

I

II

Рисунок 3 – Позначення гідравлічної рідини за ISO 6743/4-82

В якості прикладу ISO-L-HL 46, де HL – очищені нафтові оливи з поліпшеними антикорозійними та протиокисними властивостями, 46 – клас в'язкості (ISO VG46), кінематична в'язкість від 41,4 до 50,6 мм²/с при 40 °С.

У відповідності до міжвідомчих технічних вимог у гідروобладнанні рухомої наземної техніки, яка експлуатується на відкритому повітрі при температурі від -40 до 45 °С, слід застосовувати не більше двох сортів гідравлічних рідин [2]. В країнах СНД до них відносять гідравлічні рідини (оливи) ВМГЗ (МГ-15В) за ТУ 38 101479-74 та МГ-30 (МГ-46В) за ТУ 38 10150-79.

Висновки. Багато властивостей робочих рідин можна забезпечити введенням в основу рідини різноманітних присадок (протикорозійних, протизносних, протизадирочних, протипінних, миючих та ін.). Найбільш суттєве значення під час вибору робочої рідини мають в'язкість, стисливість, температура запалення, застигання та окислюваність.

Водночас важливу роль у широкому застосуванні гідравлічних рідин з поліпшеними екологічними і експлуатаційними властивостями відводиться державним відомствам паливно-енергетичного комплексу та екологічної безпеки багатьох країн світу. Для поліпшення біорозкладу нафтові оливи піддають хімічній модифікації, а на упаковках наносять відповідні знаки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пелевін Л. Є., Міщук Д. О., Рашківський В. П., Горбатюк Є. В., Аржаєв Г. О., Красніков В. Ф. Гідравліка, гідромашини та гідропневмоавтоматика. – К. : Вид-во КНУБА, 2015. – 340 с.
2. Васильченко В. А. Гидравлическое оборудование мобильных машин: Справочник. – М. : Машиностроение, 1983. – 301 с.
3. Полянський С. К., Коваленко В. М. Експлуатаційні матеріали для автомобілів і будівельно-дорожніх машин. – К. : Либідь, 2005. – 504 с.
4. Балтенас Р., Сафонов А. С., Ушаков А. И., Шергаліс В. Моторные масла: производство, свойства, классификация, применение. – М.-СПб. : Альфа-Лаб, 2000. – 272 с.

УДК 621.891

ГІДРАВЛІЧНІ РІДИНИ ДЛЯ АВТОМАТИЧНИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ

Д.О. Міщук¹, М.М. Балака², М.М. Ходневич³

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних машин, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, e-mail: tdmid@ukr.net

²асистент кафедри будівельних машин, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, e-mail: maxim.balaka@gmail.com

³студент групи БМО-22с, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, e-mail: m.hodnevich@gmail.com