МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт з дисциплін
«Експлуатаційні матеріали автомобілів та тракторів»,
«Палива, мастила і охолоджуючі рідини»
для здобувачів вищої освіти спеціальності
133 Галузеве машинобудування, освітні програми
«Експлуатація, випробування та сервіс автомобілів
та тракторів», «Двигуни внутрішнього згорання»
усіх форм навчання

2023

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисциплін «Експлуатаційні матеріали автомобілів та тракторів», «Палива, мастила і охолоджуючі рідини» для здобувачів вищої освіти спеціальності 133 Галузеве машинобудування, освітні програми «Експлуатація, випробування та сервіс автомобілів та тракторів», «Двигуни внутрішнього згорання» усіх форм навчання / Укл. : В.І. Кубіч, Р.Ф. Сухонос – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2023. – 48 с.

Укладачі: В.І. Кубіч, доцент, канд. техн. наук;
Р.Ф. Сухонос, старший викладач

Рецензент: С.О. Беженов, доцент, канд. техн. наук

Відповідальний за випуск: В.І. Кубіч, доцент, канд. техн. наук

Затверджено
на засіданні кафедри
«Автомобілі»
Протокол № 2
від «1» вересня 2023 р.

Затверджено
на засіданні кафедри
«Двигуни внутрішнього згорання»
Протокол № 1
від «31» серпня 2023 р.

Рекомендовано до видання
НМК Транспортного факультету
Протокол № 105
від «20» вересня 2023 р.

ЗМІСТ

1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1. ВИЗНАЧЕННЯ ГУСТИНИ НАФТОПРОДУКТІВ……..... 5
1.1 Основні положення……... 5
1.2 Визначення густини нафтопродуктів, які мають в'язкість при 50°С не більше 200 сСт…….…….. 7
1.3 Визначення густини нафтопродуктів експериментально-розрахунковим способом…….. 8
1.4 Визначення густини нафтопродуктів, які мають в'язкість при 50°С вище 200 сСт…….. 9
1.5 Завдання на лабораторну роботу…….…… 10
1.6 Контрольні запитання для самоперевірки…….. 11
1.7 Вимоги до оформлення звіту…… 11
2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2. ВИЗНАЧЕННЯ ТИСКУ НАСИЧЕНОГО ПАРУ…… 13
2.1 Основні положення……... 13
2.2 Підготовка апаратури та палива до випробування…… 14
2.3 Проведення випробування та обробка результату вимірювання…… 15
2.4 Завдання на лабораторну роботу……. 16
2.5 Контрольні запитання для самоперевірки……... 17
2.6 Вимоги до оформлення звіту…… 17
3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3. ВИЗНАЧЕННЯ В'ЯЗКОСТІ НАФТОПРОДУКТУ…….. 19
3.1 Основні положення……... 19
3.2 Опис приладу для визначення в'язкості……. 21
3.3 Проведення випробування та обробка результатів вимірювання…… 22
3.4 Завдання на лабораторну роботу……. 23
3.5 Контрольні запитання для самоперевірки…….. 25
3.6 Вимоги до оформлення звіту…… 25
4 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4. ВИЗНАЧЕННЯ ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ НАФТОПРОДУКТУ…… 27
4.1 Основні положення……... 27
4.2 Підготовка до випробування…… 29
4.3 Проведення розгонки…… 31
4.4 Завдання на лабораторну роботу…….…… 32

4.5 Контрольні запитання для самоперевірки…….. 33
4.6 Вимоги до оформлення звіту…… 33
5 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ КАПЛЕПАДІННЯ МАСТИЛА……..….. 35
5.1 Основні положення……... 35
5.2 Підготовка до випробування…… 36
5.3 Проведення випробування…… 37
5.4 Завдання на лабораторну роботу…….…… 38
5.5 Контрольні запитання для самоперевірки……... 39
5.6 Вимоги до оформлення звіту…… 40
6 ПРАВИЛА З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ……. 41
6.1 Загальні вимоги……. 41
6.2 Правила безпечної роботи зі скляним посудом……. 41
6.3 Вимоги до зберігання хімічних речовин…… 42
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА……. 43
ДОДАТОК А. Температурні поправки густин нафтопродуктів…….…….. 44
ДОДАТОК Б. Основні фізико-хімічні показники автомобільних бензинів згідно ДСТУ 4063-2001…… 45
ДОДАТОК В. Основні технічні характеристики дизельних палив згідно ДСТУ 3868-99……...…… 46
ДОДАТОК Г. Асортимент найбільш застосовуваних мастил… 47

1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1. ВИЗНАЧЕННЯ ГУСТИНИ НАФТОПРОДУКТІВ

Мета роботи – ознайомитись з методиками визначення густини нафтопродуктів та набути практичних навиків щодо використання відповідного лабораторного обладнання.

1.1 Основні положення

В системі SI густина вимірюється у кг/м^3.

За еквівалент густини прийнята маса 1 дм^3 хімічно і фізично чистої води при температурі 4°С.

Густиною нафтопродукту називається кількість його маси в одиниці об'єму. Густину нафтопродуктів прийнято виміряти у г/см^3, що є більш зручним для розуміння, хоча і не відповідає міжнародній системі одиниць вимірювання (SI), в якій розмірність зазначеної фізичної величини має буде представлена у кг/м^3 (1 г/см^3 = 1·10^{-3} кг/м^3).

Відносною густиною нафтопродукту називається відношення його маси до маси чистої води при 4°С в тому ж об'ємі. Чисельні значення абсолютної та відносної густини співпадають, але відносна густина не має розмірності.

Нафтопродукти і вода мають різні коефіцієнти об'ємного розширення. Тому при визначенні відносної густини необхідно вказувати температуру води та нафтопродукту, при котрих виконувались визначення. В стандартах для нафтопродуктів дається густина при температурі 20°С.

Густина – один із важливих фізичних параметрів нафтопродуктів.

Від густини бензину залежить його рівень в поплавковій камері, отже, кількість яка протече крізь жиклер карбюратора, а також пробіг автомобіля без заправки паливного бака. Густина товарних бензинів знаходиться в діапазоні від ρ_i = 0,70 г/см^3 до ρ_{i+1} = 0,77 г/см^3.

Густина дизельних палив визначає кількість палива, яка подається в циліндр за кожний цикл (циклова подача), тому що паливний насос високого тиску дозує паливо за об'ємом. Густина

товарних дизельних палив ρ = 0,825…0,830 г/см^3 (легкі палива) та ρ = 0,860…0,870 г/см^3 (важкі палива).

Густина використовується при складанні сумішей нафтопродуктів. Густина суміші визначається за формулою:

$$\rho_{см} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_1 V_1 + ... + \rho_n V_n}{V_1 + V_2 + ... + V_n}, \quad (1.1)$$

де ρ_1, ρ_2…ρ_n – густина компонентів суміші, г/см^3;

V_1, V_2…V_n – об'єми компонентів суміші, см^3.

Рівняння (1.1) використовується при рішенні зворотного завдання – визначення об'єму компонентів суміші із заданою густиною.

В практиці густину визначають при температурах, які відрізняються від 20°С. Приведення густини до 20°С виконується за формулою Д.І. Менделєєва:

$$\rho_{20} = \rho_t + \gamma(t - 20), \quad (1.2)$$

де ρ_t – густина нафтопродукту при температурі випробування;

γ – середня температурна поправка густини на 1 градус (додаток А).

Густина нафтопродукту можна визначити ареометром, гідростатичними вагами Вестфаля та пікнометром (ГОСТ 3900-89, [1]). Нафтоденсіметром (ареометром) та вагами Вестфаля визначають густину світлих і темних нафтопродуктів, які не виділяють осадок при розбавлені.

Пікнометром визначають густину всіх нафтопродуктів, у тому числі і твердих бітумів.

У лабораторній роботі розглядається методика вимірювання густини автомобільних експлуатаційних матеріалів за допомогою нафтоденсіметра. При цьому використовуються наступні прилади:

– нафтоденсіметр (ГОСТ 18481-81, [2]);

– циліндр скляний відповідної висоти з внутрішнім діаметром 50 мм;

– термометр ртутний (ГОСТ 8.279-78, [3]) з інтервалом визначення температур від –20°С до +50°С та ціною ділення в 1°С.

До визначення густини нафтопродукт витримують при температурі навколишнього середовища, для того щоб він прийняв її температуру.

1.2 Визначення густини нафтопродуктів, які мають в'язкість при 50°С не більше 200 сСт

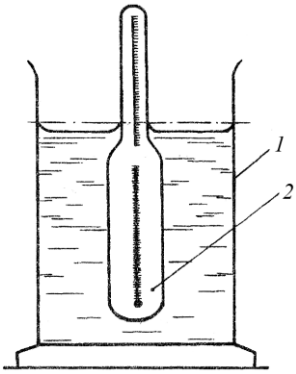
Для проведення дослідів використовується набір нафтоденсіметрів з відповідними шкалами (рис. 1.1).

Рисунок 1.1 – Набір нафтоденсіметрів

Циліндр *1* (рис. 1.2) встановлюють на столі і в нього обережно наливають нафтопродукт, температура якого може відрізнятися від температури оточення не більш як на ±5°С, в такій кількості, щоб при зануренні в нього нафтоденсіметру рівень рідини не піднявся вище краю циліндра.

Чистий сухий нафтоденсиметр *2*, підтримуючи за верхній кінець, обережно занурюють в циліндр з нафтопродуктом. Після того як нафтоденсіметр заспокоїться, виконують відлік по верхньому краю меніску. Око спостерігача при цьому повинно знаходитись на рівні меніску. Одночасно з цим фіксують температуру нафтопродукту. Якщо остання не буде рівнятися 20°С, отриману густину перераховують за формулою (1.2).

Вимірювання густини виконують три рази. Розходження між вимірюваннями не повинно бути більше 0,001 г/см^3. Величина густини ρ_t визначається як середньоарифметична.



1 – мірна колба з рідиною; *2* – нафтоденсіметр
Рисунок 1.2 – Розміщення нафтоденсіметра у ємності з досліджуваною рідиною

1.3 Визначення густини нафтопродуктів експериментально-розрахунковим способом

Для визначення густини експериментально-розрахунковим способом пропонується використовувати зважування певної кількості досліджуваної рідини (рис. 1.3), яка розміщується у відповідному об’ємі при поточної температурі навколишнього середовища.

а *б*

а – без досліджуваної рідини; *б* – з досліджуваною рідиною
Рисунок 1.3 – Зважування мірних об’ємів рідини

Основним лабораторним обладнанням є:
– шприц медичний об'ємом, наприклад, V = 10 см^3;
– ваги.
Густина досліджуваної рідини визначають за формулою:

$$\rho = (m_2 - m_1)/V, \qquad (1.3)$$

де m_2, m_1 – маси мірного об'єму з рідиною та без неї, г;
V – об'єм рідини, що розміщено у шприці, см^3.

Вимірювання густини виконують три рази. Розходження між вимірюваннями не повинно бути більше 0,001 г/см^3. Величина густини ρ_t визначається як середньоарифметична. Одночасно з цим фіксують температуру нафтопродукту. Якщо остання не буде рівнятися 20°С, то отримане значення густини перераховують за формулою (1.2).

1.4 Визначення густини нафтопродуктів, які мають в'язкість при 50°С вище 200 сСт

Безпосередньо визначення густини дуже в'язких нафтопродуктів дає велику помилку. В такому разі треба зменшити в'язкість нафтопродукту. Це можна зробити шляхом нагрівання нафтопродукту. Але при нагріванні вище 40°С розрахунок за формулою (1.2) дає велику помилку. Тому в'язкі нафтопродукти розбавляють рівною по об'єму кількістю тракторного або освітлювального гасу, кількість якого відома. Також для засвоєння методики визначення густини можливо використати й інші суміші, наприклад, дизельного палива та бензину. Густина суміші вимірюють нафтоденсіметром. Якщо $V_1 = V_2 \ldots = V_n$, то формула (1.1) матиме вигляд:

$$\rho_{см} = \frac{\rho_г + \rho_н}{2}, \qquad (1.4)$$

де $\rho_г$ – густина гасу (бензину), г/см^3;
$\rho_н$ – густина нафтопродукту.

Тоді густина нафтопродукту визначиться за формулою:

$$\rho_н = 2\rho_{см} - \rho_г . \quad (1.5)$$

Результати вимірювань та обчислювань заносять у таблицю відповідної форми.

1.5 Завдання на лабораторну роботу

Під час проведення лабораторної роботи виконуються наступі завдання:

– вивчити методику визначення густини нафтопродуктів різними засобами;

– визначити численні значення густини малов'язких і в'язких нафтопродуктів за запропонованим переліком;

– провести порівняння значень густини, отриманих різними способами.

Для засвоєння методики визначення густин нафтопродуктів та проведення порівняльного їх аналізу пропонується для проведення дослідів використати наступний перелік рідких матеріалів, що наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Експлуатаційні матеріали

Найменування матеріалу	Позначення
Бензин автомобільний	А-95
Моторні оливи	15W40 Азмол, 15W40 Lubex
Моторні оливи рослинного походження (експериментальні для двотактних ДВЗ)	ріпакова, соняшникова
Трансмісійні оливи	80W90, ТАД-17и
Гальмівна рідина	DOT-4
Амортизаторна рідина	АЖ-12Т
Охолоджувальна рідина	Тосол

Запропоновані для розгляду матеріали застосовуються при експлуатації як окремо ДВЗ у складі стаціонарних або рухомих установок, так і автомобілів та тракторів у цілому. Також можливий й інший асортимент матеріалів.

1.6 Контрольні запитання для самоперевірки

1. Що називається абсолютною та відносною густиною?
2. Для чого треба знати густину автомобільних експлуатаційних матеріалів?
3. Які чисельні значення густин мають товарні бензини та дизпалива?
4. Які прилади використовуються для визначення густини нафтопродуктів?
5. Як визначається густина в'язких нафтопродуктів?
6. Як виконується приведення густини до 20°С?

1.7 Вимоги до оформлення звіту

За результатами проведених дослідів здобувач складає звіт з лабораторної роботи за формою, яка наведена нижче. Форма таблиці може бути складана здобувачем особисто у іншому вигляді, але вона повинна бути обґрунтованою та доцільною.

Лабораторна робота визнається зарахованою, якщо студент самостійно виконав дослід (при проведенні занять у режимі online переглянув навчальні відеоролики), якісно виконав звіт по роботі, надав його на перевірку викладачеві (розмістив у системі Moodle) та відповів на контрольні запитання.

Звіт до лабораторної роботи № 1.
Визначення щільності нафтопродуктів

Мета роботи: _____
Прилади, обладнання: _____
Назва нафтопродуктів: _____

Результати визначення густини нафтопродуктів наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати вимірювань густини нафтопродуктів

№	Назва нафтопродукту	ρ_t, г/см^3		t, °C	γ, г/(см^3·град)	ρ_{20}, г/см^3
		1-й спосіб	2-й спосіб			
1	Бензин А-95					
2	Суміш…….					
…	……..	…….	……..	…….	……..	……..
…	В’язкий нафтопродукт (моторна олива, трансмісійна олива)					
…	Технічні рідини					

На підставі порівняння даних таблиць 1, 2 визначено, що ….. …… (*аналізуються співпадіння та розходження отриманих значень густин за усіма зразками, що досліджувались*).

Висновки: …….. (*формулюється судження про виконання завдань лабораторної роботи*).

2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2. ВИЗНАЧЕННЯ ТИСКУ НАСИЧЕНОГО ПАРУ

Мета роботи – ознайомитись з методикою визначення тиску насиченого пару та набути практичних навиків щодо використання відповідного лабораторного обладнання.

2.1 Основні положення

Однією з головніших характеристик, наприклад, палива для бензинових двигунів, є тиск насиченого пару. Тиском насиченого пару є тиск, при якому при даній температурі наступає динамічна рівновага між паровою та рідинною фазами.

Для індивідуальних рідин тиск насиченого пару – фізична константа, залежна тільки від молекулярних властивостей рідини та температури. Для рідин неоднорідного складу (бензин) тиск насиченого пару залежить від складу бензину та об'єму середовища, в якому знаходиться парова фаза. Це пояснюється тим, що при різних об'ємах буде переходити в парову фазу різна кількість компонентів з найбільшим тиском пару, а тому склад рідинної фази буде різним. Таким чином, для кожного співвідношення рідинної та парової фаз рівновага парів буде встановлюватись з рідиною різного складу, а це впливає на величину тиску насиченого пару. Але при однакових умовах тиск насиченого пару буде тим більше, чим більше в бензині легких фракцій (головних фракцій). Ураховуючи, що в період пуску двигуна в хід, особливо взимку, випаровуються тільки головні фракції, тиск насиченого пару характеризує пускові властивості палива. Чим вищим є тиск насиченого пару, тим легшим пуск двигуна в хід, особливо взимку.

В прогрітому двигуні легкокиплячі фракції палива та розчинене в ньому повітря при підвищеній температурі легко виділяються. Через жиклери карбюратора та форсунки в такому разі поступає емульсія. Вагова кількість палива, яка надходить в одиницю часу, зменшується і паливна суміш збіднюється. Зовнішньою ознакою збіднення суміші є зворотні спалахи в карбюраторі, перебої в роботі двигуна.

При дуже великих значеннях тиску насиченого пару та температурі навколишнього середовища в бензопроводах

утворюються пароповітряні пробки і, як наслідок, порушується подача палива у сумішеутворювальний пристрій. За діючими стандартами тиск насиченого пару автомобільних бензинів при 311,2 К (38°С) не більше:

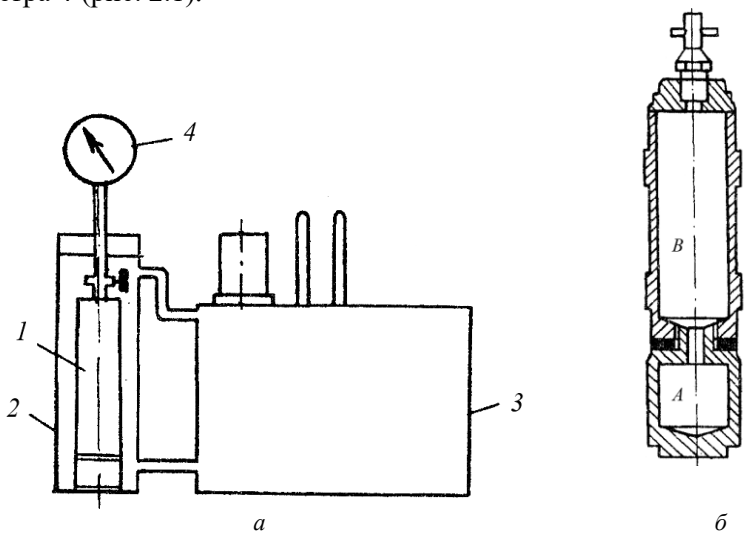
– влітку 660 ГПа (500 мм.рт.ст);

– взимку 800 ГПа (600 мм.рт.ст).

Визначення тиску насиченого пару моторних палив (ГОСТ 15823-70, [4]) проводиться в герметичній стандартній металевій бомбі шляхом заміру тиску по манометру при 38°С та співвідношенні рідинної та парової фаз 1:4.

2.2 Підготовка апаратури та палива до випробування

Прилад для визначення тиску насиченого пару складається із металевої бомби *1*, водяної бані *2*, термостату *3* і механічного манометра *4* (рис. 2.1).



а – схема приладу: *1* – металева бомба; *2* – водяна баня; *3* – термостат; *4* – механічний манометр; *б* – металева бомба у розрізі: А – порожнина для дослідного матеріалу; В – порожнина для утворення парової фази

Рисунок 2.1 – Прилад для визначення тиску насиченого пару

Металева бомба виконана із двох частин: паливної камери А і повітряної Б, які з'єднуються між собою за допомогою різьби та прокладки. Верхнє денце повітряної камери закінчується ніпелем з краном для приєднання манометра. Герметичність апарата в зібраному вигляді перевіряють повітрям під тиском 0,7 МПа і зануренням у воду. Водяна баня необхідна для нагрівання бомби з бензином до температури 38 ± 0,3°С. Ця температура підтримується за допомогою нагрівального пристрою з терморегулятором (термостату). Тиск пару палива вимірюють за допомогою механічного манометра в кгс/см^2.

Чисельну величину невиправленого тиску визначають в ГПа (гектопаскалях) і в мм.рт.ст. 1 кгс/см^2 = 981 ГПа = 736 мм.рт.ст. До випробування паливо охолоджують в крижаній ванні.

Металеву бомбу перед випробуванням розбирають. Повітряну камеру та з'єднувальну трубку промивають підігрітою до 30…40°С водою. Це необхідно для того, щоб очистити повітряну камеру від залишку пару палива попереднього випробування. Після цього вимірюють температуру повітря в повітряній камері. Термометр повинен знаходитись в повітряній камері не менш як 5 хвилин. Паливну камеру обполіскують 2–3 рази випробовуваним паливом і заповнюють пробою так, щоб паливо перелилось через вінце. Після цього з'єднують щільно обидві камери.

2.3 Проведення випробування та обробка результату вимірювання

Зібрану бомбу (рис. 2.1 *б*) перевертають і декілька разів струшують, після чого повністю занурюють у водяну баню з температурою 38°С. Після занурення відкривають кран і через 5 хвилин вимірюють тиск по манометру. Після цього закривають кран виймають бомбу із бані, знову перевертають бомбу і швидко струшують, занурюють і відкривають кран. Цю операцію повторюють через кожні 2 хвилини контролюючи тиск. Коли послідовні виміри по манометру стануть постійними, фіксують «невиправлений» тиск насиченого пару $p_н$.

В «невиправлену» величину тиску необхідно внести поправку на зміну тиску повітря в повітряній камері породжену різницею між

початковою температурою Т і температурою водяної бані. Поправка обчислюється за формулою:

$$\Delta p = \frac{(p_a - p_т)\cdot(T - 311{,}2)}{T} - (p_{311{,}2} - p_т), \qquad (2.1)$$

де p_a – атмосферний тиск ГПа;

$p_т$ – тиск насиченого пару при температурі Т, ГПа;

Т – початкова температура в повітряній камері, К;

$p_{311,2}$ = 66 ГПа – тиск насиченого пару води при 311,2 К [7].

Тоді дійсний тиск насиченого пару визначиться за формулою:

$$p_н^{311,2} = p_н + \Delta p\,. \qquad (2.2)$$

2.4 Завдання на лабораторну роботу

Під час проведення лабораторної роботи виконуються наступі завдання:

– вивчити методику визначення тиску насиченого пару;

– побудувати залежності зміни тиску насичено пару від температурного стану для визначених паливо-мастильних матеріалів та спеціальних технічних рідин за запропонованим переліком;

– провести порівняння інтенсивностей зміни тиску насиченого пару для однотипних матеріалів;

– визначити матеріал та температурні умови, при яких можливий сталий тиск насичених парів.

Для засвоєння методики визначення тиску насичених парів окремих паливо-мастильних матеріалів, технічних рідин, побудування закономірностей їх зміни в залежності від температури та проведення порівняльного аналізу отриманих даних пропонується для проведення дослідів використати наступний перелік рідких матеріалів, який наведений в таблиці 2.1.

Запропоновані для розгляду матеріали застосовуються при експлуатації як окремо ДВЗ у складі стаціонарних або рухомих установок, так і автомобілів та тракторів у цілому. Також можливий й інший асортимент матеріалів.

Таблиця 2.1 – Паливно-мастильні матеріали та технічні рідини

Найменування матеріалу	Позначення
Бензин автомобільний	А-95
Дизельне паливо	ДП
Моторні оливи	15W40 Азмол, 10W40 EVO, 5W40 EVO
Гальмівна рідина	DOT-4
Амортизаторна рідина	АЖ-12Т
Розчинники	Р-647, «Сольвент»

2.5 Контрольні запитання для самоперевірки

1. Що називається тиском насиченого пару?
2. Від яких факторів залежить величина тиску насиченого пару палива?
3. Які властивості палива визначає тиск насиченого пару?
4. Як визначається «невиправлений» тиск насиченого пару?
5. Які чисельні значення тиску насиченого пару мають товарні бензини?
6. Як визначається поправка і дійсний тиск насиченого пару?

2.6 Вимоги до оформлення звіту

За результатами проведених дослідів здобувач складає звіт з лабораторної роботи за формою, яка наведена нижче у звіті. Форма таблиці може бути складана здобувачем особисто у іншому вигляді, але вона повинна бути обґрунтованою та доцільною.

Лабораторна робота визнається зарахованою, якщо студент самостійно виконав експеримент (при проведенні занять у режимі online переглянув навчальні відеоролики), якісно виконав звіт по роботі, надав його на перевірку викладачеві (розмістив у системі Moodle) та відповів на контрольні запитання.

Звіт до лабораторної роботи № 2.
Визначення тиску насиченого пару

Мета роботи: _____
Прилади, обладнання: _____
Назва нафтопродуктів: _____

Результати визначення зміни тиску від температури для дизельного палива наведено в таблиці 1, а побудована графічна залежність – на рисунку 1 (графічні залежності рекомендовано будувати із використанням програми Microsoft Excel).

Таблиця 1 – Результати вимірювань тиску насичених парів для дизельного палива

Температура Т, ºС							
Тиск р, кгс/см^2							

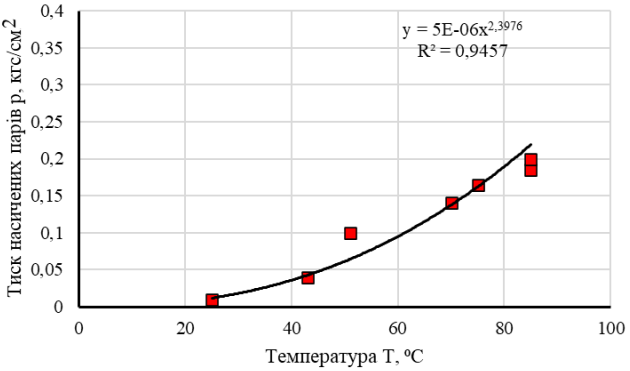


Рисунок 1 – Зміна тиску насичених парів дизельного палива від температурного стану

Аналіз графіку на рисунку 1 вказує на те, що…… (*аналізується характер зміни графічної залежності та наявність сталого стану тиску при зміні температури*).

Надалі наводяться відповідні результати для кожного із досліджуваних зразків експлуатаційних матеріалів.

Висновки: …… (*формулюється судження про виконання завдань лабораторної роботи*).

3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3. ВИЗНАЧЕННЯ В'ЯЗКОСТІ НАФТОПРОДУКТУ

Мета роботи – ознайомитись з методикою визначення в'язкості автомобільних експлуатаційних матеріалів та набути практичних навиків щодо використання відповідного лабораторного обладнання.

3.1 Основні положення

Одним із найважливіших параметрів, які характеризують експлуатаційні властивості моторних, трансмісійних олив [5], дизельних палив і палив для двигунів з іскровим підпаленням є в'язкість.

Як відомо, основним призначенням моторних і трансмісійних олив є зменшення тертя між поверхнями деталей, запобігання спрацьовуванню деталей автомобіля, охолодження вузлів тертя, захист від корозії. Моторні оливи, які застосовують в поршневих двигунах внутрішнього згорання, крім того, перешкоджають прориву робочої суміші та продуктів згорання з циліндру в картер забезпечуючи ущільнення малих зазорів між поршневими кільцями та циліндром. Від вірного вибору в'язкості моторних і трансмісійних олив залежить надійність, ефективність та економічність роботи автомобілів і тракторів.

В залежності від типу та конструктивних особливостей двигуна, рівня зносу, кліматичних і географічних умов роботи випускають моторні оливи в'язкістю при 100°С (ν_{100}) від 5 до 15 сСт. Щоб уникнути видавлювання моторної оливи з під поверхні тертя та порушення режиму рідинного мащення моторні оливи з більшими значеннями в'язкості застосовують у двигунах, поверхні тертя яких механічно та термічно більше напружені. Також моторні оливи з більшими значеннями в'язкості застосовують у двигунах, які мають великий механічний знос деталей, що лімітують ресурс роботи у цілому. Взимку застосовують моторні оливи з меншою в'язкістю.

В'язкість трансмісійних мастил визначає втрати потужності в вузлах трансмісії, а взимку ускладнюють експлуатацію автомобілів.

Від в'язкості бензину залежить витрата його крізь жиклери карбюратора, тобто, склад горючої суміші.

Дуже важливим параметром є в'язкість дизельного палива. Від в'язкості залежать втрати палива на перетікання крізь конструктивні зазори плунжерної пари паливного насосу високого тиску, втрати потужності у процесі упорскування палива і зношування деталей паливної апаратури. Від в'язкості залежить розмір краплин палива, кут конуса розпилу та далекобійність факела палива, яке упорскується у циліндр.

Діючими стандартами передбачено в'язкість дизпалива при Т = 293 К:

– арктичних (ДА) ν_{293} = 2,5…4 сСт;

– зимових (ДЗ) ν_{293} = 3,5…6 сСт;

– літніх (ДЛ) ν_{293} = 3,5…8 сСт.

Для автотракторних моторних, трансмісійних олив дуже важливою характеристикою є в'язкісно-температурна характеристика – залежність в'язкості від температури. В оливах нафтового походження при зниженні температури в'язкість значно зростає, що утруднює пуск двигуна в хід, особливо взимку.

Найбільше розповсюдження при розрахунках та контролю якості моторних і трансмісійних олив має кінематичний коефіцієнт в'язкості (кінематична в'язкість):

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}, \qquad (3.1)$$

де μ – динамічний коефіцієнт в'язкості, Н·с/м^2 (Па·с);

ρ – плотность, кг/м^3.

За одиницю кінематичного коефіцієнту в'язкості приймають 1 сСт. Стокс – одиниця виміру в'язкості рідини з густиною 1 г/см^3, котра чинить опір в 1 дину взаємному переміщенню двох прошарків площиною 1 см^2, які знаходяться на відстані 1 см і переміщуються один відносно другого з швидкістю 1 см/с. Сота доля Стокса називається сантистоксом (сСт). Кінематичний коефіцієнт в'язкості води при 277 К дорівнює приблизно 1 сСт.

Умовною (відносною) в'язкістю називається відношення часу витікання крізь калібрований отвір віскозиметра 200 см^3 нафтопродукту при температурі випробування до часу витікання

200 см^3 дистильованої води при температурі 293 К (водне число). Величина цього відношення виражається як число умовних градусів ВУ.

Між умовною і кінематичною в'язкістю існує залежність:

– для ВУ від 1 до 12 умовних градусів

$$\nu = 7{,}24 \cdot ВУ - \frac{6{,}25}{ВУ}, \text{ сСт;} \qquad (3.2)$$

– для ВУ > 12 умовних градусів

$$\nu = 7{,}4 \cdot ВУ, \text{ сСт.} \qquad (3.3)$$

3.2 Опис приладу для визначення в'язкості

Віскозиметр (рис. 3.1) складається з резервуара *1* для нафтопродукту і ванни *2*, яка служить термостатом для підтримування необхідної температури.

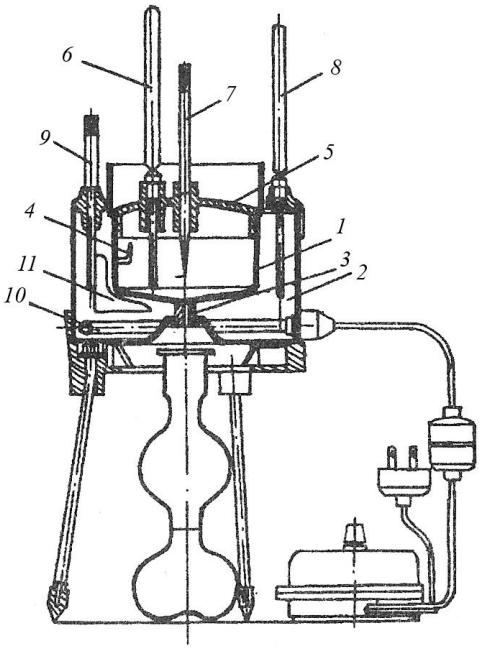
Резервуаром для нафтопродукту служить латунна посудина (резервуар) *1*, внутрішня поверхня якої хромована та полірована. До донця резервуара в його центрі припаяна калібрована трубка *3* з нержавіючої сталі, внутрішня поверхня якої старанно відполірована.

До внутрішньої поверхні резервуара прикріплені на рівній відстані від донця і друг від друга три зігнутих під прямим кутом загострених латунних штифта *4*, вістря яких вказують товщину шару рідини, а також положення приладу.

Резервуар закривається латунною кришкою *5*, крізь яку пропущена дві латунні трубки: бокова під кутом 60°, в якій розміщується термометр *6* і центральна для голки *7*. Голка *7*, за допомогою якої перекривається стічний отвір трубки *3*, виготовлена з твердого дерева, верхня її частина розміщена в металевій оправі з пружиною для фіксації в піднятому положенні.

Резервуар закріплений в центрі алюмінієвої ванни, в якій прилаштоване пристосування для закріплення термометру *8* та мішалки *9*, якою перемішують термостатну рідину (воду або оливу), яку заливають у ванну.

Ванну з резервуаром для нафтопродукту встановлюють на металевий триніжник, ніжки якого обладнані двома регулюючими гвинтами для влаштування приладу по рівню. Для нагрівання ванни служить нагрівальний елемент *10* потужністю 10 Вт, розміщений в кільці триножника. Регулювання нагріву виконується за допомогою автотрансформатора.



1 – резервуар; *2* – ванна; *3* – калібрована трубка; *4* – штифт; *5* – кришка із отворами; *6, 8* – термометр; *7* – голка; *9* – мішалка; *10* – нагрівальний елемент; *11* – екран
Рисунок 3.1 – Прилад для визначення в'язкості рідких матеріалів

3.3 Проведення випробування та обробка результатів вимірювання

До внутрішнього резервуару наливають нафтопродукт до рівня, позначеного вістрями штифтів. Перевіряють горизонтальність прибору. У випадку необхідності змінюють висоту ніжок гвинтами до

тих пір доки вістря усіх трьох штифтів не будуть однаково виступати на поверхні нафтопродукту. Ванна заливається водою.

Нагрів нафтопродукту виконують в такій послідовності. Вмикають автотрансформатор до електромережі при положенні регулятора відповідно 220 В і підігрівають воду у ванні, періодично помішуючи мішалкою для швидкого та рівномірного нагрівання нафтопродукту. З підвищенням температури нафтопродукту напругу електричного струму знижують так, щоб при температурі нафтопродукту на 5 К нижче заданої для досліду напруга була знижена до мінімальної, близької до нуля, і очікують, коли температура нафтопродукту стане рівною для іспиту.

Після того як температура нафтопродукту стане сталою виконують вимірювання, для чого швидко піднімають запірну голку, підтримуючи кришку, і одноразово вмикають секундомір.

Коли в мірну колбу набіжуть 200 $см^3$ нафтопродукту, зупиняють секундомір і закривають калібрований отвір голкою. При кожній температурі проводять по три вимірювання часу витікання нафтопродукту. Розбіг не повинен перевищувати 1 секунду при часі витікання 250 секунд, 2 секунд при часі витікання 400 секунд, і 3 секунди – при часі витікання 500 секунд.

Відносну в'язкість визначають поділив час витікання нафтопродукту при температурі випробування на час витікання води при 293 К (водне число).

Водне число віскозиметра № 1073 дорівнює 51,42 с, а віскозиметра № 1067 – 50,34 с.

3.4 Завдання на лабораторну роботу

Під час проведення лабораторної роботи виконуються наступі завдання:

– вивчити методику визначення в'язкості автомобільних експлуатаційних матеріалів;

– визначити чисельні значення величини кінематичної в'язкості моторних трансмісійних олив дослідним шляхом;

– побудувати залежності зміни коефіцієнту кінематичної в'язкості в залежності від температури для визначених рідких мастильних матеріалів за запропонованим переліком;

– провести порівняння отриманих в'язкістно-температурних характеристик за інтенсивністю зміни.

Під час виконанні роботи кожен студент повинен:

– визначити дослідним шляхом відносну в'язкість ВУ для температур, зазначених в таблиці 3.1 (можливі й інші температури в залежності від можливостей та умов проведення дослідів);

– перерахувати відносну в'язкість в кінематичну за формулами (3.2) і (3.3);

– по наслідкам дослідження та розрахунку побудувати в'язкісно-температурну характеристику, відклавши по осі абсцис температуру, а по осі ординат відповідні значення в'язкості.

Таблиця 3.1 – Значення відносної в'язкості

Т, К	Навколишнього середовища	313	333
Час витікання нафтопродукту			
Відносна в'язкість в умовних градусах			
Кінематичний коефіцієнт в'язкості			

Результати вимірювань і розрахунків заносять в таблиці даних для дослідних олив.

Для засвоєння методики визначення кінематичної в'язкості рідких мастильних матеріалів, побудування в'язкісно-температурної характеристики, а також проведення порівняльного аналізу отриманих даних пропонується для проведення дослідів використати наступний перелік рідких матеріалів, який наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Паливно-мастильні матеріали та технічні рідини

Найменування матеріалу	Позначення
Моторні оливи	15W40 Азмол, 10W40 EVO, 5W30 Kennol,
Трансмісійні оливи	80W90, ТАД-17и

Запропоновані для розгляду матеріали застосовуються при експлуатації як окремо ДВЗ у складі стаціонарних або рухомих установок, так і автомобілів та тракторів у цілому. Також можливий й інший асортимент матеріалів.

3.5 Контрольні запитання для самоперевірки

1. Що називається кінематичною в'язкістю? Одиниці кінематичної в'язкості.
2. Що називається відносною в'язкістю?
3. Як впливає в'язкість мастил на роботу двигуна і трансмісії?
4. Від яких факторів залежить чисельне значення в'язкості мастил для ДВЗ? Назвіть чисельні значення в'язкості мастил ДВЗ.
5. Як впливає в'язкість палив на робочі процеси карбюраторних і дизельних двигунів?
6. Поясніть пристрій віскозиметра.
7. Який порядок визначення відносної в'язкості?
8. Як визначити кінематичну в'язкість через відносну?

3.6 Вимоги до оформлення звіту

За результатами проведених дослідів здобувач складає звіт з лабораторної роботи за формою, яка наведена нижче у звіті. Форма таблиці може бути складана здобувачем особисто у іншому вигляді, але вона повинна бути обґрунтованою та доцільною.

Лабораторна робота визнається зарахованою, якщо студент самостійно виконав експеримент (при проведенні занять у режимі online переглянув навчальні відеоролики), якісно виконав звіт по роботі, надав його на перевірку викладачеві (розмістив у системі Moodle) та відповів на контрольні запитання.

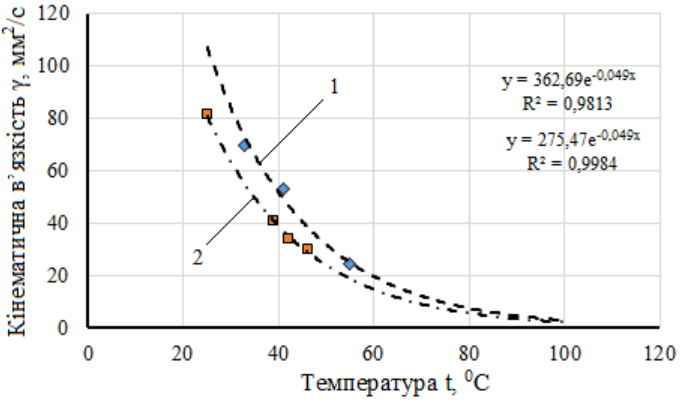
Звіт до лабораторної роботи № 3.
Визначення в'язкості нафтопродукту

Мета роботи: _____
Прилади, обладнання: _____
Назва нафтопродуктів: _____

Результати визначення в’язкості моторної оливи …….. наведено у таблиці 1, а побудована в’язкісно-температурна характеристика на рисунку 1 (графічні залежності рекомендовано будувати із використанням програми Microsoft Excel).

Таблиця 1 – Результати визначення коефіцієнта кінематичної в’язкості моторної оливи ……..

Температура Т, °С							
ВУ							
Кінематична в’язкість ν, сСт							



1 – нова, без напрацювання у двигуні; *2* – після напрацювання з додаванням присадки ……

Рисунок 1 – В’язкісно-температурна характеристика моторної оливи ……

Аналіз графіку на рисунку 1 вказує на те, що ……. (*аналізується характер зміни графічної залежності та наявність відмінностей, якщо на полі наводиться декілька графіків*).

Надалі наводяться відповідні результати для кожного із досліджуваних зразків експлуатаційних матеріалів.

Висновки: …… (*формулюється судження про виконання завдань лабораторної роботи*).

4 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4. ВИЗНАЧЕННЯ ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ НАФТОПРОДУКТУ

Мета роботи – ознайомитись з методикою визначення фракційного складу палив для двигунів внутрішнього згорання та набути практичних навиків щодо використання відповідного лабораторного обладнання.

4.1 Основні положення

Нафта та нафтопродукти не є індивідуальними рідинами, а є складними фізичними сумішами великого числа хімічних сполучень (вуглеводних) з різними молекулярними масами і фізичними властивостями (густина, температура кипіння й т.д.). Тому якщо нафту та нафтопродукти поступово підігрівати, то в пароподібній стан спочатку переходять сполучення з низькою температурою, а далі з підвищенням температури решта сполучень з більш високою температурою кипіння.

Якщо пропустити ці пари крізь холодильник, зібрати послідовно в окремі посудини, то можна виділити з нафти (нафтопродукту) фракції, що википають в певному температурному інтервалі.

Кількість різних фракцій що знаходяться в нафті: бензинових від 2 до 30% і більше, гасу від 15 до 40%, газойлевих і солярових до 40%.

Бензин отримують з легкокиплячих фракцій, які випаровуються в інтервалі температур від 303…308 К до 453…478 К.

Дизельні палива, в склад яких надходять гасові та більш важкі фракції нафти, відганяють при більш високих температурах – від 423…450 К до 613…633 К.

В технічних умовах на автомобільні та тракторні палива одним з найважливіших показників є фракційний склад, котрий характеризується температурами википання об’ємних часток (фракцій) палива, отже, визначає випарування їх в двигунах.

Для оцінки випарування палива при різних умовах та режимах роботи двигуна ДСТУ, ГОСТом і ТУ нормуються температури, при

яких переганяються 10, 50, 90% палива (так звані 10%, 50% та 90% точки).

Температура википання 10% палива t_{10} характеризує його пускові властивості. Чим нижче t_{10}, тим швидше випаровуються головні фракції, отже при більш низькій температурі можливо пустити двигун в хід. Однак надмірне полегшення збіднює суміш, внаслідок випарування палива ще до карбюратора, а також веде до утворення парових пробок в паливопроводах і припинення руху палива.

Температура t_{50} впливає на швидкість прогріву двигуна та прийомистість його в роботі, тобто спроможність переходу з одного швидкісного режиму на другий. При зниженні t_{50} прискорюється прогрів двигуна після пуску та поліпшується його динаміка. Але надмірне зниження t_{50} може призвести до обмерзання карбюратора навіть при навколишній температурі вище 283 К.

Температура t_{90} зумовлює повноту випаровування палива. З підвищенням t_{90} зменшується повнота випаровування, що веде до нерівномірності розподілу суміші по циліндрах двигуна, розрідження моторної оливи і, як наслідок, підвищення витрати палива та механічного зношування деталей механізмів двигуна.

На рисунку 4.1 показана крива розгонки бензину – температура початку кипіння, його фракції – пускова, робоча та кінцева.

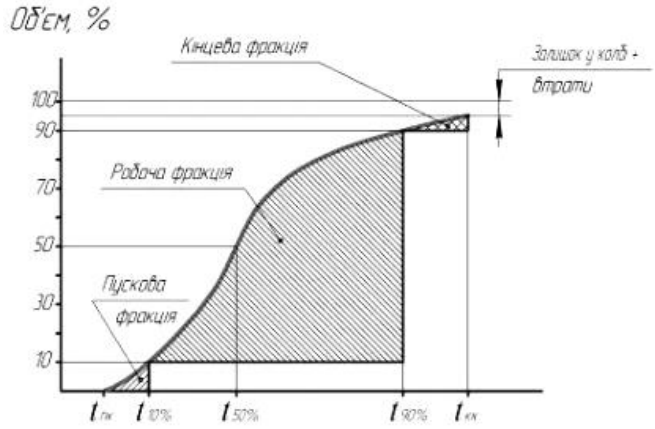


Рисунок 4.1 – Крива фракційної розгонки бензину

Температура початку кипіння ($t_{п.к.}$) вказує на наявність в паливі найбільш легких вуглеводнів, які повинні випаровуватися при температурі не нижче нормативної. Зниження $t_{п.к.}$ може привести до того, що в спекотні часи доби будуть утворюватися парові пробки в системі живлення, що приведе до неможливості запуску двигуна та значних втрат палива при його зберіганні: $t_{п.к}$. повинна бути не нижче 30°С.

Фракція палива від початку кипіння і до випаровування 10% об'єму ($t_{пк-t10\%}$) має назву пускова.

Фракційний склад дизельного палива впливає також на швидкість його випаровування та утворення суміші після упорскування. Однак полегшення фракційного складу знижує спроможність дизельного палива до самозапалення, що ускладнює пуск дизеля взимку та підвищує жорсткість його роботи.

Визначення фракційного складу автотракторних палив та інших нафтопродуктів виконується згідно ГОСТу 2177–82 [6] за допомогою приладу (рис. 4.1).

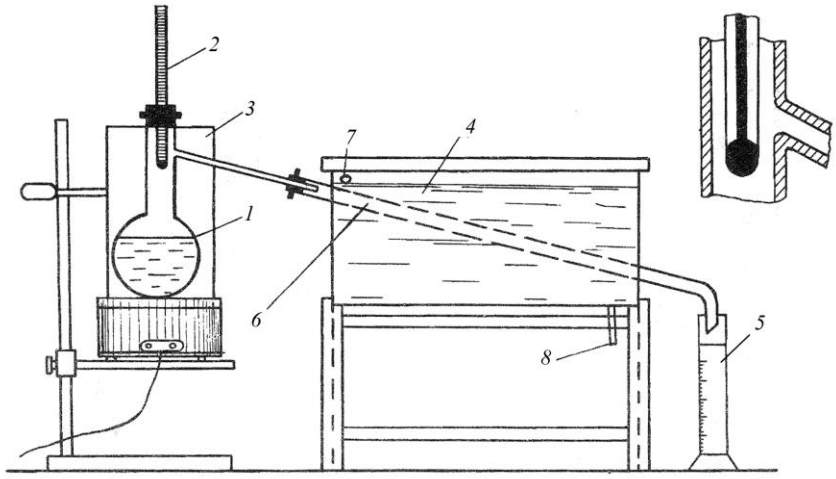
4.2 Підготовка до випробування

Так як в нафтопродуктах інколи є вода, то перед випробуванням її необхідно усунути з палива шляхом відстою. Остаточно висушити дизельне паливо можливо збовтуванням із сухим сульфатом натрію або хлористим калієм. Важкі палива підсушують нагріваючи їх до 323 К і фільтруючи декілька разів крізь прошарок крупно-кришталевої сухої солі.

Трубку *6* холодильника (рис. 4.2) протирають усередині тканиною, прикріпленою до мідного або алюмінієвого дроту, з метою очистити її від залишків рідини попередньої перегонки палива.

В чисту колбу *1* за допомогою циліндра *5* наливають 100 $см^3$ досліджуваного нафтопродукту (бензину Б-70). Потім в шийку колби на добре припасованій пробці вставляють термометр *2* з градуюванням від 0°С до 360°С (273…633 К). При цьому вісь термометра повинна співпадати з віссю шийки колби, а верхівка ртутного стовпця повинна знаходитися на рівні нижнього краю відвідної трубки в місці її припаю.

Відвідна трубка колби з'єднується через коркову пробку з трубкою холодильника *4*. Відвідна трубка колби повинна входити в трубку холодильника на 25…40 мм і не торкатися її стінок.



1 – колба; *2* – термометр; *3* – кожух; *4* – холодильник; *5* – циліндр; *6* – відвідна трубка; *7* – нижній кожух; *8* – трубка холодильника
Рисунок 4.2 – Прилад для визначення фракційного складу палива

При розгонці бензину ванну холодильника заповнюють льодом і заливають водою настільки, щоб вона покрила повністю трубку холодильника. При розгонці більш важких нафтопродуктів охолодження здійснюється проточною водою. Температура води на виході повинна бути не вище 303 К.

В зібраному приладі колба повинна знаходитися в вертикальному положенні і закриватися кожухом *3*.

Мірний циліндр *5* ставлять під нижній кінець трубки холодильника так, щоб трубка холодильника входила в циліндр на 25 мм, але не нижче позначки 100 см^3. Під час перегонки бензину мірний циліндр розміщають в посудині з водою, температура якої дорівнює 293 ± 3 К. Отвір циліндру закривають ватою.

4.3 Проведення розгонки

Після зборки приладу встановлюють барометричний тиск і починають рівномірний підігрів колби так, щоб до падіння першої краплі дистиляту з кінця трубки холодильника в мірній циліндр пройшло не менше як 5 і не більше як 10 хвилин (для гасу та дизпалива 10…15 хвилин). Надалі інтенсивність нагріву повинна забезпечити рівномірну швидкість перегонки 4…5 $см^3$/хв, що становить приблизно 20…25 капель за 10 секунд.

Під час перегонки записують наступні температури:

– температура початку кипіння, $Т_{п.к.}$;

– температуру початку перегонки, тобто температуру коли в мірний циліндр упаде перша капля, $Т_{п.п.}$;

– температури відгону відповідно 10, 15, 20, 40, 50, 70, 80, 90%;

– температура кінця його кипіння, $Т_{к.к}$.

Після відгону 90% підігрів регулюють так, щоб до кінця перегонки пройшло від 3 до 5 хвилин. Підігрів завершують тоді як в мірний циліндр поступить 97,5%, 98% дистиляту. Для дизпалива кінець відгону – 90%.

При перегонці невідомого за фракційним складом нафтопродукту записують температури:

– початку перегонки, $Т_{п.п}$;

– температури відгону відповідно 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 90 і 97%.

Приблизно встановлюють марку нафтопродукту і проводять повторну його перегонку по крапкам ТУ для даної марки.

Після закінчення підігріву знімають кожух, дають колбі прохолонути, потім знімають термометр, відокремлюють колбу від холодильника і обережно виливають залишок в мірній циліндр ємністю 10 $см^3$. Циліндр із залишком охолоджують до Т = 293 ± 3 К і виміряють об'єм залишку з точністю до 0,1 $см^3$ і до 1 К.

Різницю між 100 $см^3$ та сумою об'ємів дистиляту і залишку записують як втрати при розгонці.

Якщо перегонка відбувається при барометричному тиску вище за 770 мм.рт.ст. (0,102 МПа) або нижче за 750 мм.рт.ст. (0,1 МПа), то до показань термометра вносять поправку:

$$С = 0{,}00012(760 – В)Т, \qquad (4.1)$$

де В – барометричний тиск під час перегонки, мм.рт.ст.;

Т – температура по термометру, К.

Поправка додається до показання термометра при барометричному тиску менше за 750 мм.рт.ст (0,1 МПа) і віднімається якщо барометричний тиск більше за 770 мм.рт.ст. (0,102 МПа).

Для двох послідовних розгонок допускаються наступні розходження:

– за температурою початку перегонки 4 К;

– для проміжних та кінцевих точок фракційного складу 2 К і 1 $см^3$;

– для залишку 0,2 $см^3$.

4.4 Завдання на лабораторну роботу

Під час проведення лабораторної роботи виконуються наступі завдання:

– вивчити методику визначення фракційного складу палива;

– температура початку кипіння бензину, дизельного палива;

– виконати перегонку бензину та дизельного палива;

– побудувати графіки фракційного складу (криві фракційної розгонки) бензину та дизельного палива та провести їх порівняння.

Під час проведення лабораторної роботи кожен студент повинен виконати перегонку невідомого (відомого) нафтопродукту, а результати випробування занести в таблицю 4.1.

На підставі отриманих даних будують графік фракційного складу: по осі абсцис відображають абсолютну температуру, а по осі ординат – % перегнаного палива. Крім того по характерним (нормованим) точкам необхідно визначити марку палива, орієнтуючись на таблиці ГОСТів додатків Б, В [8–10]. На підставі даних ділянки фракційного складу (робоча фракція), значення температури початку та кінця кипіння, експериментально отримана залежність добудовується до вигляду кривої фракційної розгонки бензину (рис. 4.1). Добудовані ділянки позначаються пунктирними лініями.

Таблиці 4.1 – Значення параметрів розгонки

Назва нафтопродукту	Температура розгонки, °С									
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	97%

4.5 Контрольні запитання для самоперевірки

1. Чому нафта та нафтопродукти киплять не при постійній температурі?
2. Яка кількість (в %) паливних фракцій в нафті?
3. Назвіть інтервали википання бензину та дизпалива.
4. Що називається фракційним складом нафтопродукту?
5. Які властивості палива характеризують 10-, 50- та 90%-тні точки?
6. Як визначають по фракційному складу марку палива?
7. Який порядок проведення дослідження?
8. Чим відрізняються фракційні склади літнього та зимового бензинів?
9. В яких фракціях полегшений бензин для автомобілів з гарною прийомистістю?

4.6 Вимоги до оформлення звіту

Лабораторна робота визнається зарахованою, якщо студент самостійно виконав експеримент (при проведенні занять у режимі online переглянув навчальні відеоролики), якісно виконав звіт по роботі, надав його на перевірку викладачеві (розмістив у системі Moodle) та відповів на контрольні запитання.

Звіт до лабораторної роботи № 4.
Визначення фракційного складу нафтопродукту

Мета роботи: _____
Прилади, обладнання: _____
Назва нафтопродуктів: _____

Результати визначення % перегнаного палива ……. наведено в таблиці 1, а побудований графік фракційного складу на рисунку 1 (графічні залежності рекомендовано будувати із використанням програми Microsoft Excel).

Таблиця 1 – Результати вимірювань розгонки для дизельного палива

Температура Т, ºС							
% перегнаного палива							

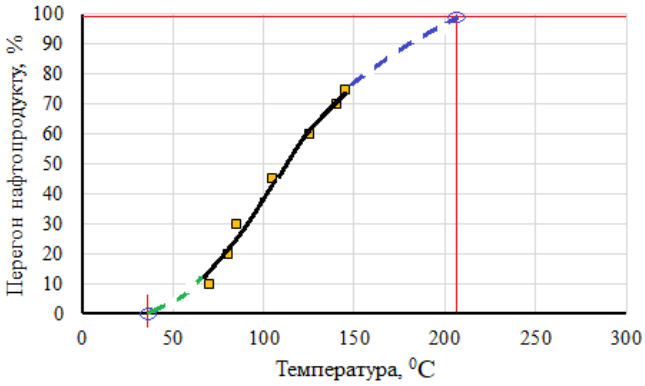


Рисунок 4.1 – Графік фракційного складу бензину А-92 з ділянками пускової та кінцевої фракції

Аналіз графіку на рисунку 1 вказує на те, що…….. (*аналізується характер зміни графічної залежності та наявність відмінностей, якщо на полі наводиться декілька графіків*).

Надалі наводяться відповідні результати для кожного із досліджуваних зразків експлуатаційних матеріалів.

Висновки: …… (*формулюється судження про виконання завдань лабораторної роботи*).

5 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ КАПЛЕПАДІННЯ МАСТИЛА

Мета роботи – ознайомитись з методикою визначення теплостійкості консистентних матеріалів та набути практичних навиків щодо використання відповідного лабораторного обладнання.

5.1 Основні положення

Для вузлів тертя, де неможливо створити картер для рідких мастильних олив, використовують консистентні (пластичні) матеріали – мазеподібні продукти (дод. Г).

Основою консистентних матеріалів є мінеральна олива, а для загущення використовують:

– парафін, церезин, віск, озокерит (немильні загусники);

– сіль природних або штучних жирних кислот, що утворюються в наслідок дії на них лугу (мильні загусники).

Мастило згідно ДСТУ 3437-96 року – це пластичний матеріал, який являє собою структуровану загусником оливу, застосовувану для зменшення тертя, консервації виробів та герметизації ущільнень.

Від типу загусника залежать властивості консистентних мастил, в тому числі температурна стійкість та вологостійкість.

Теплостійкість консистентних мастил характеризується температурою каплепадіння ($T_{кп}$), яка показує ту температуру, при якій внаслідок плавлення відокремлюється перша крапля, або торкається донця пробірки стовпець нафтопродукту, що витікає з капсули.

Мастила на немильних загусниках відносять до вологостійких, але низькоплавких ($T_{кп}$ = 313…338 К, $t_{кп}$ = 40…65°С). Такі мастила використовуються як захисні (технічний вазелін, гарматне сало), для консервації автомобілів і тракторів та запасних частин, а також для ущільнення різьбових та інших з’єднань.

Мастила на кальцієвих та алюмінієвих маслах середньоплавкі ($T_{кп}$ = 338…373 К, $t_{кп}$ = 65…100°С). Використовуються ці мастила у вузлах з помірним навантаженням (відносно малі температури),

особливо там де є доступ вологи. Для склоочищувача, наприклад, використовується мастило автомобільне АС.

З числа кальцієвих мастил для ходової частини автомобіля використовуються середньоплавкі мастила – солідоли:

– жирові (УС);

– синтетичні (УСС).

Для ресор використовують кальцієві консистентні мастила з добавкою 10 ± 1% графіту.

Мастила на натрієвих милах відносять до тугоплавких ($Т_{кп}$ = 373К), але вони емульгують і змиваються водою. Тому вони використовуються у вузлах тертя з високою робочою температурою, але до яких не має доступу волога. З числа натрієвих консистентних мастил для вузлів автомобілів використовують тугоплавкі універсальні мастила, так звані консталіни:

– жирові (УТ);

– синтетичні (УТс).

У теперішній час широко використовують літієві та барієві КС з високою вологостійкістю та теплостійкістю.

Літієві консистентні мастила: «Літол-24», «Фіол-1», «Фіол-2», «Фіол-3», «Фіол-2М», та інші – антифрикційні водостійкі консервуючи мастила, які мають $Т_{кп}$ = 448 К та температурний діапазон роботоспроможності 213…363 К.

До барієвих мастил відносять ШРБ-4 робочий температурний діапазон яких дорівнює 233…423 К.

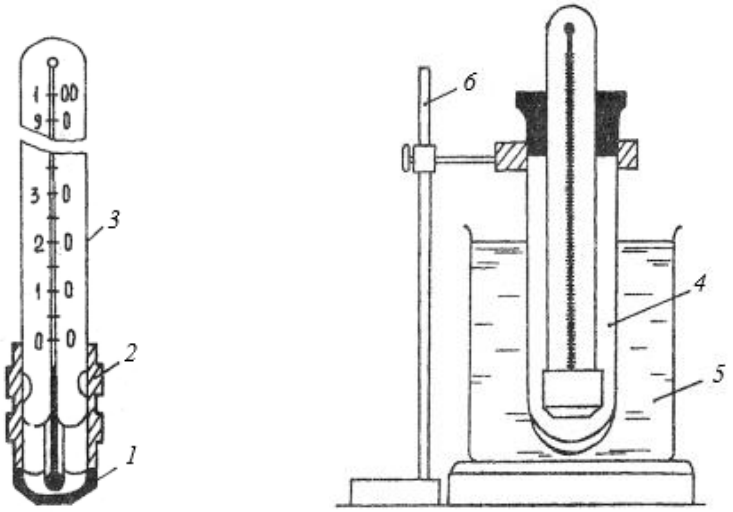
5.2 Підготовка до випробування

З поверхні мастила шпателем знімають верхній прошарок, потім в декількох місцях (не менше як у трьох) беруть проби. Проби складають в фарфорову чашку і обережно перемішують без утворення бульбашок повітря.

Консистентне мастило з фарфорової чашки шпателем щільно вмазують в капсулю *1* (рис. 5.1 *а*). Залишок його зрізають з верхнього торця шпателем. Після цього капсулю вставляють в металеву гільзу *2* так, щоб верхній кінець капсули уперся в буртик або штифт на гільзі. Видавлене при цьому мастило зрізають ножом.

На денце пробірки *4* (рис. 5.1 *б*) розміщують кружок з білого паперу, що міняється після кожного випробування. В пробірку за

допомогою пробки вставляють термометр *3* з капсулою так, щоб нижній кінець капсули знаходився на відстані 25 мм від денця пробірки.



а *б*

а – капсула: *1* – пластикова втулка з отвором; *2* – корпус капсули; *3* – термометр;
б – нагрівальний пристрій: *4* – пробірка; *5* – термостійкий стакан; *6* – штатив
Рисунок 5.1 – Прилад для визначення температури краплепадіння консистентного мастила

Пробірку розміщують в скляний термостійкий стакан *5* з водою або світлим мастилом (з температурою спалаху не нижче за 180°С) і закріплюють за допомогою держаку штатива *6* в вертикальному положенні так, щоб денце пробірки знаходилось на відстані 10…20 мм від денця стакану. Після цього, з дозволу викладача, проводять випробування.

5.3 Проведення випробування

Нагрівають воду в стакані помішуючи її таким чином, щоб показання термометра приладу, починаючи з температури на 2 К

нижче очікуваної температури плавлення, підвищувалось зі швидкістю 1 К за хвилину.

За температуру каплепадіння випробуваного нафтопродукту приймають температуру по термометру при падінні першої каплі або дотику денця пробірки стовпцем нафтопродукту, що витікає з отвору капсули приладу.

Розбіг між рівнобіжними визначеннями не повинен перевищувати 1 К.

5.4 Завдання на лабораторну роботу

Під час проведення лабораторної роботи виконуються наступі завдання:

– вивчити методику визначення теплостійкості консистентних мастильних матеріалів;

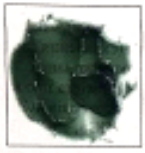
– визначити величину температури краплепадіння для визначених консистентних мастильних матеріалів за запропонованим переліком.

При виконані лабораторної роботи кожен студент повинен самостійно визначити температуру краплепадіння невідомого мастила та за її значенням встановити тип консистентного мастила та загусника.

Для засвоєння методики визначення температури каплепадіння мастильних матеріалів, проведення порівняльного аналізу отриманих даних пропонується для проведення дослідів використати наступний перелік матеріалів, який наведено на рисунку 5.2.

а

б



в

г

д

е

ж

а – зразок № 1 – YUKO SHRUS; *б* – зразок № 2 – YUKO Литол-24;
в – зразок № 3 – GASE ER-2 з молібденом;
г – зразок №4 – YUKO графітна; *д* – Литол-24;
е – зразок № 6 – QB мастило для супортів гальмівних механізмів;
ж – зразок № 7 – мастило для мащення поршнів гальмівних механізмів
Рисунок 5.2 – Зразки консистентних мастил

Запропоновані для розгляду матеріали застосовуються при експлуатації автомобілів і тракторів. Також можливий й інший асортимент матеріалів.

5.5 Контрольні запитання для самоперевірки

1. Що собою представляє консистентне мастило та в яких вузлах тертя автомобіля воно використовується?
2. Які загусники ви знаєте та які якості визначає тип загусника?
3. Консистентне мастило на немильних загусниках. Де воно використовується?
4. Консистентне мастило на мильних загусниках. В яких вузлах тертя воно використовується?
5. Що називається температурою каплепадіння та які якості вона характеризує?
6. За якими показниками підбираються пластичні мастила для вузлів автомобіля?

7. Який інтервал робочих температур мають солідоли, консталіни, літієві та барієві мастила?

5.6 Вимоги до оформлення звіту

За результатами проведених дослідів здобувач складає звіт з лабораторної роботи за формою, яка наведена нижче у звіті. Форма таблиці може бути складана здобувачем особисто у іншому вигляді, але вона повинна бути обґрунтованою та доцільною.

Лабораторна робота визнається зарахованою, якщо студент самостійно виконав експеримент (при проведенні занять у режимі online переглянув навчальні відеоролики), якісно виконав звіт по роботі, надав його на перевірку викладачеві (розмістив у системі Moodle) та відповів на контрольні запитання.

Звіт до лабораторної роботи № 5.
Визначення температури краплепадіння консистентного мастила

Мета роботи: _____
Прилади, обладнання: _____
Назва консистентних мастил: _____

Результати визначення температури краплепадіння дослідних мастильних матеріалів наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати вимірювань температури краплепадіння

№ з.р.	Назва консистентного мастила	Температура каплепадіння Т, ºС

Аналіз отриманих температур каплепадіння вказує на те, що …… (*аналізується характер зміни температур у порівнянні для дослідних матеріалів*).

Висновки: …… (*формулюється судження про виконання завдань лабораторної роботи*).

6 ПРАВИЛА З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

6.1 Загальні вимоги

До проведення експериментів під час лабораторних робіт здобувачі освіти допускаються тільки після проходження інструктажу з охорони праці та пожежної безпеки із записом у журнал. Всі учасники повинні бути ознайомлені зі шляхами евакуації, місцями розташування первинних засобів пожежогасіння.

Електроприлади, які знаходяться під напругою, у випадку пожежі необхідно знеструмити та погасити вуглекислотними вогнегасниками. Забороняється гасити їх водою.

При загоранні нафтопродуктів їх гасять:

– засипаючи піском;

– накриваючи щільною тканиною;

– порошковим вогнегасником;

– вуглекислотним вогнегасником;

Гасіння нафтопродуктів водою заборонено.

Під час проведення експериментів здобувачі освіти спостерігають за процесами, що відбуваються в хімічному посуді, дотримуючись безпечної відстані, не штовхаючись, не чіпаючи обладнання. Забороняється самостійно працювати з обладнанням без дозволу викладача або лаборанта.

6.2 Правила безпечної роботи зі скляним посудом

Експерименти, при проведенні яких можливий бурхливий перебіг процесу, підвищення тиску, перегрів скляного приладу або його пошкодження з розбризкуванням гарячих або їдких продуктів, а також роботи під вакуумом повинні виконуватися у витяжних шафах на спеціальних листах. За місцем таких робіт необхідно встановлювати прозорі запобіжні щитки.

При змішуванні або розведенні речовин, що супроводжується виділенням тепла, слід користуватися термостійким скляним або фарфоровим посудом.

Скляний термостійкий посуд забороняється нагрівати на відкритому вогні без термостійкої сітки; тонкостінні хімічні склянки і колби зі звичайного скла забороняється нагрівати на відкритому вогні та електроплитках.

Посудину із гарячою рідиною при перенесенні необхідно тримати обома руками: однією – за дно, а іншою – за горловину. Великі хімічні стакани з рідиною потрібно піднімати тільки двома руками так, щоб відігнуті краї стакана спиралися на вказівні пальці.

6.3 Вимоги до зберігання хімічних речовин

Хімічні речовини зберігають в лабораторії відповідно до сертифіката про термін та умови зберігання заводу-виготовлювача.

Основну (запасну) кількість речовин зберігають у спеціальному ізольованому приміщенні за межами лабораторії.

На кожній посудині повинна бути етикетка з точною назвою речовини та з написом, що свідчить про наявність у речовині отруйних, вогненебезпечних властивостей: червона – «Вогненебезпечно», жовта – «Отрута», зелена – «Берегти від води» або інших.

Зберігати хімічні речовини із нерозбірливими написами та без етикеток не дозволяється.

Речовини в склянках, що не мають етикеток, підлягають знищенню.

При зберіганні вогне- і вибухонебезпечних речовин, враховуючи їх фізико-хімічні властивості, необхідно дотримуватися додаткових заходів безпеки. Речовини-окисники не можна зберігати разом з відновниками – вугіллям, сіркою тощо.

Скляна посудина для зберігання легкозаймистих рідких речовин, ємність якої більша за 1 л, повинна бути розміщена у герметичному металевому футлярі.

Речовини (нафтопродукти), які утворились за результатами експериментів, необхідно збирати та утилізувати. Спосіб знешкодження та знищення вибирається в кожному окремому випадку залежно від кількості знищуваної речовини і місцевих умов, в яких це знищення проводиться.

Забороняється виливати нафтопродукти в стічну каналізацію.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 3900-85 (СТ СЭВ 6754-89) Нафта і нафтопродукти. Методи визначення щільності. Зі Зміною № 1 (ІПС № IV-91) та Поправкою № 1 (ІПС № I-99). http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=27127.

2. ГОСТ 18481-81. Ареометры и цилиндры стеклянные. Общие технические условия. http://vsegost.com/Catalog/86/86.shtml.

3. ГОСТ 8.279-78. Государственная система обеспечения единства измерений. Термометры стеклянные жидкостные рабочие. Методика поверки (69152). https://dnaop.com/html/69152/doc-%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_8.279-78.

4. ГОСТ 15823-70. Масла и смазки. Метод определения давления насыщенных паров. http://vsegost.com/Catalog/42/42561.shtml

5. ДСТУ 3437-96. Нафтопродукти. Терміни та визначення (62226). http://www.ksv.biz.ua/GOST/DSTY_ALL/DSTU1/dstu_3437-96.pdf.

6. ГОСТ 2177-82. Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава. http://vsegost.com/Catalog/45/45411.shtml.

7. Полянський С.К., Коваленко В.М. Експлуатаційні матеріали : підручник. К. : Либідь, 2003. 448 с.

8. ДСТУ 7687:2015. Бензини автомобільні Євро. Технічні умови. https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_7687_2015.pdf

9. ДСТУ 4839:2007. Бензини автомобільні підвищеної якості. Технічні умови. http://energy-efficiency.in.ua/wp-content/uploads/DSTUoil/dsty%204839-2007.pdf.

10. ДСТУ 4063-2001. Бензини автомобільні. Технічні умови. http://energy-efficiency.in.ua/wp-content/uploads/DSTUoil/181_DSTU4063-2001.pdf.

ДОДАТОК А

Температурні поправки густин нафтопродуктів

Густина (від – до), г/см^3	Поправка на 1°С
0,700 – 0,710	0,000897
0,710 – 0,720	0,000884
0,720 – 0,730	0,000870
0,730 – 0,740	0,000857
0,740 – 0,750	0,000844
0,750 – 0,760	0,000831
0,760 – 0,770	0,000818
0,770 – 0,780	0,000805
0,780 – 0,790	0,000792
0,790 – 0,800	0,000778
0,800 – 0,810	0,000765
0,810 – 0,820	0,000752
0,820 – 0,830	0,000738
0,830 – 0,840	0,000725
0,840 – 0,850	0,000712
0,850 – 0,860	0,000699
0,860 – 0,870	0,000686
0,870 – 0,880	0,000673
0,880 – 0,890	0,000660
0,890 – 0,900	0,000647
0,900 – 0,910	0,000633
0,910 – 0,920	0,000620
0,920 – 0,930	0,000607
0,930 – 0,940	0,000594

ДОДАТОК Б

Основні фізико-хімічні показники автомобільних бензинів згідно ДСТУ 4063-2001

Назва показника	Значення					
	А-80	А-92	А-95	А-96	А-98	А-76
1. Детонаційна стійкість: а) октанове число, за дослідним методом, не менше б) октанове число, за моторним методом, не менше	80 76	92 82	95 85	96 85	98 88	не норм. 76
2. Фракційний склад: а) температура початку перегонки, °С, не нижче б) 10% переганяються при температурі, °С, не вище в) 50% переганяються при температурі, °С, не вище г) 90% переганяються при температурі, °С, не вище д) кінець кипіння, °С, не вище є) залишок у колбі, %, не більше ж) залишок і втрати, %, не більше	30 75 120 190 215 1,5 4,0	30 75 120 190 215 1,5 4,0	30 75 120 190 215 1,5 4,0	30 75 120 190 215 1,5 4,0	30 75 120 190 215 1,5 4,0	35 70 115 180 195 1,5 4,0
3. Тиск насичених парів бензину, кПа, не більше	79,9	79,9	79,9	79,9	79,9	66,7
4. Кислотність, мг КОН на 100 $см^3$ бензину, не більше	3	3	3	3	3	3
5. Концентрація фактичних смол, мг на 100 $см^3$ бензину, не більше: а) на місці виробництва б) на місці споживання	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10
6. Індукційний період бензину на місці виробництва, хв.	600	600	600	600	600	900
7. Масова частка сірки, %	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10
8. Масова частка меркаптанової сірки, %, не більше	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
9. Випробування на мідній пластинці	витримує					
10. Наявність водорозчинних кислот і лугів	відсутні					
11. Колір	безбарвний або блідо-жовтий					
12. Густина при 20°С, $кг/м^3$, у межах	700-760	725-780	725-780	725-780	725-780	700-760
13. Концентрація свинцю, г на 1 $дм^3$ бензину, не більше а) етилований б) не етилований	- 0,013	- 0,013	- 0,013	0,05 0,013	- 0,013	- 0,013

ДОДАТОК В

Основні технічні характеристики дизельних палив згідно ДСТУ 3868-99

Назва показника	Норма для марки	
	Л	**З**
Цетанове число, не менше	45	45
Фракційний склад: температура, °С, перегонки 50%, не вище перегонки 96% (кінець перегонки), не вище	 280 370	 280 370
Кінематична в'язкість при 20°С, мм^2/с	3,0…6,0	1,8…6,0
Температура застигання, °С, не більше	–10	–25
Гранична температура фільтрування, °С не більше	–5	–15
Температура спалаху у закритому тиглі, °С, для тепловозів і суднових дизелів та газових турбін, не менш для дизелів загального призначення, не менш	 62 40	 40 35
Масова частка сірки, %: у паливі виду I, не більше у паливі виду II, не більше у паливі виду III, не більше у паливі виду IV, не більше	 0,05 0,10 0,20 0,50	 0,05 0,10 0,20 0,50
Масова частка мєркаптанової сірки, %, не більше	0,01	0,01
Наявність сірководню	відсутнє	
Іспит на мідній пластинці	витримує	
Наявність водорозчинних кислот і лугів	відсутнє	
Концентрація фактичних смол, мг на 100 см^3 палива, не більше	40	30
Кислотність, мг КОН на 100 см^3 палива, не більше	5	5
Йодне число, г йоду на 100 г палива, не більше	6	6
Зольність, %, не більше	0,01	0,01
Коксівність 10% залишку, %, не більше	0,3	0,3
Коефіцієнт фільтрації, не більше	3	3
Наявність механічних домішок	відсутні	
Наявність води	відсутня	
Густина при 20°С, кг/м^3, не більше	860	840

ДОДАТОК Г

Асортимент найбільш застосовуваних мастил

Марка пластичного мастила	Основна область застосування
АВТОМОБІЛЬНІ ПЛАСТИЧНІ МАСТИЛА	
ШРБ-4	Призначено для змазування шарнірів, підвіски тяг рульового керування автомобіля.
ШРУС-4	Пластичне водостійке мастило. Призначено для змазування шарнірів рівних кутових швидкостей автомобіля, що працюють при температурах від –40 до +120°С.
Фиол-1	Призначено для змазування вузлів тертя під тиском (через пресмасленку) і для тросів, що мають оболонку з внутрішнім діаметром менше 5 мм
Фиол-2У	Призначене для змазування голчастих підшипників, крестовин карданного вала автомобілів ВАЗ. Мастило зберігає властивості від –40 до +120°С (припускається короткочасний нагрев до 130°С)
ЛСЦ-15	Застосовується як незмінне мастило в багатьох вузлах тертя автомобілів ВАЗ. Призначено для змазування вузлів тертя, що працюють при середніх навантаженнях і температурах до 140°С.
УНІВЕРСАЛЬНІ ПЛАСТИЧНІ МАСТИЛА	
Литол - 24	Антифракційне багатоцільове водостійке мастило, призначене для використання у вузлах тертя колісних, гусеничних транспортних засобів і промислового устаткування, суднових механізмів різноманітного призначення, що працюють при температурах від –40 до +120°С (припускається короткочасний нагрів до 130°С).
Фиол-2	М'яке мастило,близьке до робочих характеристик Литол-24 і Фиол-1 Призначено для змазування вузлів тертя різноманітних механізмів і машин, що працюють при середніх навантаженнях і температурі не вище 120°С

ПЛАСТИЧНІ МАСТИЛА ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	
Солідол жировий	Водостійке, гидратоване кальцієве мастило, котре призначене для змазування вузлів тертя, качення та ковзання різноманітних машин і механізмів, що працюють при температурах від –25 до 65°С у достатньо навантажених механізмах (підшипниках, шарнірах, блоках і т.п.).
Графітна Ж	Призначено для змазування грубих високонавантажених механізмів (відкритих шестерневих передач різальних з'єднань, ходових гвинтів, домкратів, ресор та ін.). Використовується при температурі нижче –20°С.
1-13	Пластичне мастило, котре призначене для змазування вузлів тертя, качения і ковзання механізмів і машин, що працюють при температурах від –20 до 110°С. Ним змазують підшипники електромашин та інші аналогічні вузли.