

Хмельницький національний університет

# **ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ**

*Лабораторний практикум з дисципліни  
для студентів спеціальностей 132 «Матеріалознавство»,  
208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт»*

*Затверджено на засіданні кафедри  
галузевого машинобудування та агроінженерії.  
Протокол № 7 від 21.02.2020*

Хмельницький 2020

Експлуатаційні матеріали : лабораторний практикум з дисципліни для студентів спеціальностей 132 «Матеріалознавство», 208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт» / В. В. Єфіменко, В. П. Олександренко, М. С. Стечишин, В. С. Курской. – Хмельницький : ХНУ, 2020. – 100 с.

Укладачі: Єфіменко В. В., канд. техн. наук, доц.;  
Олександренко В. П., д-р техн. наук, проф.;  
Стечишин М. С., д-р техн. наук, проф.;  
Курской В. С., канд. техн. наук, доц.

Відповідальний  
за випуск: Харжевський В. О., д-р техн. наук, проф.

Редактор-коректор: Яремчук В. С.

Технічне редагування і верстка: Карпанасюк В. П.

Макетування та друк здійснено редакційно-видавничим відділом Хмельницького національного університету (м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1). Підп. до друку 3.03.2020. Зам. № 47/20, тир. 50 прим., 2020.

© ХНУ, 2020

## Вступ

---

Лабораторний практикум з дисципліни «Експлуатаційні матеріали» призначений для підготовки бакалаврів спеціальностей «Матеріалознавство», «Агроінженерія» та «Автомобільний транспорт». Він містить лабораторні роботи з визначення найбільш важливих якісних показників, унормованих стандартами для палива та мастильних матеріалів, що застосовуються у практиці експлуатації автомобільної та сільськогосподарської техніки і безпосередньо ознайомлюють студентів з товарним асортиментом нафтопродуктів.

Лабораторні роботи допомагають оволодіти практичними навичками визначення властивостей і якісних характеристик експлуатаційних матеріалів, а також особливостями їх застосування, залежно від виду техніки та умов роботи. У них наведений аналіз паливних і мастильних матеріалів, а також подані раціональні прийоми виконання окремих операцій, підготовчих чи допоміжних робіт. Особливу увагу приділено розгляду найбільш характерних причин виникнення помилок при виконанні аналізу та способів їх запобігання.

**Метою** практикуму є закріплення теоретичних знань, отриманих на лекціях і при самостійному вивченні дисципліни, набуття навичок проведення випробувань паливно-мастильних матеріалів та технічних рідин, самостійного аргументованого формулювання висновку щодо якості експлуатаційних матеріалів, можливості їх використання за наявності відхилень від стандартних норм.

Лабораторний практикум поділений на три умовні блоки, в яких наведені методи:

**1. Аналіз палива.** Мета – засвоїти кваліфікаційні методи випробувань бензину і дизельного палива, визначити основні експлуатаційні показники і користуючись нормативно-технічною документацією, зробити висновки щодо кондиції та можливості використання (роботи 1–8).

**2. Аналіз масел та робочих рідин.** Мета – засвоїти кваліфікаційні методи випробування масел і технічних рідин, встановити відповідність експлуатаційних показників вимогам стандартів (роботи 9–14).

**3. Аналіз пластичних мастил.** Мета – закріпити теоретичні знання та отримати навички з кваліфікаційних випробувань пластичних мастил, оцінки їх придатності до використання (роботи 15–21).

**Результати навчання:** визначати екологічного небезпечні та шкідливі фактори професійної діяльності; дотримуватись вимог галузевих нормативних документів; уміти експериментувати та аналізувати отримані дані; правильно інтерпретувати результати досліджень і робити висновки; володіти методами забезпечення і контролю якості матеріалів, знання їх основних груп та здатність обґрунтовано здійснювати вибір для конкретного застосування; виявляти, узагальнювати та розв'язувати проблеми, що виникають у процесі професійної діяльності; формувати у майбутнього фахівця почуття відповідальності за виконану роботу; оцінювати роботу машин і засобів механізації аграрного виробництва за критеріями екологічності та ефективності природокористування; визначати потребу в паливно-мастильних матеріалах; організувати експлуатацію дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту, їх систем та елементів, аналізувати техніко-економічні та експлуатаційні показники цих засобів.

**Техніка безпеки при роботі у лабораторії з використанням хімічних реагентів та речовин.** При проведенні лабораторних робіт необхідно дотримуватися заходів безпеки, наведених у відповідних інструкціях. Проходження інструктажу фіксується підписом студента у лабораторному журналі з техніки безпеки.

Основні вимоги охорони праці та техніки безпеки наступні:

1. Суворо забороняється виконувати досліди, не передбачені практикумом. Студенти у верхньому одязі в лабораторію не допускаються і їм забороняється працювати одноосібно.

2. На робочому місці слід підтримувати чистоту та порядок, не дозволяється захарашувати його непотрібними предметами. Усі досліди з отруйними, леткими, легкозаймистими та речовинами із специфічними випаровуваннями необхідно проводити у витяжній шафі.

3. Забороняється вдихати гази, що виділяються, близько нахилитися до посудини з ними. За потреби її рухають обережно, ледь спрямовуючи потік випаровувань від посудини до себе.

4. Забороняється в лабораторії пити воду, приймати їжу, палити; залишати без нагляду ввімкнене електричне та газове обладнання.

5. Наливаючи рідину чи підігріваючи посудину з нею, забороняється нахилитися до посудини або направляти її отвір на інших людей для уникнення попадання краплин рідини на обличчя чи одяг.

6. Якщо на обличчя або інші частини тіла потрапили краплини рідини, слід негайно змити їх значною кількістю води та витерти текстильним матеріалом.

7. Усі хімічні реактиви слід зберігати тільки у призначеному для цього посуду, з нанесеними на нього відповідними етикетками.

8. Забороняється виконувати роботи, не погодивши їх плану з керівником.

9. Після закінчення використання газових продуктів, води та приладів з електроживленням необхідно закрити крани, якими користувалися та вимкнути прилади від мережі. Залишаючи лабораторію, необхідно перевірити чи завершені хімічні процеси, а також вимкнути газові, водяні та електричні мережі, підведені до столів і витяжних шаф.

***Правила роботи з кислотами і легкозаймистими речовинами.***

Розведення сильних кислот здійснюють, вливаючи кислоту у воду, а не навпаки, і тільки в жаростійких та порцелянових склянках, оскільки при цьому відбувається значне виділення теплоти і газових продуктів. Переливати міцні кислоти, отруйні речовини тощо можна лише у ввімкненій витяжній шафі. Двері шафи мають бути, за можливості, зачинені.

Впродовж роботи з міцними кислотами необхідно одягати захисні окуляри, а при роботі із  $\text{HNO}_3$ , що випаровується з виділенням газових продуктів, окрім окулярів – ще й довгий гумовий фартух.

Забороняється впродовж роботи з етиловими ефіром, спиртом, бензолом, ацетоном, оцтвотетилловим ефіром та іншими пальними і легкозаймистими рідинами (ЛЗР) проводити їх нагрівання на вогні, на сітці, поблизу відкритого полум'я або у відкритих посудинах. Слід мати на увазі, що леткі органічні рідини можуть займатися за відсутності відкритого полум'я, потрапляючи на нагріту поверхню.

***Перша допомога при опіках і отруєннях.*** При термічних опіках необхідно негайно робити одноразові примочки у місці опіку спиртовим розчином таніну (або розчином  $\text{KMnO}_4$  чи  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) і вкривати його маззю від опіків (сульфідиновою емульсією).

При опіках кислотами спочатку потрібно добре промити обпечене місце проточною водою, а потім розчином  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . При опіках їдкими лугами добре промити обпечене місце водою, а потім низькоконцентрованим розчином оцтової кислоти.

Особливу увагу під час роботи в лабораторії слід надавати захисту очей. При потрапленні на поверхню очей хімічних реагентів слід негайно промити їх значною кількістю води протягом 3–5 хв, а потім звернутися до лікаря.

***Гасіння місцевої пожежі.*** При виникненні пожежі необхідно негайно вимкнути газову та електричну мережу у лабораторії, прибрати легкозаймисті речовини від вогню, засипати осередок займання піском або накрити азбестовою ковдрою. Велике полум'я гасять з допомогою вогнегасника (краще застосовувати вуглекислотний).

## Лабораторна робота 1. Визначення густини палива

### Основні теоретичні відомості

**Густина** – це маса речовини в одиниці об'єму. Одиниця вимірювання густини – кілограм на метр кубічний ( $\text{кг}/\text{м}^3$  чи  $\text{г}/\text{м}^3$ ). Густина палива змінюється зі зміною температури, тому для отримання порівняльних результатів густину слід вимірювати при одній і тій же температурі. Якщо вимірювання проводяться при іншій температурі, то результати необхідно привести до стандартної температури  $20\text{ }^\circ\text{C}$  ( $15\text{ }^\circ\text{C}$ ).

Густина палива, за технічними вимогами, повинна знаходитися у певних межах. Наприклад, густина бензину А-95 (ДСТУ 4839:2007) при температурі  $20\text{ }^\circ\text{C}$  повинна бути у межах  $726\text{--}780\text{ кг}/\text{м}^3$ . В процесі тривалого зберігання густина палива практично не змінюється, тому розбіжність значень при визначенні густини може з'явитись лише за рахунок можливих помилок при її вимірюваннях, в результаті неправильного відбору проб чи при випадковому змішуванні палива різних марок.

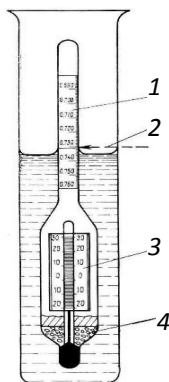


Рис. 1.1 – Ареометр для нафти АН:

1 – шкала густини; 2 – лінія відліку; 3 – шкала термометра; 4 – вантаж

Густина палива визначається ареометром (нафтоденсиметром) для нафти за ГОСТ 3900–85 (рис. 1.1), гідростатичними терезами чи пікнометром. В лабораторіях паливних і мастильних матеріалів густина палива зазвичай вимірюється ареометром.

**Апаратура, реактиви і матеріали:** ареометр для нафти АНТ–1 чи АНТ–2, або АН за ДСТУ ГОСТ 18481:2009; циліндр для ареометра

скляний; термометр ртутний скляний з ціною поділки не більше 1 °С за ДСТУ 386:2018.

**Підготовка до дослідю.** Випробуване паливо в щільно закритій пляшці витримують при температурі навколишнього середовища, поки його температура не буде відрізнятися від температури навколишнього середовища не більш ніж на  $\pm 3$  °С.

Циліндр, в якому планується проводити вимірювання густини вибирають такої місткості, щоб при зануренні в пробу палива об'ємом 250 см<sup>3</sup> ареометра, останній міг занурюватись на всю висоту і при цьому не торкатись стінок.

**Проведення дослідю.** Чистий і сухий ареометр повільно і обережно занурюють, тримаючи його за верхній кінець, в пробу палива до поділки на шкалі густини, що відповідає очікуваній густині, чи доки не стане очевидно, що він плаває. Після того, як ареометр встановиться і припиняється його коливання, проводять відлік по верхньому краю мениску. При підрахунку око оператора повинно знаходитись на рівні мениска. Ареометр не повинен торкатись стінок чи дна циліндра. На поверхні ареометра не повинно бути пухирців повітря.

Температуру палива в циліндрі визначають за термометром ареометра. Якщо в ареометрі немає термометра, то температуру палива визначають іншим термометром до і після вимірювання густини.

**Обробка результатів.** Густина палива при температурі випробування визначається шляхом відліку за шкалою ареометра.

Для приведення вимірної густини до густини при температурі 20 °С ( $\rho^{20}$ ) користуються формулою:

$$\rho^{20} = \rho^t + v (t - 20),$$

де  $\rho^t$  – густина палива при температурі випробування, кг/м<sup>3</sup>;  $v$  – середня температурна поправка густини, яку визначають за таблицею 1.1;  $t$  – температура, при якій проводяться випробування, °С.

Результат розрахунку округлюють до тисячних значень.

Розбіжність між послідовними визначеннями не повинна перевищувати при вимірюванні ареометрами: АНТ–1 та АН – 0,5 кг/м<sup>3</sup>; АНТ–2 – 1 кг/м<sup>3</sup>.

**Приклад 1.** Температура, при якій проводяться випробування дорівнює 25 °С, рівень палива, що встановився на шкалі ареометра знаходиться між 778–779. Можна вибрати будь-яке значення. Вибравши значення 778, за таблицею 1.1 знаходимо, що для цього значення густини, середня температурна поправка складає 0,805.

**Таблиця 1.1 – Середні температурні поправки при визначенні густини палива**

Густина, кг/м <sup>3</sup>	Температурна поправка на 1 °С
750,0–759,9	0,831
760,0–769,9	0,818
770,0–779,9	0,805
780,0–789,9	0,792
790,0–799,9	0,778
800,0–809,9	0,765
810,0–819,9	0,752
820,0–829,9	0,738
830,0–839,9	0,725
840,0–849,9	0,712
690,0–699,0	0,910
700,0–709,9	0,897
710,0–719,9	0,884
720,0–729,9	0,870
730,0–739,9	0,857
740,0–749,0	0,844
750,0–759,9	0,831
760,0–769,9	0,818
770,0–779,9	0,805

Визначаємо густину при температурі 20 °С:

$$\rho^{20} = 778 + 0,805 (25 - 20) = 782, \quad \rho^{20} = 782 \text{ кг/м}^3.$$

**Приклад 2.** Температура, за якої проводять випробування, дорівнює –5 °С, рівень палива, що встановився на шкалі ареометра складає 797.

За таблицею знаходимо, що для цього значення густини середня температурна поправка складає 0,778. Визначаємо густину при температурі 20 °С.

$$\rho^{20} = 797 + 0,778(-5 - 20) = 797 - 19 = 778, \quad \rho^{20} = 778 \text{ кг/м}^3.$$

**Практичні рекомендації.** При вимірюванні густини палива, величина якої наперед невідома, необхідно користуватися набором ареометрів для нафти. Починати вимірювання необхідно ареометром, шкала густини якого має найбільше значення, а потім, якщо він не занурюється до рівня шкали, вибирають ареометр зі шкалою густини менших значень і т.д.

Вимірювальний циліндр встановлюють на міцній підставці та наклеюють на нього паперову позначку на рівні 250 см<sup>3</sup>. Ареометр у

паливо потрібно занурювати обережно, інакше він може вдаритися в дно вимірювального циліндра та розбитись.

Проба палива повинна мати температуру навколишнього середовища за рахунок природного нагріву під час відстоювання. Здійснювати примусове нагрівання проби бензину *забороняється*.

### **Контрольні питання**

1. Що таке густина палива та одиниці її виміру?
2. У чому полягає суть відносної густини нафтопродуктів?
3. Як залежить густина палива від температури?
4. Як впливає густина палива на тривалість руху транспортного засобу?
5. Методика вимірювання густини палива.
6. Як впливає густина палива на експлуатаційні властивості?

## *Лабораторна робота 2.* **Визначення фракційного складу палива**

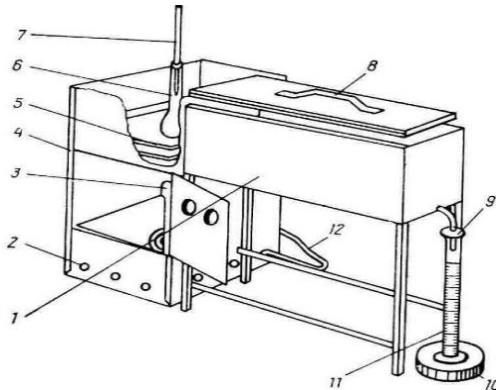
### **Основні теоретичні відомості**

Паливо – це суміші великої кількості окремих вуглеводнів (до 1000), кожен з яких має свою температуру кипіння. Характеризувати випаровуваність цих рідин можливо лише фракційним складом, тобто граничними температурними межами википання окремих об'ємів (фракцій) продуктів. Фракційний склад визначається за ГОСТ 2177–99.

Характерними точками визначення фракційного складу є температура початку кипіння  $t_{п.к.}$  та википання (перегонки) 10; 50; 90 і 98 % об'єму палива. За цими характерними точками можна зробити висновок про поведінку палива в двигуні за різних режимів його роботи та про зміни в паливі, що відбулися під час його тривалого зберігання чи транспортування. Так, температура початку кипіння характеризує висотність паливної системи та його втрати від випаровування, температура википання 10 % фракції – пускові властивості, температура википання 50 % фракції – прогрів двигуна, температура википання 90 та 98 % фракції – повноту згоряння палива.

#### *Апаратура, реактиви та матеріали:*

– прилад для визначення фракційного складу за ГОСТ 2177–99 (рис. 2.1):



**Рис. 2.1 – Прилад для визначення фракційного складу:**  
**1** – охолоджувальна баня; **2** – вентиляційні отвори; **3** – пальник;  
**4** – кожух; **5** – азбестова прокладка; **6** – колба для перегонки;  
**7** – термометр; **8** – кришка бані; **9** – фільтрувальний папір;  
**10** – підставка; **11** – мірний циліндр; **12** – газопровід

- колба для перегонки;
- циліндр мірний місткістю 100 см<sup>2</sup> з ціною поділки 1,0 см<sup>3</sup>;
- термометр скляний ртутний ТИН–1, ТИН–2, ТИН–3, ТИН–4 з межею вимірювань від – 2 °С до 400 °С та ціною поділки 1,0 °С;
- барометр-анероїд з ціною поділки 0,5 гПа (0,5 мм рт. ст.);
- вата бавовняно-паперова або безводний сульфат натрію;
- фільтрувальний папір;
- суміш для прискорення кипіння («кипілки»);
- водопровідна вода в кількості 6 дм<sup>3</sup>.

**Підготовка до дослідю.** Проби палива, що містять воду до випробування не допускаються. Якщо в паливі виявлена вода, то її необхідно видалити, профільтрувавши пробу палива через бавовняно-паперову вату або з допомогою безводного сульфату натрію, який поміщають в склянку з пробю палива і перемішують протягом декількох хвилин. Після цього пробі палива дають відстоятися та відфільтровують зневоднене паливо в чистий сухий посуду.

Температура пробі палива перед випробуванням повинна бути доведена до температури навколишнього середовища чи відрізнятись від неї не більше ніж на  $\pm 3$  °С. Заповнювати баню холодильника водою потрібно так, щоб її рівень був трішки вище трубки холодильника. Необхідно підтримувати температуру води в бані не більше, ніж на 3 °С вище температури навколишнього середовища.

Внутрішню поверхню холодильника перед випробуванням необхідно протерти прикріпленим до мідного або алюмінієвого дроту тампоном з м'якої тканини, яка не залишає ворсинок.

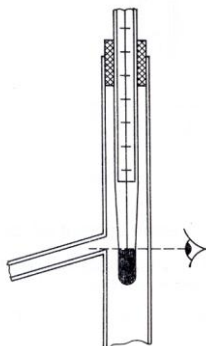
Пробу палива, яка підлягає випробуванню, в кількості 100 см<sup>3</sup>, треба відміряти мірним циліндром ємністю 100 см<sup>3</sup> і перелити в колбу для перегонки тримаючи останню відвідною трубкою догори. Після заповнення колби для перегонки до неї необхідно помістити декілька кипілок для запобігання перегріву рідини, а потім закрити щільно пробкою, в яку попередньо вставлений термометр.

Термометр в колбі для перегонки повинен розміщуватись так, щоб його вісь збігалася з віссю горловини колби, а верхній край резервуару з ртуттю знаходився на рівні самої високої точки внутрішньої нижньої стінки паровідвідної трубки (див. рис. 2.2).

Далі слід з'єднати колбу для перегонки з холодильником. Для цього потрібно паровідвідну трубку колби за допомогою пробки з отвором вставити в трубку холодильника, при цьому паровідвідна трубка повинна входити в трубку холодильника на 25–30 мм.

Мірний циліндр, яким вимірюється проба палива, необхідно без висушування помістити під вільним кінцем трубки холодильника

так, щоб вільний кінець трубки холодильника був занурений в циліндр на 25 мм, але не нижче відмітки –  $100 \text{ см}^3$ , і не торкався його стінок. Після цього циліндр необхідно накрити фільтрувальним папером або аналогічним матеріалом, який повинен щільно прилягати до трубки холодильника. Потім слід виміряти барометричний тиск, записати результат з похибкою не більше  $\pm 0,5 \text{ гПа}$  ( $\pm 0,4 \text{ мм рт. ст.}$ ).



**Рис. 2.2 – Розташування термометра в колбі для перегонки**

**Проведення досліду.** Після підготовки приладу для визначення фракційного складу починають нагрівати колбу. Час з початку нагріву колби для перегонки до моменту початку кипіння повинен становити 5–15 хв, тому слід провести декілька попередніх вимірювань при різній потужності нагрівача і підібрати необхідну.

У момент, коли з холодильника впаде перша крапля конденсату, записують показання термометра в лабораторний журнал і приймають його за температуру початку перегонки. Мірний циліндр переставляють так, щоб його стінка торкалася краю трубки холодильника і конденсат стікав по стінці циліндра. Якщо цього не зробити, то краплі, що падають, не дадуть змоги точно визначити рівень рідини.

Надалі, перегонку проводять з таким нагрівом, щоб перегонка від 5 % до 95 % конденсату складала  $4\text{--}5 \text{ см}^3$  за 1 хв (20–25 крапель за 10 с).

В моменти, коли рівні конденсату в мірному циліндрі досягають 10, 50, 90  $\text{см}^3$ , відраховують показники термометра і записують їх в лабораторний журнал. При цьому об'єм конденсату визначають з похибкою не більше  $0,5 \text{ см}^3$ , а температуру – з похибкою не більше  $\pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Після перегонки 90  $\text{см}^3$  конденсату, нагрівання колби для перегонки регулюють так, щоб час від моменту утворення 95  $\text{см}^3$  конденсату до моменту утворення 98  $\text{см}^3$  конденсату склав не більше 5 хв. В момент, коли рівень конденсату в мірному циліндрі досягне 98  $\text{см}^3$ ,

знімають покази термометра і записують їх в лабораторний журнал. Після цього нагрів завершують і дають колбі охолонути.

Бензини переганяють при більш низьких температурах, ніж палива, тому існує ряд відмінностей у проведенні випробування. Температура колби, термометра, кожуха, мірного циліндра і проби авіаційного бензину перед випробуванням повинна складати 13–18 °С, температура охолоджуючої бані 0–4 °С. Для охолоджуючої бані можна використовувати сніг, лід із сіллю, охолоджену воду тощо.

Нагрівання колби регулюють так, щоб час від початку нагрівання колби для перегонки до моменту падіння першої краплі конденсату в приймальний циліндр склав 5–10 хв. У подальшому перегонка бензинів здійснюється аналогічно перегонці палива, але за температуру кінця перегонки приймається температура пари в момент накопичення 97,5 см<sup>3</sup> конденсату.

**Обробка результатів.** Температура кипіння палива залежить від тиску, тому якщо барометричний тиск в момент проведення випробування відрізняється від тиску 1013 гПа (760 мм рт. ст.), то до всіх вимірних температур необхідно ввести температурну поправку на зміну барометричного тиску:  $t = t_0 \pm \Delta t$ .

**Таблиця 2.1 – Температурні поправки на барометричний тиск при визначенні фракційного складу палива**

Температурна межа, °С	Поправка до різниці тисків на кожні:		Температурна межа, °С	Поправка до різниці тисків на кожні:	
	13,3 гПа	10 мм рт. ст.		13,3 гПа	10 мм рт. ст.
10–13	0,26	0,35	210–230	0,44	0,59
30–50	0,29	0,38	230–250	0,46	0,62
50–70	0,30	0,40	250–270	0,48	0,64
70–90	0,32	0,42	270–290	0,50	0,66
90–110	0,34	0,45	290–310	0,52	0,69
110–130	0,35	0,47	310–330	0,53	0,71
130–150	0,38	0,50	330–350	0,56	0,74
150–170	0,39	0,52	350–370	0,57	0,76
170–190	0,41	0,54	370–390	0,59	0,78
190–210	0,43	0,57	390–410	0,60	0,81

При барометричному тиску менше 1013 гПа (760 мм рт. ст.) температурну поправку додають, при тиску більшому, ніж 1013 гПа (760 мм рт. ст.) – віднімають. Температурну поправку ( $\Delta t$ ) в градусах Цельсія знаходять за таблицею 2.1 чи вираховують за формулами:

$$\Delta t = (t_1 - t_2) = 0,00009 (1013 - P) \cdot (273 + t_0);$$

$$\Delta t = (t_1 - t_2) = 0,000012 (760 - P_1) \cdot (273 + t_0),$$

де  $P, P_1$  – барометричний тиск під час випробування (гПа або мм рт. ст.), відповідно;  $t_0$  – показники термометра, °С.

Поправки звичайно складають 0,5–2,0 °С.

**Приклад.** Виміряна при випробуванні температура перегонки 50 % дизельного палива склала 185 °С, вимірний тиск – 986,3 гПа (740 мм рт. ст.)

За таблицею знаходимо, що в інтервалі температур 170–190 °С на кожні 13,3 гПа (10 мм рт. ст.) температурна поправка на барометричний тиск дорівнює 0,54 °С. В наведеному прикладі тиск відрізняється від 1013 гПа (760 мм рт. ст.) на 26,6 гПа (20 мм рт. ст.). Відповідно, температурна поправка в градусах Цельсія складе:

$$(t_1 - t_2) = 2 \cdot 0,54 = 1,08 \approx 1, \Delta t = (t_1 - t_2) = 1 \text{ °С.}$$

Оскільки тиск в досліді нижчий 1013 гПа (760 мм рт. ст.), цю температурну поправку слід додати. Таким чином, температура перегонки 50 % дизельного палива в градусах Цельсія складе :

$$t = 185 + 1 = 186, t = 186 \text{ °С.}$$

Для отримання правильних результатів завжди проводиться два послідовних визначення. Між результатами цих визначень, як правило, існують розбіжності. Розбіжності між двома послідовними визначеннями не повинні перевищувати значення повторюваності методу.

Повторюваність, відтворюваність методу визначають за номограмою (див. рис. 2.3).

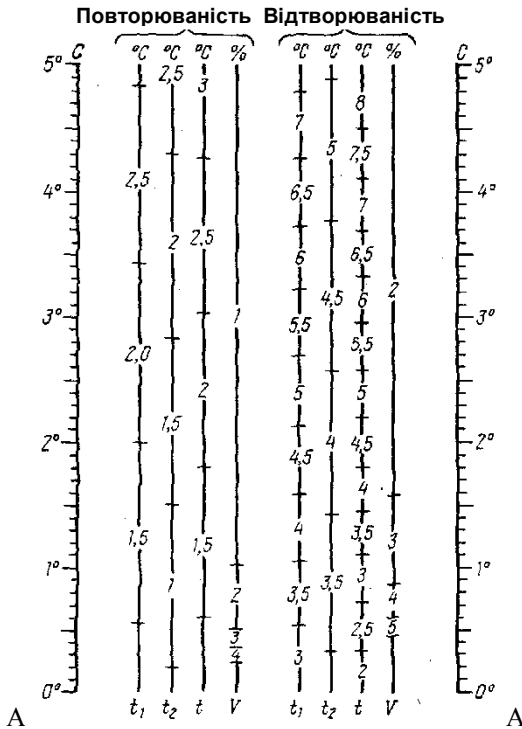
Для використання номограм визначають середню зміну температури перегонки  $C$  при збільшенні об'єму конденсату на 1 %:

$$C = (t_2 - t_1) / (v_2 - v_1),$$

де  $t_1$  та  $v_2$  – температура (°С) і об'єм (%) конденсату, відповідно, до початку цього інтервалу;  $t_1$  та  $v_2$  – температура (°С) і об'єм (%), конденсату, відповідно, в кінці зазначеного інтервалу.

Отримане значення зміни температури перегонки відмічають на лівій і правій шкалах точками номограми (вони ідентичні) і з'єднують їх прямою лінією. Точки перетину цієї лінії з вертикальними лініями шкали номограми вказують відповідні значення повторюваності і відтворюваності методу. Якщо розбіжності між двома послідовними

визначеннями перевищують значення повторюваності, то випробування необхідно повторити.



**Рис. 2.3 – Номограма для визначення повторюваності та відтворюваності методу визначення фракційного складу палива:**

**A – зміна показників термометра °C, при збільшенні об'єму конденсату на 1 %;**

**$t_1$  – температура початку кипіння, °C;**

**$t_2$  – температура кінця кипіння чи випаровування, °C;**

**$t$  – температура при заданому відсотку відгону чи випарювання, °C;**

**$v$  – відсоток відгону чи випарювання при заданій температурі**

**Приклад.** Температура перегонки 45 % дизельного палива становить 181 °C а температура перегонки 55 % дизпалива – 189 °C.

Визначимо повторюваність і відтворюваність визначення температури перегонки 50 % дизельного палива. Для цього, за формулою визначимо середню зміну температури перегонки (°C) в градусах Цельсію. У цьому прикладі  $t_1 = 181$  °C,  $v_1 = 45$  %,  $t_2 = 189$  °C,  $v_2 = 55$  %. Тоді  $C = (189 - 181)/(55 - 45) = 0,9$ ,  $C = 0,9$  °C.

Отримане значення 0,9 відмічаємо у вигляді точок на лівій і правій шкалах номограми і з'єднуємо їх прямою лінією. Із номограми слідує, що лінія перетинає вертикальну пряму, позначену  $t$ , в інтервалі 1,5 °С, що характеризує повторюваність, і в інтервалі 3,0 °С, що характеризує відтворюваність. Отже, при випробуваннях дизельного палива розбіжності між двома послідовними визначеннями температури перегонки 50 % палива не повинні перевищувати 1,5 °С.

**Практичні рекомендації.** При встановленні термометра в перегінну колбу необхідно слідкувати за правильністю його розміщення (див. рис. 2.2). При розміщенні резервуара з ртуттю нижче потрібного рівня показники термометра будуть завищені, а при розміщенні його вище потрібного рівня показники – занижені.

Для зняття відкладень з внутрішніх стінок перегінної колби необхідно використовувати сірчану кислоту або хромову суміш.

Щоб вчасно зафіксувати момент появи першої краплі конденсату з холодильника в циліндр, необхідно мати на увазі, що цьому передує різке підвищення температури. Потрібно слідкувати за повнотою виливання проби палива з мірного циліндра в перегінну колбу, своєчасною заміною кипілок і чистотою перегінної колби.

Під час випробування, для підтримання рівномірності перегонки, після відгону 50–70 % проби палива необхідно дещо підвищити потужність нагрівача.

### Контрольні питання

1. Чому википання нафтопродуктів характеризується фракційним складом, а не температурою початку кипіння?
2. Назвіть характерні точки фракційного складу палива.
3. Які експлуатаційні властивості палива характеризує температура початку кипіння та википання (перегонки) 10, 50, 90 і 98 % його об'єму?
6. Методика визначення фракційного складу нафтопродуктів.
4. Як за фракційним складом палива оцінюють його якість при тривалому зберіганні та транспортуванні?
5. Як відбувається підготовка до випробування визначення фракційного складу нафтопродуктів?
6. Охарактеризуйте методику визначення фракційного складу нафтопродуктів.

### *Лабораторна робота 3.*

## **Визначення кінематичної в'язкості палива**

---

### **Основні теоретичні відомості**

В'язкість або внутрішнє тертя – властивість рідини створювати опір відносному переміщенню шарів. В'язкість нафтопродуктів залежить від хімічного та фракційного складу, і її визначають стандартним методом за ГОСТ 33–2000. Розрізняють динамічну і кінематичну в'язкість.

**Кінематична в'язкість** – основна фізико-механічна характеристика нафтових змащувальних масел. Вона характеризує здатність масла здійснювати гідродинамічний режим змащування при робочій температурі, тобто здатність забезпечувати заміну сухого тертя рідинним і тим запобігати швидкому зношуванню матеріалу. Тому для змащувальних масел в'язкість є нормованим показником. Нормується в'язкість при 50 °С ( $\nu_{50}$ ) та при 100 °С ( $\nu_{100}$ ). Кінематична в'язкість  $\gamma$  дорівнює відношенню динамічної в'язкості рідини  $\eta$  до її густини  $\rho$  при тій самій температурі:  $\gamma = \eta/\rho$ .

За міжнародною системою одиниць динамічна в'язкість має розмірність ( $\text{н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$ ), а кінематична – ( $\text{м}^2/\text{с}$ ) або ( $\text{мм}^2/\text{с}$ ) або сантистокс ( $1\text{сСт} = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с} = \text{мм}^2/\text{с}$ ).

Визначення динамічної та кінематичної в'язкості проводиться у скляних віскозиметрах спеціальної конструкції, що мають калібровані капіляри. В'язкість прямо пропорційна часу витікання стандартного об'єму нафтопродукту через капіляр віскозиметра.

В'язкість нафтових масел залежить від температури. При низьких температурах, особливо близьких до температури застигання, їх в'язкість різко зростає. При підвищених температурах в'язкість нафтових масел зменшується. Для оцінювання в'язкісно-температурних властивостей нафтових масел застосовують показники, зокрема, і відношення в'язкості при 50 °С до в'язкості при 100 °С ( $\nu_{50}/\nu_{100}$ ) та індекс в'язкості (ІВ). Чим менше змінюється в'язкість масла зі зміною температури, тим вища її якість. Отже, для якісного масла співвідношення в'язкості ( $\nu_{50}/\nu_{100}$ ) повинно бути мінімальним, а індекс в'язкості – максимальним.

В'язкість палива визначається за допомогою капілярних віскозиметрів при температурі 20 °С.

У досліді вимірюється час, необхідний для витікання певного об'єму палива через калібрований капіляр.

#### ***Апаратура, реактиви і матеріали:***

– віскозиметр капілярний ВПЖТ–1, ВПЖТ–2 або ВПЖТ–4 (рис. 3.1), виконаних за ГОСТ 10028–81;

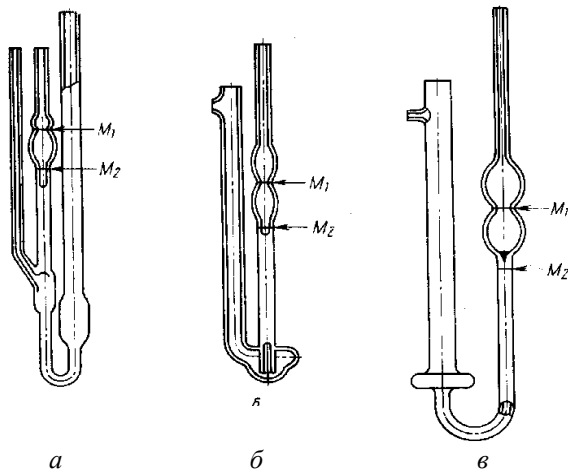


Рис. 3.1 – Віскозиметри: а – ВПЖТ-1; б – ВПЖТ-2; в – ВПЖТ-4

- штатив чи інший пристрій для закріплення віскозиметра;
- підвіс для перевірки розміщення віскозиметра по вертикалі;

**Примітка.** В якості термостата або бані віскозиметра використовують будь-яку прозору посудину такої глибини, щоб паливо, яке знаходиться у віскозиметрі, було занурено не менш, як на 20 мм нижче рівня рідини в бані і не менш, як на 20 мм над дном бані. Баня повинна бути оснащена пристроєм, що регулює температуру рідини в ній. Найбільша зміна температури рідини по довжині віскозиметрів і між місцем розміщення окремих віскозиметрів і місцем розміщення термометра не повинна перевищувати  $\pm 0,01$  °С. Для наповнення термостата або бані використовують дистильовану воду.

- груша гумова;
- склянка хімічна на 50 мл;
- термометри першої групи № 5 з границями вимірювання 16–20 °С, або № 6 з границями вимірювання 20–24 °С, або термометр ТИН-10 (виконання 1) з границями вимірювання 18,6–21,4 °С.
- секундомір;
- сито з розміром комірок 75 мкм, лійка або тиглі фільтруючі (для темних нафтопродуктів);
- папір фільтрувальний лабораторний;
- сіль кухонна крупнокристалічна або сульфат натрію безводний;
- розчинники: бензин-розчинник для гумової промисловості; нефрас – С-50/170; ефір петролейний; ацетон; толуол або толуол нафтовий; спирт етиловий ректифікований технічний високоочищений; суміш хромова; вода дистильована.

**Підготовка до досліду.** Для визначення кінематичної в'язкості палива використовують чистий, сухий віскозиметр, числове значення сталої якого знаходиться в межах 0,003–0,005 мм<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>. При визначенні в'язкості вибирають віскозиметр з таким діаметром капіляра, щоб час протікання рідини при заданій температурі був не менший, ніж 200 с.

У термостаті встановлюють температуру 20±0,01 °С і підтримують її протягом всього випробування.

Для визначення кінематичної в'язкості палива використовують чистий, сухий віскозиметр, числове значення постійної якого знаходиться в межах 0,003–0,005 мм<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>.

Пробу відібрану (за ГОСТ 2517–85) фільтрують через сито, скляний або паперовий фільтр. При наявності в паливі води проводять його осушення безводним сульфатом натрію або прожареною крупнокристалічною кухонною сіллю, і фільтрують через паперовий фільтр.

Між послідовними визначеннями віскозиметр декілька разів промивають розчинником, який повністю зміщується з досліджуваним продуктом, з наступним промиванням розчинником, який повністю випаровується. Сушать віскозиметр, пропускаючи через нього слабкий потік чистого, сухого повітря до повного видалення слідів розчинника.

Періодично віскозиметр очищають від відкладень органічних речовин і неорганічних солей. Для цього його промивають соляною кислотою, потім хромовою сумішшю, старанно прополіскують дистильованою водою, потім ацетоном і сушать в сушильній шафі або пропускають через нього потік чистого сухого повітря.

**Проведення досліду.** Віскозиметр заповнюють досліджуваним нафтопродуктом. Для цього приєднують гумову грушу до бокового відводу 3, перевертають віскозиметр і занурюють вузьке коліно. Закривши широке коліно 2 пальцем, втягують грушею нафтопродукт до мітки  $M_1$ . Після цього віскозиметр перевертають у робоче положення, витирають вузьке коліно від нафтопродукту і встановлюють у термостат, нагрітий до потрібної температури. Віскозиметр витримують у термостаті не менше, ніж 15 хв при температурі досліду.

Далі за допомогою груші, приєднаної до кінця коліна 1, досліджуваний нафтопродукт перекачують у розширення 4 дещо вище від мітки  $M_1$ . Знявши грушу, спостерігають за протіканням рідини через капіляр. Засікають час опускання меніска рідини від мітки  $M_1$  до  $M_2$ . Дослідження повторюють три рази. Час витікання у кожному досліді не повинен відрізнятись від середньоарифметичного більше, ніж на 0,5 %.

**Обробка результатів.** Кінематичну в'язкість досліджуваного палива  $\gamma$  в квадратних міліметрах на секунду або сантистоксах (мм<sup>2</sup>/с чи сСт) вираховують за формулою:

$$\gamma = C\bar{\tau},$$

де  $C$  – стала віскозиметра,  $\text{мм}^2/\text{с}^2$  ( $\text{сСт}/\text{с}$ );  $\bar{\tau}$  – середнє арифметичне значення результатів вимірювання часу витікання палива у віскозиметрі  $\bar{\tau} = (\tau_1 + \tau_2 + \tau_3) / 3$ . Результати розрахунку округляють до десятих значень.

**Практичні рекомендації.** При використанні термометрів першої групи № 5 потрібно обов'язково вводити поправку на виступаючий стовпчик ртуті ( $\Delta t$ ) за формулою:

$$\Delta t = (t_1 - t_2) = Kh(t_1 - t_2),$$

де  $K = 0,00016$  – коефіцієнт для ртутних термометрів;  $h$  – висота виступаючого стовпчика ртуті;  $t_1$  – температура в термостаті;  $t_2$  – середня температура виступаючого стовпчика ртуті (визначається допоміжним термометром, який прикріплений до основного так, щоб його резервуар знаходився посередині виступаючого стовпчика ртуті).

Для отримання правильних результатів потрібно проводити два заповнення віскозиметра. При кожному заповненні віскозиметра час витікання визначають не менше трьох разів і він повинен бути не менше 200 с. Для зменшення часу проведення випробування доцільно проводити паралельне визначення кінематичної в'язкості на двох віскозиметрах.

Якщо результати трьох вимірювань часу відрізняються не більше, ніж на 0,2 % від середнього арифметичного значення, то можна починати визначення кінематичної в'язкості. В іншому випадку вимірювання повторюються. За результат випробування приймають середнє арифметичне значення результатів визначень кінематичної в'язкості в двох віскозиметрах, якщо розходження між ними не перевищує значень. При перевищенні цих значень випробування проводять при третьому заповненні віскозиметра.

При наявності декількох типів віскозиметрів перевагу слід надавати віскозиметрам ВПЖТ–1 і ВПЖТ–2, так як вони дають показання з найменшою похибкою. При наявності декількох віскозиметрів одного типу перевагу слід надавати віскозиметру, стала якого більша.

### Контрольні питання

1. Що таке кінематична та динамічна в'язкість?
2. Який прилад застосовують для визначення кінематичної в'язкості?
3. Як залежить динамічна в'язкість від кінематичної?
4. Що розуміють під в'язкістю?
5. Як впливає збільшення в'язкості дизельного палива на експлуатаційні властивості?

## *Лабораторна робота 4.* **Методи визначення кислотності палива**

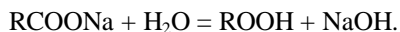
---

### **Основні теоретичні відомості**

З органічних сполук нафти кислого характеру найбільш поширені карбонові кислоти складу  $C_nH_{2n}COOH$  – похідні нафтенів. Нафтеніві кислоти – це рідкі або тверді кристалічні малорозчинні у воді речовини. Під дією високих температур (понад 360 °С) нафтеніві кислоти розкладаються з утворенням оксиду вуглецю IV та вуглеводнів. Незважаючи на той факт, що нафтеніві кислоти підвищують корозійність нафтопродуктів, незначний вміст їх поліпшує протизношувальні властивості паливно-мастильних матеріалів.

Сучасними технологічними процесами виробництва нафтопродуктів передбачається їх очистка з використанням кислот та лугів. Так, наприклад, для вилучення низькостабільних до окиснення ненасичених вуглеводнів, смолистих, азото-, сірковмісних сполук застосовують сірчанокислотну очистку. Після такої обробки в нафтопродуктах залишаються сліди кислоти. Для їх нейтралізації, а також для вилучення сірководню, меркаптанової сірки застосовують лужну очистку. Подальша нейтралізація нафтопродуктів здійснюється промивкою водою. Але при неповній нейтралізації нафтопродукт може містити сліди кислоти або лугу. Їх присутність у паливно-мастильних матеріалах не допускається, адже мінеральні кислоти активно взаємодіють із металами.

Якщо в нафтопродукті містяться солі сульфокислот, нафтенівих кислот, то під дією вологи і температури можливе утворення кислих та лужних сполук мінерального характеру:



Виділений при цьому луг фіксується індикатором. Тобто, продукт, який містить навіть незначну кількість мила у водній витяжці, буде мати позитивний результат аналізу на присутність вільного лугу. У нафтопродуктах можуть бути присутні органічні сполуки кислого характеру, що утворюються при окисненні вуглеводнів, які призводять до корозії паливного обладнання. До них належать нафтеніві кислоти, феноли, спирти. Вміст їх у паливі обмежується і контролюється.

#### ***Метод визначення кислотності палива за ГОСТ 5985–79.***

Метод визначення кислотності полягає у тому, що до визначеної кількості палива постійно додають розчин їдкового калію відомої концентрації, поки всі кислоти не будуть нейтралізовані. Для визначення цього моменту в розчин додавають індикатор, який змінює колір при переході від кислої реакції середовища до лужної.

Основному досліді повинні передувати операції з приготування розчину їдкою калію та встановлення його концентрації (титру).

**Апаратура, реактиви та матеріали:**

- колби К<sub>Н</sub>–1–100–29/32 ТС, К<sub>Н</sub>–2–100–34 ТХС, К<sub>Н</sub>–2–100–18 ТХС, К<sub>Н</sub>–100–22 ТХС, К<sub>Н</sub>–1–250–29/32 ТС, К<sub>Н</sub>–2–250–34 ТХС, КГУ–2–2–1000–34 ТХС;
- дефлегматор ялинковий довжиною не менш ніж 400 мм;
- холодильник ХПТ–1–400–14/32 ХС, або ХШ–400 ТХС, або холодильник повітряний, або трубки скляні довжиною 700–750 мм з внутрішнім діаметром 10–12 мм;
- циліндри 1–50, 1–100, 3–50, 3–100;
- бюретки 1–2–25, 3–2–25, 6–2–2, 6–2–5, 7–2–3, 7–2–10;
- піпетка 2–1–50, 2–3–50;
- стакан або чашка випарувальна;
- електроплитка з закритою спіраллю будь-якого типу;
- стаканчик для зважування (бюкс) і воронка з підігрівом;
- секундомір або піщаний годинник ЧПН–5;
- склянка з темного скла або пофарбована в чорний колір;
- двосторонній металевий шпатель;
- скляна лабораторна крапельниця;
- ексикатор;
- сушильна шафа типу ШС–3 № 3 або муфельна піч;
- лабораторні терези ВЛА–200 другого класу точності або інші терези такого самого класу точності;
- хлоркальцієва трубка;
- ректифікований етиловий спирт (пропіловий чи ізопропіловий);
- гідроксид калію кваліфікації чистий для аналізу (ч.д.а.), 0,05 моль/дм<sup>3</sup> розчин титрований спиртовий;
- двоводневий хлористий кальцій або хлористий кальцій;
- натронне вапно або аскарит;
- фталевокислий калій кислий (біфталат калію);
- янтарна кислота кваліфікації хімічно чиста (х.ч.) або ч.д.а.;
- бензол; ксилол; толуол;
- лужний блакитний індикатор 6Б (для масел);
- соляна кислота;
- індикатор нітросиновий жовтий, 0,5 % водний розчин;
- фенолфталеїн індикатор 0,1 % спиртовий розчин;
- вода дистильована.

**Підготовка до досліді.** Для приготування титрованих розчинів застосовують свіжо-перегнаний етиловий спирт. Перегонку спирту здійснюють в колбі ємністю 500–1000 см<sup>3</sup> з дефлегматором до 10 %

залишку, перед цим додавши в спирт декілька кристалів марганцево-кислого калію. Для проведення випробувань застосовують 90 % взятого для перегонки об'єму спирту.

Для приготування 85 % розчину етилового спирту змішують 89 см<sup>3</sup> етилового спирту та 11 см<sup>3</sup> дистильованої води.

Для приготування 0,5 % водного розчину індикатора нітрозинового жовтого 0,5 г індикатора розчиняють в 100 см<sup>3</sup> води дистильованої.

Для приготування 1 % розчину індикатора фенолфталеїну 1 г індикатора розчиняють в 100 см<sup>3</sup> етилового спирту.

Для приготування ≈0,04 % розчину індикатора лужного блакитного 6Б 0,8 г цього індикатора розчиняють в 1000 см<sup>3</sup> етилового 96 % спирту, потім додають 1500 см<sup>3</sup> бензолу до повного розчинення індикатора. Після додавання бензолу суміш витримують протягом 12 год, потім прозорий розчин відфільтровують.

Для встановлення титру спиртового розчину гідроксиду калію застосовують янтарну кислоту або перекристалізований калій фталевокислий кислий (біфталат калію). 100г янтарної кислоти розчиняють при кип'ятінні в 165 см<sup>3</sup> дистильованої води. Розчин фільтрують в гарячому стані через лійку з підігрівачем. Після охолодження розчину кристали фільтрують на відсмоктувальній лійці і знову перекристалізують. Отримані кристали сушать до постійної маси при температурі 105±5 °С. 70 г біфталату калію розчиняють в 200 см<sup>3</sup> дистильованої гарячої води. Перекристалізацію проводять при температурі не нижче 25 °С, так як при нижчій температурі утворюються кристали трифталату калію – більш кислої солі. Отримані кристали сушать до постійної маси при температурі 105±5 °С.

Перекристалізовану янтарну кислоту або біфталат калію поміщають у бюкси та зберігають в ексикаторі. Перед кожним встановленням титру янтарну кислоту або біфталат калію висушують 1 годину при температурі 105±5 °С. Для приготування 0,05 Н спиртового розчину гідроксиду калію 1,5 г кристалічного гідроксиду калію зважують з похибкою не більше 0,1 г і розчиняють в 500 см<sup>3</sup> етилового спирту. Отриманий розчин ретельно перемішують і витримують не менше 24 год в темному місці. Відстояний прозорий розчин відділяють від осаду декантацією в склянку для бюретки або в пляшку з темного скла або пофарбовану в чорний колір з пробкою, в яку вставляють трубку з натреним вапном або аскаритом.

Титр розчину гідроокису калію встановлюють за янтарною кислотою або біфталатом калію. В конічну колбу місткістю 100–250 см<sup>3</sup> поміщують 0,05–0,07 г янтарної кислоти або біфталату калію, зважених з похибкою не більше 0,0002 г, та розчиняють їх в 50 см<sup>3</sup> свіжокип'яченої дистильованої води, додають 3–4 краплі індикатора фенол-

фталеїну і титрують 0,05 моль/дм<sup>3</sup> розчином гідроксиду калію при безперервному перемішуванні до появи рожевого забарвлення. Забарвлення повинно бути стійким без перемішування протягом 30 с.

Титр розчину гідроксиду калію в міліграмах гідроксиду калію на 1 см<sup>3</sup> (мг КОН на см<sup>3</sup>) обчислюють за формулою:

$$T = \frac{56,11 m}{\dot{A} \cdot V_1} \cdot 1000,$$

де 56,11 – еквівалентна маса гідроксиду калію, г;  $m$  – маса янтарної кислоти або біфталату калію, г;  $E$  – еквівалентні маси янтарної кислоти або біфталату калію, які дорівнюють 204,23 або 59,014 г відповідно;  $V_1$  – об'єм 0,05 моль/дм<sup>3</sup> розчину гідроксиду калію, витраченого на титрування маси янтарної кислоти або біфталату калію, см<sup>3</sup>.

За результат визначення титру приймають середнє арифметичне значення не менше трьох послідовних визначень. Розбіжність між результатами послідовних визначень не повинна перевищувати 0,03 мг/см<sup>3</sup>.

Титр розчину перевіряють не рідше одного разу на два тижні. Перед проведенням дослідю пробу палива ретельно перемішують, струшують протягом 5 хв у склянці, яка заповнена не більш ніж на 3/4 її об'єму.

**Проведення дослідю.** В конічну колбу наливають 50 см<sup>3</sup> 85 % етилового спирту та кип'ять зворотнім холодильником, водяним або повітряним протягом 5 хв. У прокип'ячений спирт додають 8–10 крапель (0,25 см<sup>3</sup>) жовтого нітросинового індикатора та нейтралізують в гарячому стані при неперервному перемішуванні 0,05 моль/дм<sup>3</sup> спиртовим розчином гідроксиду калію до перших ознак зміни жовтого забарвлення на зелене.

В колбу з нейтралізованим гарячим спиртом наливають 50 см<sup>3</sup> проби палива. Вміст колби кип'ять зворотнім холодильником, водяним або повітряним, протягом 5 хв при періодичному перемішуванні. Якщо вміст колби після кип'ятіння зберігає зелене забарвлення, випробування закінчують і вважають, що кислотність проби палива відсутня. У випадку зміни забарвлення суміш в гарячому стані титрують спиртовим розчином гідроксиду калію при неперервному інтенсивному перемішуванні до зміни жовтого забарвлення спиртового шару на зелене. Забарвлення повинно бути стійким без перемішування протягом 30 с.

Титрування проводять в гарячому стані швидко для запобігання впливу вуглекислого газу, який знаходиться в повітрі.

**Обробка результатів.** Кислотність проби палива  $K$  в міліграмах гідроксиду калію на 100 см<sup>3</sup> (мг КОН на 100 см<sup>3</sup>) визначають за формулою:

$$K = \frac{100V \cdot T}{50},$$

де  $V$  – об'єм 0,05 моль/дм<sup>3</sup> розчину гідроксиду калію, витраченого на титрування, см<sup>3</sup>;  $T$  – титр 0,05 моль/дм<sup>3</sup> розчину гідроксиду калію, мг/см<sup>3</sup>; 50 – об'єм досліджуваного палива, см<sup>3</sup>; 100 – фактор переліку на 100 см<sup>3</sup> палива.

Допустимі розбіжності між отриманими результатами дослідів не повинні перевищувати значень, вказаних у таблиці 4.1.

**Таблиця 4.1 – Допустимі похибки результатів випробувань при визначенні кислотності палива**

Кислотність, мг КОН на 100 см <sup>3</sup>	Допустимі розходження, мг КОН на 100 см <sup>3</sup>	
	між послідовними визначеннями	між результатами, отриманими в різних лабораторіях
До 0,5	0,08	0,20
Від 0,5 до 1,0	0,10	0,25
Більше 1,0	0,20	–

Результати дослідів округлюють до сотих значень.

**Метод визначення кислотності палива потенціометричним титруванням за ГОСТ 11362–76.** Цей метод полягає в потенціометричному титруванні палива, розчиненого в неводному розчиннику розчином гідроксиду калію або соляної кислоти. Титрування ведуть до стрибка потенціалу або, при відсутності останнього, до значень електрорушійної сили (ЕРС), встановлених за буферними розчинами.

За кислотність приймають кількість гідроксиду калію в міліграмах, витрачену на нейтралізацію всіх кислих сполук, що знаходяться в 100 см<sup>3</sup> проби палива.

**Апаратура, реактиви та матеріали:**

- рН-метр лабораторний з ціною поділки шкали напруги не більше 5 мВ або прилад ЛТСН–2;

- електроди: індикаторний – скляний (ССЛ–411–04) або іншої марки, призначений для роботи в безводних розчинах при звичайній температурі і в широкому діапазоні реакції середовища; порівняльний – хлор-срібний (ЕВЛ 1М), призначений для роботи в безводному розчині, або каломельний;

- титрувальний стенд, що включає: штатив з підставкою; низьку склянку з термостійкого скла ємністю 100 і 250 см<sup>3</sup> з кришками із органічного скла та отворами для електродів, бюретки та мішалки; мішалку однолопатеву скляну з електромотором, який забезпечує частоту обертання 400–1000 об/хв, або магнітну мішалку будь-якого типу;

- мірний лабораторний скляний посуд;

- колба мірна з однією міткою;

- мірні циліндри з носиками ємністю 50, 100 і 1000 см<sup>3</sup> або мензурки тієї ж ємності;

- піпетка ємністю 5 см<sup>3</sup> без поділок або з поділками;
- бюретка ємністю 10 см<sup>3</sup>;
- колба з круглим дном КГУ–2 ємністю 1000 см<sup>3</sup>;
- дефлегматор кульковий;
- холодильник Лібіха;
- склянка з кришкою (бюкс);
- ексікатор;
- металева сітка з комітками діаметром 0,1 мм;
- калій фталевокислий кислий (біфталат калію);
- $\gamma$ -колоїдин безбарвний з температурою кипіння 168–1700 °С та коефіцієнтом рефракції  $n_D^{20} = 1,4982 \pm 0,0005$ ;
- м-нітрофенол блідо-жовтого кольору з температурою плавлення 96–970 °С;
- гідроксид калію 0,05, 0,1 та 0,2 моль/дм<sup>3</sup> спиртовий розчин;
- хлористий калій;
- соляна кислота 0,1 та 0,2 моль/дм<sup>3</sup> спиртові розчини;
- хлористий кальцій в гранулах або плавлений;
- натронне вапно або аскарід;
- ізопропіловий спирт марки А;
- етиловий спирт ректифікований технічний вищого сорту перегнаний в колбі з дефлегматором;
- толуол або толуол нафтовий;
- бензол, хлороформ технічний;
- бензин-розчинник для гумової промисловості;
- дистильована вода;
- лабораторний фільтрувальний папір.

**Підготовка до досліду.** При визначенні кислотності розчинник для досліджуваного продукту готують змішуванням 30 % (по об'єму) етилового спирту та 70 % хлороформу.

Потенціометр готують у відповідності до вимог з експлуатації потенціометрів з наступними доповненнями. Нові скляні електроди, а також електроди, які безперервно використовувалися протягом 7–8 діб, очищують, а потім перевіряють. Для очищення скляний електрод занурюють в хромову суміш на 15–30 с, споліскують дистильованою водою та витримують 2 год у дистильованій воді.

Для перевірки скляний та хлор-срібний електроди занурюють в кислий буферний розчин, який приготовлений за ГОСТ 11362–76, і визначають значення ЕРС. Після цього електроди ополіскують дистильованою водою, витирають фільтрувальним папером, потім занурюють в стакан, який містить 50 см<sup>3</sup> розчинника приготовленого відповідно до ГОСТ –11362, до якого додають 1 см<sup>3</sup> 0,1 моль/дм<sup>3</sup> спиртового розчину

гідроксиду калію, та визначають значення ЕРС. Алгебраїчна різниця результатів двох вимірів ЕРС повинна складати не менше 480 мВ. При меншій різниці ЕРС скляний електрод вважають непридатним для проведення досліду.

Хлор-срібний електрод через 7–8 діб роботи заповнюють свіжим насиченим розчином хлористого калію, рівень якого повинен бути вище рівня розчину, який титрується. Перед кожним випробуванням електроди витримують в дистильованій воді не менше 5 хв, потім виймають з води та протирають. Зберігають електроди в дистильованій воді. Після кожного випробування електроди промивають розчинником або бензином.

Для приготування 0,05, 0,1 і 0,2 моль/дм<sup>3</sup> розчину гідроксиду калію розчиняють 3–3,25, 6–6,5, 12–13 г кристалічного гідроксиду калію в 100 см<sup>3</sup> етилового спирту, отримані розчини відстоюють не менше доби. Відстояні прозорі 0,05 і 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчини декантують (відділяють від осаду) в склянку і переливають у бюретку. Бюретку закривають пробкою, в яку вставляють трубку з натронним вапном або аскаритом. Розчин гідроксиду калію (0,2 моль/дм<sup>3</sup>) декантують в склянку з притертою пробкою.

Титр розчину гідроксиду калію встановлюють за біфталатом калію. Біфталат калію перекристалізують з води при температурі не нижче 25 °С, щоб запобігти утворенню кристалів трифталату калію. Отримані кристали висушують до постійної маси при температурі 110–115 °С. Перекристалізований біфталат калію зберігають у боксі в ексікаторі і перед кожним встановленням титру висушують до постійної маси при температурі 110–115 °С.

У склянку для титрування поміщають наважку біфталату калію, зважену з похибкою не більше 0,0002 г, та розчиняють її в 50 см<sup>3</sup> киплячої дистильованої води.

При встановленні титру 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчину маса наважки повинна становити 0,10–0,15 г, при встановленні титру 0,05 моль/дм<sup>3</sup> розчину – 0,05–0,7 г і при встановленні титру 0,2 моль/дм<sup>3</sup> розчину – 0,20–0,30 г. Склянку для титрування поміщають на титрувальний стенд, опускають в розчин біфталату калію на глибину 10–12 мм електроди, вмикають мішалку, щоб забезпечити добре перемішування розчину без розбризкування і утворення лійок, та титрують розчином гідроксиду калію до першого стрибка потенціалу.

Розчин гідроксиду калію додають спочатку в об'ємі 0,3–0,5 см<sup>3</sup> в один прийом, а потім, якщо ЕРС змінилася більше, ніж на 15–20 мВ (0,25–0,35 рН), в об'ємі 0,1–0,05 см<sup>3</sup>. В області стрибка потенціалу об'єм титранту, який додається, зменшують до 0,02–0,03 см<sup>3</sup>. Титру-

вання проводять повільно, наступну кількість титранту додають після того, як ЕРС буде змінюватися не більше, ніж на 5 мВ (біля 0,1 рН) за 1 хв. Після досягнення стрибка потенціалу продовжують титрування до явного зменшення ЕРС.

Еквівалентну точку знаходять за графіком залежності виміряного потенціалу від доданої кількості розчину гідроксиду калію за записом потенціометричного титрування.

Титр розчину гідроксиду калію в міліграмах гідроксиду калію на 1 см<sup>3</sup> розчину (мг КОН на 1 см<sup>3</sup>) обчислюють за формулою:

$$T_1 = \frac{56,11m}{204,22V} \cdot 1000,$$

де 56,11 і 204,22 – еквівалентні маси гідроксиду калію і біфталату калію відповідно, г;  $m$  – маса біфталату калію, г;  $V$  – об'єм розчину гідроксиду калію, витраченого на титрування біфталату калію, см<sup>3</sup>.

За результат випробування титру приймають середнє арифметичне значення не менше трьох паралельних визначень. Розбіжність між результатами паралельних визначень не повинна перевищувати 0,04 мг/см<sup>3</sup>.

Для приготування 0,1 або 0,2 моль/дм<sup>3</sup> спиртового розчину соляної кислоти розчиняють 9,0–9,2 або 18,0–18,4 см<sup>3</sup> соляної кислоти відповідно густиною 1,17–1,19 г/см<sup>3</sup> в 1000 см<sup>3</sup> етилового спирту.

Титри 0,1 або 0,2 моль/дм<sup>3</sup> спиртових розчинів соляної кислоти встановлюють по 0,1 або 0,2 моль/дм<sup>3</sup> розчину гідроксиду калію відповідно. Для цього в склянку для титрування наливають 50 см<sup>3</sup> розчинника, який приготовлено змішуванням 30 % етилового спирту і 70 % хлороформу, та додають із бюретки 8 см<sup>3</sup> розчину соляної кислоти. Вміст стакану титрують гідроксидом калію до першого стрибка потенціалу.

Титр розчину соляної кислоти в міліграмах гідроксиду калію на 1 см<sup>3</sup> розчину (мг КОН на 1 см<sup>3</sup>) обчислюють за формулою:

$$T_2 = \frac{T_1 - V_1}{V_2},$$

де  $V_1$  – об'єм 0,1 або 0,2 моль/дм<sup>3</sup> розчину гідроксиду калію, витраченого на титрування соляної кислоти, см<sup>3</sup>;  $V_2$  – об'єм соляної кислоти, витрачений на титрування, який дорівнює 8 см<sup>3</sup>.

За результат дослідів приймають середнє арифметичне значення не менше трьох паралельних визначень. Розбіжність між результатами паралельних визначень не повинна перевищувати 0,04 мг/см<sup>3</sup>.

Перевірку титрів розчинів гідроксиду калію і соляної кислоти проводять не рідше одного разу на два тижні.

Для приготування 1000 см<sup>3</sup> кислого буферного розчину (рН~4) 24,20±0,01 г  $\gamma$ -колоїдин розчиняють в 100 см<sup>3</sup> етилового спирту, розчин переливають у мірну колбу ємністю 1000 см<sup>3</sup>, додають при постійному перемішуванні 750 см<sup>3</sup> точно 0,2 моль/дм<sup>3</sup>, спиртового розчину соляної кислоти та доводять об'єм розчину спирту до мітки. Якщо розчин соляної кислоти не точно 0,2 моль/дм<sup>3</sup>, проводять відповідний перерахунок об'єму розчину соляної кислоти, що додається.

При відсутності  $\gamma$ -колоїдину готують кислий буферний розчин біфталату калію (рН = 4). Для приготування 1000 см<sup>3</sup> буферного розчину 10,20 ± 0,01 г перекристалізованого біфталату калію розчиняють у 20–50 см<sup>3</sup> киплячої дистильованої води, розчин кількісно переносять в мірну колбу ємністю 1000 см<sup>3</sup> і при постійному перемішуванні доводять об'єм прокип'яченою дистильованою водою до мітки. Допускається приготування буферного розчину із фіксаналубіфталату калію для рН-метрії.

Для приготування 1000 см<sup>3</sup> лужного буферного розчину (рН~11) 27,80 ± 0,01 г м-нітрофенолу розчиняють в 100 см<sup>3</sup> етилового спирту, розчин кількісно переносять в мірну колбу ємністю 1000 см<sup>3</sup>, додають при постійному перемішуванні 250 см<sup>3</sup> точно 0,2 моль/дм<sup>3</sup> розчину гідроксиду калію і доводять об'єм розчину спиртом до мітки. Якщо розчин гідроксиду калію не точно 0,2 моль/дм<sup>3</sup>, проводять відповідний перерахунок об'єму розчину гідроксиду калію, який додається. При приготуванні меншої кількості буферних розчинів кількість реактивів відповідно зменшують.

Для визначення значення ЕРС в розчині  $\gamma$ -колоїдину та м-нітрофенолу в склянку для титрування наливають, 50 см<sup>3</sup> розчинника, який приготований змішуванням 30 % етилового спирту і 70% хлороформу, та додають з піпетки 5 см<sup>3</sup> буферного розчину. Отриману суміш перемішують протягом 5 хв та визначають значення ЕРС. Для визначення ЕРС в розчині біфталату калію в склянку для титрування наливають 50 см<sup>3</sup> розчину біфталату калію, і вимірюють значення ЕРС. Величину ЕРС електродів в буферних розчинах визначають кожен день. Перед проведенням аналізу паливо фільтрують через паперовий фільтр.

**Проведення дослідю.** У склянку для титрування наливають 100 см<sup>3</sup> розчинника і титрують 0,05 моль/дм<sup>3</sup> розчином гідроксиду калію, додаючи його по 0,03 см<sup>3</sup>. Титрування ведуть до значення ЕРС, встановленого в лужному буферному розчині. Потім в склянку для титрування наливають пробу палива в об'ємі 100 см<sup>3</sup> і знову титрують 0,05 моль/дм<sup>3</sup> розчином гідроксиду калію до того ж значення ЕРС. Перед досягненням значення ЕРС буферного розчину після кожного додавання наступної кількості титру чекають, доки потенціал встановиться, тобто зміна його буде не більше 5 мВ (близько 0,1 рН) за 1 хв.

**Обробка результатів.** Кислотність ( $K_3$ ) в міліграмах гідроксиду калію на  $100 \text{ см}^3$  (мг КОН на  $100 \text{ см}^3$ ) палива обчислюють за формулою:

$$K_3 = V_9 \cdot T_1,$$

де  $V_9$  – об'єм  $0,05 \text{ моль/дм}^3$  розчину гідроксиду калію, витраченого на титрування до величини ЕРС, встановленої в лужному буферному розчині  $\text{см}^3$ ;  $T_1$  – титр розчину гідроксиду калію,  $\text{мг/см}^3$ .

Допустима розбіжність між паралельними визначеннями кислотності не повинна перевищувати  $0,1 \text{ мг на } 100 \text{ см}^3$  палива.

### Контрольні питання

1. Яким чином потрапляють кислоти та луги в паливно-мастильні матеріали?
2. Яким способом утворюються у нафтопродуктах органічні сполуки кислого та лужного характеру?
3. Які індикатори використовують для визначення нейтральності нафтопродуктів?
4. Дайте визначення кислотності та кислотному числу нафтопродукту.
5. Як визначається вмісту водорозчинних кислот та лугів у нафтопродуктах?
6. Яким способом визначається кислотність палива потенціометричним титруванням та титруванням розчином гідроксиду калію?

## *Лабораторна робота 5.* **Визначення вмісту фактичних смол у паливі**

---

### **Основні теоретичні відомості**

Хімічна стабільність – здатність палива не змінювати свій хімічний склад і властивості під час зберігання, транспортування та використання.

Тривале зберігання нафтопродуктів призводить до утворення смол і осадів, що пояснюється окисненням рідини, яка проходить на поверхні, тобто на межі паливо-повітря, а також окиснення палива через розчинений у паливі кисень.

Світлі нафтопродукти при цьому поступово змінюють свій колір через накопичення смолистих речовин, які спочатку розчинені в середовищі нафтопродуктів, а потім випадають із них у вигляді осаду на дно резервуарів. Утворення смолистих речовин і осаду – це складний фізико-хімічний процес, що залежить від хімічного складу нафтопродуктів, наявності води і механічних домішок, а також від зовнішніх умов: температури, часу зберігання, співвідношення рідкої та парової фаз, контакту з металами.

Фактичні смоли, які містяться в паливі – це складні продукти окислення, полімеризації та конденсації вуглеводнів. Швидке утворення смол у наземних резервуарах пояснюється їх нагріванням сонцем і теплом навколишнього повітря, а також більш інтенсивним «диханням» резервуарів. Зі збільшенням кількості повітря, що поступає до поверхні нафтопродуктів, осмолення зростає. Смолоутворення прискорюється при збільшенні поверхні зіткнення палива з повітрям та залежить від об'єму газової фази. Тому від повноти заповнення резервуарів залежить швидкість смолоутворення. Несприятливо впливає на якість палива зберігання на водяній подушці. За наявності води смолоутворення палива значно зростає. Якщо палива наливають у резервуари, неочищені від залишків смолистих речовин, то останні значно прискорюють процеси окиснення й утворення нової кількості смол. Підвищення температури значно прискорює процеси смолоутворення.

Швидкість утворення смолистих речовин за інших рівних умов залежить від складу алканів, цикланів, ароматичних вуглеводнів а також гетероорганічних сполук, що входять до складу палива. Біциклічні ароматичні вуглеводні утворюють при окисненні не розчинні осаді і смоли – смолисто-асфальтенові речовини, тому вміст ароматичних вуглеводнів у паливі нормується.

Якщо смоли, що утворилися під час зберігання, періодично видаляти з палива, то окиснення малостабільних компонентів палива

продовжується зі значною швидкістю. Це пов'язано з тим, що при первинному знесмоленні палива вилучаються і речовини, що є інгібіторами окиснення вуглеводнів.

Смолисті речовини погіршують термоокиснювальну стабільність палива. Якщо вміст їх у бензині перевищує певну кількість, то це значно погіршує якість палива й знижує надійність роботи двигунів. Відкладаються смоли у впускних трубопроводах і на клапанах. Це призводить до зменшення потужності та економічності двигунів, а іноді, й до їхньої аварійної зупинки. Зі збільшенням кількості смолистих речовин підвищується рівень нагароутворення в камерах згорання двигунів, особливо з безпосереднім впрыскуванням.

Нагар, відкладаючись на стінках камер згорання, порушує аеродинаміку потоку та погіршує ефективність згорання палива, викликає місцевий перегрів, викривлення й розтріскування жарових труб. При відкладенні нагару на форсунках змінюється форма розпилення струменя, знижується ефективність горіння палива. Частки нагару, що відриваються від форсунок і стінок камер, попадають із газами до турбіни та викликають ерозію її лопаток, що призводить до розцентрування турбіни і може спричинити аварійну ситуацію.

Утворення смолистих речовин і осадів під час зберігання – результат окиснення нафтопродуктів. Запобігти цьому процесу можна шляхом зберігання дегазованих нафтопродуктів в інертному середовищі, наприклад, в азоті. Однак, таке зберігання нафтопродуктів не практикується. Оскільки зберігають нафтопродукти в теперішній час у середовищі повітря, то утворення смол і осадів можна скоротити шляхом зменшення відношення парової й рідкої фаз, площі контакту нафтопродукту з повітрям, кількості перекачувань. Процеси утворення осадів перебігають менш інтенсивно під час зберігання в умовах знижених температур (наприклад, у заглиблених резервуарах), за відсутності вологи і механічних домішок. Найкращі умови для збереження якості нафтопродуктів створюються в разі зберігання в підземних, повністю заповнених резервуарах, на дні яких відсутня вода й забруднення.

Визначення вмісту фактичних смол проводять за ГОСТ 8489–85.

Суть методу полягає у випаровуванні за високої температури деякої кількості палива в потоці повітря або водяної пари і визначенні вмісту фактичних смол, що залишилися в склянці, ваговим методом.

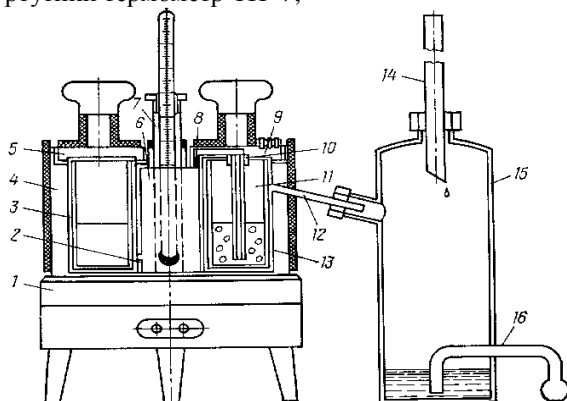
#### ***Апаратура, реактиви і матеріали:***

– прилад для визначення вмісту фактичних смол;

***Примітка.*** Прилад для визначення вмісту фактичних смол (рис. 5.1) складається з бані 4, яка має чотири кишені: дві для склянок з пробною палива 13 і дві для склянок з водою 3. Кишені для склянок з пробною палива і склянок з водою закривають прищліфованими кришками, які знімаються, 5 і 9. Водяна

пара з кишені 3 каналами 2 поступає до кишені для перегріву водяної пари 6, звідти каналами для підводу пари 8 поступає в канал 10 в кришці кишені для склянок з паливом і по трубці 11 потрапляє в склянки. Пара води і палива виходить із кишені для склянок з паливом каналами, які сполучені з паровідвідною трубою 12, яка приєднується до конденсатора 15, що є металевою ємністю із сифонною трубою 16 для автоматичного зливу конденсату. До конденсатора приєднується повітряний металевий холодильник 14.

- електроплитка з реостатом або автоматичним терморегулятором;
- склянки алюмінієві або скляні (4 шт.) для палива і води;
- ртутний термометр ТН-7;



**Рис. 5.1 – Прилад для визначення змісту фактичних смол:**

- 1 – електроплитка; 2 – канали; 3 – кишені для склянок з водою; 4 – баня;**
- 5, 9 – знімні пришліфовані кришки; 6 – кишені для перегріву водяної пари;**
- 7 – кишені для термометрів; 8 – канали для відводу пари;**
- 10 – канал у кришці для стаканів з паливом; 11 – трубка;**
- 12 – паровідвідна трубка; 13 – кишені для склянок з пробією палива;**
- 14 – повітряний холодильник; 15 – конденсатор; 16 – сифонна трубка**

- мірні циліндри ємністю 25 і 50 см<sup>3</sup> або піпетки без поділок ємністю 10, 20, 25 см<sup>3</sup>;
- контактний термометр ТПК-6А (застосовується при автоматичному регулюванні температури);
- щипці для тиглів;
- ексікатор;
- чистий кам'яновугільний або нафтовий бензол, або ацетон, або хлороформ технічний, або спиртово-бензольна суміш (у відношенні 1:4);
- сірчаноокислий натрій (свіжоприготовлений);
- дистильована вода, фільтрувальний папір, типу Ф.

**Підготовка до досліду.** За допомогою накладних гайок конденсатор 15 (див. рис. 5.1) з'єднують з паровідвідною трубкою 12 і з повітряним холодильником 14. На сифонну трубку 16 одягають гумову трубку, яка не повинна знаходитись вище верхнього коліна сифонної трубки. В одну з кишень для термометрів вставляють лабораторний термометр, а в другу – контактний термометр терморегулятора так, щоб ртутні резервуари знаходилися на відстані 5 мм від дна кишень.

При аналізі дизельного палива баню нагрівають до 180 °С, при аналізі бензинів – до 160 °С. Під час випробування можливе відхилення від початкової температури на  $\pm 5$  °С. Перед випробуванням промивають розчинником зовні та всередині трубки, через які пара потрапляє в склянку з випробовуваним паливом, продувають повітрям трубки, по яким пара потрапляє для випаровування палива і відсмоктують конденсат із конденсатора гумовою грушею. Перед випробуванням склянки ретельно промивають одним із розчинників і ставлять в кишені бані, яка нагріта до температури досліду. Кишені щільно зачиняють кришками.

Склянки витримують при заданій температурі в кишнях бані із зачиненими кришками протягом 20 хв, після чого знімають кришки і через 2 хв виймають стакани щипцями, охолоджують протягом 40 хв в ексикаторі та проводять їх зважування з точністю до 0,0002 г.

Пробу палива профільтровують через паперовий фільтр. У випадку наявності певних слідів води паливо збовтують протягом 10–15 хв зі свіжоприготовленим сірчанокислим натрієм і знову фільтрують.

**Проведення досліду.** Дистильовану воду відміряють мірним циліндром або піпеткою та наливають в склянки для води в об'ємі 35 см<sup>3</sup> при аналізі палива і в об'ємі 25 см<sup>3</sup> при аналізі бензинів. Досліджуваний продукт – дизельне паливо в об'ємі 20 см<sup>3</sup> або бензин в об'ємі 25 см<sup>3</sup> – відміряють мірним циліндром або піпеткою в кожному з підготовлених склянок для палива, які потім ставлять в кишеню 13 (див. рис. 5.1) бані, нагрітої до встановленої температури.

Кишені зі склянками, які заповнені паливом, обережно і щільно зачиняють так, щоб ніпелі увійшли в канали в кришці, а пришліфовані площини кришок і кишень герметично з'єднувались одне з одним, не пропускаючи парів води і палива. Негайно після цього склянки з водою ставлять в кишені і також щільно зачиняють кришками.

Через 60 хв після того, як склянки з водою були поставлені в кишені, відкривають кришки кишень і через 2 хв щипцями виймають склянки. Склянки зі смолами охолоджують в ексикаторі протягом 40 хв і зважують з точністю до 0,0002 г. При цьому кожному склянці зі смолою і гири ставлять по центру чашок терезів.

**Обробка результатів.** Вміст фактичних смол  $X$  у міліграмах на 100 см<sup>3</sup> палива (мг на 100 см<sup>3</sup>) в кожній склянці обчислюють за:

$$X = \frac{m_2 - m_1}{V} \cdot 100,$$

де  $m_2$  – маса склянки зі смолами, мг;  $m_1$  – маса чистої сухої склянки, мг;  $V$  – об'єм палива, налитого в склянку для випробування,  $\text{см}^3$ .

За результат випробування палива на вміст фактичних смол приймають середнє значення двох паралельних визначень. Результати дослідю округлюють до цілих одиниць. Вміст фактичних смол до 2 мг в 100  $\text{см}^3$  дизельного палива оцінюється як їх відсутність.

Різниця між результатами двох паралельних визначень вмісту фактичних смол не повинна перевищувати величин (табл. 5.1).

**Таблиця 5.1 – Допустимі похибки результатів паралельних визначень вмісту фактичних смол у паливі**

Вміст фактичних смол в 100 $\text{см}^3$ палива, мг/ $\text{см}^3$	Допустимі відхилення, мг/ $\text{см}^3$
Від 15	2
Від 15 до 40	3
Від 40 до 100	8 % значення меншого результату
Понад 100	15 % значення меншого результату

**Практичні рекомендації.** Для усунення нерівномірного випаровування дизельного палива в склянках необхідно перед початком випробувань відсмоктувати конденсат з конденсатора гумовою грушею.

Необхідно суворо витримувати однаковий час  $40 \pm 1$  хв охолодження пустих склянок і склянок зі смолами.

При визначенні вмісту фактичних смол доцільно користуватися скляними склянками замість алюмінієвих, так як алюмінієві склянки в процесі довгого використання забруднюються відкладеннями, які вимити органічними розчинниками дуже важко.

### Контрольні питання

1. Поясніть механізм утворення фактичних смол.
2. Які фактори впливають на процес смолоутворення у паливі?
3. Охарактеризуйте вплив смол на експлуатаційні властивості паливно-мастильних матеріалів.
4. Які норми на вміст фактичних смол у нафтопродуктах?
5. Які існують методи боротьби з окисненням паливно-мастильних матеріалів?
6. Будова приладу та методика визначення фактичних смол у паливі.

**Лабораторна робота 6.**  
**Методи визначення вмісту**  
**механічних домішок та води у паливі**

---

**Основні теоретичні відомості**

Вміст води в паливі у розчиненому стані незначний – не більше 0,02–0,03 % за температури 20 °С. Вуглеводні, що входять у склад палива, характеризуються гігроскопічністю – вони здатні поглинати пари води з повітря. Вода в нафтопродуктах може знаходитися у трьох фазових станах: розчинному, емульсійному та вільному. Перехід від одного стану в інший визначається зовнішніми умовами.

Розчинність води в паливі залежить від хімічного складу палива, температури та вологості атмосферного повітря, температури палива та умов його зберігання.

З пониженням температури палива розчинність води в ньому зменшується, а з підвищенням – збільшується. Це пояснюється тим, що молекули води займають міжмолекулярний простір, який збільшується з підвищенням температури і тому розчинність води в нагрітому паливі зростає.

З підвищенням вологості повітря здатність палива поглинати вологу з атмосфери збільшується.

Залежно від метеорологічних умов проходить коливання температури палива та повітря, а також вологості повітря. Тому вміст гігроскопічної води в паливі при його зберіганні весь час змінюється. Якщо в результаті охолодження вміст води у паливі перевищує її розчинність при даній температурі, то надлишкова вода виділяється у вигляді крапель, які при від'ємній температурі утворюють кристали льоду, здатні закупорювати паливні фільтри, що призводить до припинення подачі палива.

Відстійна вода при замерзанні може викликати пошкодження покриттів та стінок паливних баків внаслідок багатократного розклинювання мікротріщинами поверхні при періодичному замерзанні та таненні льоду.

При попаданні значної її кількості в форсунки порушується утворення суміші, що може привести до прогару стінок камери згорання, зриву полум'я та зупинки двигуна.

Найбільшу небезпеку вода являє при експлуатації масляних систем, адже робоча температура масла перевищує 100 °С. За такої температури вода закипає, що призводить до спінювання масла та її викиду в атмосферу через дренажний отвір. Наявність води в нафтопродуктах сприяє підвищенню їх корозійної активності відносно металів.

Механічні домішки можуть потрапляти в нафтопродукти з атмосфери або в результаті окисних процесів сталевих ємностей, що використовуються для їх збереження. Наявність механічних домішок у нафтопродуктах призводить до забивки фільтрів та паливної системи, абразивного зносу деталей, збільшенню заряду статичної електрики.

Під час лабораторного контролю якості палива визначення вмісту механічних домішок і води відповідно до державних стандартів на ці палива здійснюється візуальним методом. У випадку виникнення розбіжностей у наявності механічних домішок різного характеру, арбітражний аналіз палива повинен проводитися за ГОСТ 10577–78.

***Візуальний метод визначення вмісту механічних домішок і води в паливі.*** Метод дозволяє визначити наявність або відсутність вільної або емульсійної води, а також механічних домішок при розмірах забруднюючих частинок або крапель води більше 15–20 мкм.

***Апаратура, реактиви і матеріали:***

- пробірка діаметром 40–45 мм і висотою 180–200 мм;
- сушильна шафа або термостат з температурою нагрівання до  $105 \pm 5$  °С;
- хромова суміш та дистильована вода,
- фільтрувальний папір.

***Підготовка до досліду.*** Лабораторний посуд, який застосовується для досліду, повинен бути чистим. Брудний лабораторний посуд потрібно мити зразу після роботи. Вимитий лабораторний посуд висушують, поміщуючи в сушильну шафу на 15–20 хв. Охолодження лабораторного посуду слід робити сумісно з шафою, щоб запобігти конденсації водяних парів на поверхні стінок.

Відбір проб палива виконується за рекомендаціями описаними (ГОСТ 2517–85). Пляшки з пробами палива зразу після відбору проб щільно закупорюють пробками, які не розчиняються в продукті. В зимовий час слід заповнювати пляшку не більше ніж на 3/4 їх ємності. Після доставки в лабораторію пляшки з пробами палива слід тримати закритими, доки проби не приймуть температуру навколишнього середовища в цілях запобігання конденсації водяних парів на поверхні холодного палива. Перед випробуванням досліджуване паливо ретельно перемішують в пляшці струшуванням і швидко наливають в чистий циліндр із безбарвного скла діаметром 40–45 мм.

***Проведення досліду.*** Розглядати пробу палива необхідно через 1–2 хв після поміщення її в циліндр, коли піднімуться бульбашки повітря. Бажано перед випробуванням надати паливу в циліндрі обертальний рух, при цьому механічні домішки будуть захоплюватися з dna циліндра.

Вільну воду в бензині та дизельному паливі легко побачити візуально, так як вона практично не змішується з нафтопродуктами, осідає на дні ємкості у зв'язку з більшою густиною і розміщується окремим шаром або у вигляді крапель. При збовтуванні проби бензину або дизельного палива вода, яка осіла у вигляді крапель на дні циліндра, легко виявляється.

При розгляданні проби палива в прохідному світлі вона повинна бути прозорою і не містити в собі домішок, окремого шару води чи її крапель. При проведенні польового контролю дозволяється розглядати паливо в банці з нерельєфним дном і краями з прозорого безбарвного скла.

**Практичні рекомендації.** Для підвищення об'єктивності візуального методу визначення вмісту механічних домішок і води в паливі та виключення невірних результатів необхідно дуже уважно стежити за чистотою посудин для відбору проб, зберігати їх герметично закритими і запрошувати для аналізу декількох операторів.

Перед випробуванням циліндр з випробовуваним паливом треба щільно закрити плівкою або кришкою.

**Метод визначення вмісту механічних домішок у паливі за ГОСТ 10577-78.** Суть методу полягає у визначенні маси механічних домішок, які затримуються мембранними фільтрами, при фільтруванні через них проби палива. Його застосовують для випробування палива, яке містить більше 0,1 % нерозчиненої води.

#### **Апаратура, реактиви і матеріали:**

– лійка для фільтрування з нержавіючої сталі з конічною чи циліндричною верхньою частиною (верхню частину лійки з'єднують з нижньою за допомогою накладної гайки);

– сітка латунна діаметром 35 мм під мембранні фільтри;

– промивалка ємністю 500–1000 см<sup>3</sup> з гумовою грушею;

– вставка для ексикатора чи кругла металева пластинка, діаметром 140–190 мм з отворами діаметром 20–30 мм, чи підставка пластмасова з ребристою поверхнею будь-якого типу;

– чашка кристалізаційна;

– сушильна шафа або термостат будь-якого типу з температурою нагріву 105 °С;

– мензурка або циліндр ємністю 500–1000 см<sup>3</sup>;

– пінцет будь-якого типу без внутрішніх зубчиків;

– фільтри мембранні нітроцелюлозні № 4 і № 5 з діаметром пор 0,8–0,9 мкм за ТУ 6–05–221–528;

– штатив лабораторний;

– ефір петролейний або ізооктан;

– плівка поліетиленова будь-якого типу;

- тканина льняна або інша, яка не залишає ворсинок;
- прокладки хлорвінілові або фіброві товщиною 0,3–0,5 мм, вирізані у вигляді кільця з зовнішнім діаметром 35 мм і внутрішнім діаметром 30 мм;
- насос водоструминний або вакуумний будь-якого типу;
- вакуумметр;
- колба конічна ємністю 500–750 см<sup>3</sup>;
- скло годинникове або звичайне діаметром 40–50 мм;
- терези лабораторні з похибкою не більше 0,0002 г та 0,5 г;
- паличка скляна довжиною 150–200 мм діаметром 4–5 мм з наконечником із хлорвінілової трубки довжиною 15–20 мм.

**Підготовка до досліду.** Промивку для розчинника ретельно миють і потім ополіскують відфільтрованим через мембранний фільтр розчинником. Пробу палива (приблизно 400 см<sup>3</sup> для одного визначення) відбирають в чисті пляшки, які попередньо ополіскують відфільтрованим розчинником. Внутрішню поверхню фільтрувальної лійки, сітку під мембранний фільтр і прокладки для вилучення з їх поверхні механічних домішок ретельно протирають льняною тканиною, яка змочена у відфільтрованому розчиннику, і промивають ним.

Мембранні фільтри витримують в дистильованій воді протягом 30 хв, потім дістають, дають воді з них стекти і поміщують на гладку горизонтальну скляну поверхню. Підсушування фільтрів проводять при температурі навколишнього середовища під кристалізаційною чашею 15–30 хв, періодично перевертаючи, потім сушать 30 хв у сушильній шафі при температурі 105 °С. Охолоджують фільтри протягом 30 хв під кристалізаційною чашкою і зважують на терезах з похибкою не більше 0,0002 г. Операцію висушування повторюють до розбіжності між двома послідовними зважуваннями не більше 0,0002 г.

При підготовці фільтрувальної лійки в її нижню частину поміщують металеву сітку, прокладку, мембранний фільтр, потім змочують її розчинником. Лійку закріплюють в штативі над колбою і загвинчують накидною гайкою, щоб в місцях з'єднання не було підтікань.

**Проведення досліду.** Пляшку з пробєю палива зважують на терезах з похибкою не більше 0,5 г. Потім пробу перемішують і фільтрують через мембранний фільтр в чисту суху конічну колбу, направляючи потік у лійку по скляній паличці. Під час фільтрування лійки повинна бути закрита чохлом з поліетиленової плівки.

Допускається фільтрування при пониженому тискові. Для цього лійку закріплюють на гумовому корку в конічній колбі, тубус якої з'єднують з вакуумним шлангом, вакуумметром і водоструминним або

вакуумним насосом. Після закінчення фільтрування частиною фільтрату з конічної колби або відфільтрованим розчинником ретельно ополіскують склянку, в якій була проба палива, і продукт промивання знову фільтрують через той же мембранний фільтр в ту ж конічну колбу.

Якщо в пробі палива містилася нерозчинна вода, то промивання склянки фільтратом і його фільтрування повторюють 4–5 разів, досягаючи видалення механічних домішок і води зі стінок і дна склянки. Застосування спиртово-ефірної або іншої суміші, яка містить спирт, для розчинення води, що залишилася на стінках і дні склянки, не допускається. Механічні домішки зі стінок лійки знімають скляною паличкою з наконечником із хлорвінілової трубки, з якого потім зливають їх на фільтр розчинником за допомогою промивалки з гумовою грушею. Внутрішню поверхню лійки промивають тим же розчинником.

Склянку, в якій містилася проба авіаційного палива, зважують з похибкою не більше 0,5 г і за різницею мас склянки до і після фільтрування визначають масу відфільтрованого палива.

Мембранний фільтр з осадом виймають з лійки для фільтрування, поміщують на годинникове скло і сушать протягом 30 хв у сушильній шафі при температурі  $105 \pm 50$  °С. Охолоджують фільтр 30 хв під кристалізаційною чашкою і зважують його на терезах з похибкою 0,0002 г. Операцію висушування повторюють до отримання розбіжності між двома послідовними зважуваннями не більше 0,0002 г.

**Обробка результатів.** Масову частку механічних домішок  $X_1$  обчислюють за формулою:

$$\tilde{O}_1 = \frac{m_1 + m_2}{m_3} \cdot 100 \%,$$

де  $m_1$  – маса годинникового скла з мембранним фільтром після випробування, мг;  $m_2$  – маса годинникового скла з мембранним фільтром до випробування, мг;  $m_3$  – маса проби палива, мг.

Масову частку механічних домішок обчислюють з точністю до 0,0001 %. За результат випробування приймають середнє арифметичне значення двох послідовних визначень.

Результатом двох послідовних визначень, отримані одним оператором на одному і тому ж обладнанні і пробі палива в однакових умовах, признаються достовірними (при довірчій ймовірності 0,95), якщо розбіжність між ними не перевищує 0,0002 %.

Результати визначень, отримані в різних лабораторіях на одній і тій же пробі палива в однакових умовах, признаються достовірними (при довірчій ймовірності 0,95), якщо розбіжність між ними не перевищує 0,001 %.

### Контрольні питання

1. Поясніть механізм розчинення води в нафтопродуктах.
2. Від яких факторів залежить розчинність води в паливі?
3. Поясніть фазові стани води в паливі та їх перехід з одного стану в інший.
4. Як впливає вода на експлуатаційні властивості паливно-мастильних матеріалів?
5. Охарактеризуйте методи визначення води в нафтопродуктах.
6. Як впливають механічні домішки на експлуатаційні властивості паливно-мастильних матеріалів?
7. Поясніть суть кількісного методу визначення механічних домішок у нафтопродуктах.

## *Лабораторна робота 7.* **Визначення температури спалахування палива у закритому тиглі**

---

### **Основні теоретичні відомості**

Температурою спалахування називається температура, за якої нафтопродукт, що нагрівається у стандартних умовах, виділяє таку кількість пари, яка утворює з оточуючим повітрям горючу суміш, що спалахує під час піднесення до неї полум'я. Вона характеризує пожежо- та вибухонебезпечність палива.

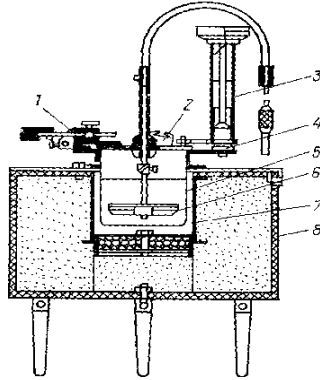
Сутність методу полягає у визначенні найнижчої температури, за якої в умовах досліду над поверхнею горючої речовини утворюється суміш пари з повітрям, яка здатна спалахувати від джерела запалювання, але швидкість утворення якої ще недостатня для подальшого горіння. Визначається температура спалахування палива у закритому тиглі за ГОСТ 6356–75. Зразок палива рівномірно нагрівається в закритому тиглі при неперервному перемішуванні і досліджується на спалахування при певних температурах.

Нижня температурна межа спалахування – мінімальна температура палива, при якій пара палива спалахує у закритому об'ємі. Верхня температурна межа спалахування – максимальна температура палива, при якій суміш палива з повітрям ще може спалахувати. При подальшому підвищенні температури суміш збагачується парами і стає негорючою.

Температура, при якій нафтопродукт під час піднесення полум'я спалахує і продовжує горіти протягом деякого часу, називається температурою займання. Якщо його нагріти до високої температури, а потім привести у контакт з повітрям, він може самовільно зайнятися. Найнижча температура, при якій відбувається загоряння нафтопродукту без запалювання, називається температурою самозаймання.

#### ***Апаратура, реактиви і матеріали:***

- прилад для визначення температури спалахування в закритому тиглі (див. рис. 7.1);
- термометр ТН–1 з межами виміру температур від –7 до 110 °С і ціною поділки шкали 0,5 °С або ТН–1 з межами вимірювання температур від 0 до 170 °С і ціною поділки шкали 1 °С, або ТН–6 з межами вимірювання температур від –30 до 60 °С і ціною поділки шкали 1 °С;
- розчинники: бензин – розчинник для гумової промисловості; бензин авіаційний Б–70; бензин прямого перегону, що не містить присадок; вуглеводні галоїдопохідні; нефрас С–50/170;
- секундомір;



**Рис. 7.1 – Прилад для визначення температури спалахування в закритому тиглі: 1 – пристрій для запалювання;**

**2 – гніздо для термометра; 3 – пружинний важіль; 4 – кришка тигля; 5 – металевий тигель; 6 – мішалка; 7 – стакан з чавуну; 8 – металевий кожух**

- барометр або барометр-анероїд будь-якого типу;
- екран, зафарбований з внутрішньої сторони чорною фарбою, кожна секція якого має ширину 46 см і висоту 61 см;
- кальцій хлористий гранульований, або натрій хлористий, або натрій сірчаноокислий безводний;
- папір фільтрувальний;
- суміш охолоджуюча або камера холодильна, що забезпечують початкову температуру досліді не вище 10 °С.

Прилад для визначення температури спалахування в закритому тиглі (рис. 7.1) складається з металевого закритого тигля 5, в який вміщено стакан з чавуну 7 з електронагрівальним елементом. Останній вмонтовано в заповнений азбестом металевий кожух 8. Тигель з внутрішньої сторони має мітку для зазначення рівня дослідного зразка палива. Кришка тигля 4 обладнана засувкою з двома отворами, гніздом для термометра 2, запалювальним пристроєм 1, пружинним важелем 3 і мішалкою 6. Поворотом пружинного важеля відкриваються засувки, і запалювальний пристрій нахиляється в паровий простір над тиглем.

**Підготовка до досліді.** Перед випробуванням визначають вміст води у випробуваному зразку палива, потім перемішують протягом 6 хв струшуванням в скляній місткості 100 см<sup>3</sup>, заповненою не більше ніж на 2/3 об'єму, і охолоджують до температури, яка не менше ніж на 17 °С, нижча від передбачуваної температури спалахування.

Зразки палива поміщають воду в кількості більше 0,05 % і зневоднюють обробкою свіжорозжареним і охолодженим хлористим натрієм, або хлористим кальцієм, або сірчаноокислим натрієм, або фільтру-

ванням через фільтрувальний папір. Після цього для випробування беруть верхній шар зразка палива.

Прилад для визначення температури спалахування в закритому тиглі встановлюють на стійкому столі в затемненому місці, де немає помітного руху повітря, для чого його з трьох сторін оточують екраном. Допускається при застосуванні кількох приладів відповідне збільшення ширини екрана. Тигель і кришку приладу для визначення температури спалахування в закритому тиглі промивають розчинником, висушують, видаляючи всі сліди розчинника, і охолоджують до температури, яка не менше ніж на 17 °С нижча за очікувану температуру спалахування. Склянку, в якій розміщується тигель, охолоджують до температури навколишнього середовища. Досліджуваний зразок палива наливають в тигель до позначки, не допускаючи змочування стінок тигля вище вказаної позначки. Тигель закривають кришкою, встановлюють в нагрівальну ванну, вставляють термометр і запалюють полум'я в запалювальному пристрої, регулюючи полум'я так, щоб його форма була близька до кулі діаметром 3–4 мм.

**Проведення досліду.** Електронагрівач вмикають в мережу і нагрівають зразок палива в тиглі. Перемішування ведуть постійно з частотою обертання мішалки від 90 до 120 об/хв, а нагрівання продукту так, щоб за 1 хв температура зразка підвищувалась на 1 °С. Випробування на спалахування зразка палива починають проводити за температури не більше ніж на 10 °С нижчу за очікувану температуру спалахування. Випробування проводять при нагріванні зразка палива на 1 °С, тобто приблизно один раз за 1 хв. У момент досліду на спалахування перемішування припиняють, приводять в дію механізм, розміщений на кришці, який відкриває засувку і опускає запалювальний пристрій в паровий простір. Час знаходження запалювального пристрою в найнижчому положенні має складати 1 с. При кожному визначенні за температуру спалахування беруть показники термометра в момент чіткої появи полум'я над поверхнею продукту всередині приладу. Не слід брати за температуру спалахування зафарбований в блакитний колір ореол, який іноді з'являється перед спалахуванням палива. При появі нечіткого спалахування має бути проведене повторне випробування при підвищенні температури на 1–2 °С. Якщо при цьому спалахування не буде, дослід проводять на новому зразку палива.

При застосуванні в якості запалювального пристрою газової запалювальної лампочки остання в процесі випробування повинна знаходитися в запаленому стані для виключення можливості проникнення газу в тигель. Якщо при випробуванні полум'я в запалювальному пристрої згасне в момент відкриття кришки, то результат цього визначення враховувати не слід.

**Обробка результатів.** За результат випробування приймають середнє арифметичне двох послідовних визначень. Отриману температуру спалахування округлюють до цілих одиниць, яку обчислюють введенням температурної поправки на стандартний барометричний тиск 101,3 кПа (760 мм рт. ст.) алгебраїчним додаванням отриманої температури і температурної поправки:

$$\Delta t = \frac{101,3 - P}{3,3} \cdot 0,9,$$

де  $P$  – фактичний барометричний тиск, кПа (мм рт. ст.).

Допускається вводити температурні поправки на вплив барометричного тиску (табл. 7.1), обчислені з похибкою не більше 1 °С.

**Таблиця 7.1 – Поправки при визначенні температури спалахування палива**

Барометричний тиск		Поправка, °С
кПа	мм рт. ст.	
84,8–88,4	636–663	+4
88,5–92,1	664–691	+3
92,2–95,7	692–718	+2
95,8–99,4	719–746	+1
103,2–106,8	774–801	–1

Результати випробувань визнаються достовірними (при довірчій ймовірності 0,95), якщо розходження між ними не перевищують значень, наведених у таблиці 7.2.

**Таблиця 7.2 – Допустимі похибки результатів двох послідовних визначень температури спалахування палива**

Температура спалахування, °С	Допустимі відхилення, °С	
	Повторюваність	Відтворюваність
До 104	±2	±4
Вище 104	±5	±8

**Практичні рекомендації.** Перед визначенням температури спалахування в закритому тиглі зразок палива має бути перемішаний. Слід пам'ятати, що при її визначенні, зразок палива і тигель повинні мати температуру не нижче 17 °С від очікуваної. Недотримання цієї умови може призвести до завищення результатів.

### Контрольні питання

1. Дайте визначення температури спалахування палива.
2. Методика визначення температури спалахування палива.
3. Дайте визначення нижньої і верхньої межі спалахування палива.
4. Що таке самоспалахування палива?

## **Лабораторна робота 8.** **Визначення температури** **початку кристалізації палива**

---

### **Основні теоретичні відомості**

Температура початку кристалізації  $t_{н.к}$  або температура фільтрування – це температура при якій у паливі з’являються перші кристали парафіну, але паливо ще здатне проходити через фільтр, тобто має прогонність. Визначення температури початку кристалізації палива за ГОСТ 5066–91. Цей показник в значній мірі умовний, так як паливо складається із суміші вуглеводнів, що кристалізуються при різноманітній температурі.

Температура помутніння – це та температура, при якій з палива відбувається випадання кристалів парафіну, що раніше знаходилися в ньому в розчиненому стані. Температурою застигання називається температура, при якій паливо втрачає свою рухливість.

В експлуатації більш важливою є температура помутніння палива, тому що кристали парафіну, що виділяються, порушують роботу паливного насоса, значно збільшується в’язкість палива, забивають паливні фільтри і призводять до припинення подачі палива.

Від температури застигання палива багато в чому залежить можливість пуску холодного двигуна. Для надійної роботи системи живлення найнижча температура навколишнього середовища повинна бути на 10–12 °С вище температури застигання.

#### ***Апаратура, реактиви і матеріали:***

– пробірки скляні з подвійними стінками (2 шт.).

***Примітка.*** На внутрішню поверхню пробірки нанесено кільцеву позначку на відстані 40 мм від дна. Бокові відгалуження пробірки можуть бути запаяні або відкриті. В останньому випадку для попередження появи роси на її стінках на дно зовнішньої пробірки наливають 0,5–1,0 см<sup>3</sup> сірчаної кислоти.

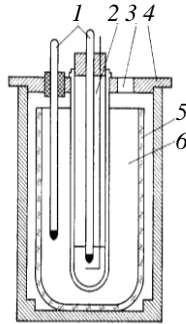
– мішалка ручна чи механічна зі сталі, з алюмінію або скла;

– пробка коркова або гумова, що відповідає зовнішньому діаметру пробірки з отвором в центрі для термометра і отвором для мішалки;

– термометри рідинні низькотемпературні ТН–8 (2 шт.) з межами вимірювання від –80 до 60 °С і ціною поділки шкали 1 °С (для виміру температури дослідного палива);

– термометр рідинний низькотемпературний, з межами виміру від –80 до 60°С і ціною поділки шкали 1°С (для виміру температури охолоджуючої суміші);

– прилад для визначення температури початку кристалізації (рис. 8.1).



**Рис. 8.1 – Прилад для визначення температури початку кристалізації:**  
**1** – термометри; **2** – пробірка з подвійними стінками;  
**3** – отвір для подачі холодоагенту; **4** – кришка;  
**5** – посудина для охолоджувальної суміші; **6** – охолоджувальна суміш

**Апаратура, реактиви і матеріали:**

– спирт етиловий ректифікований технічний або спирт етиловий сирець;

– кислота сірчана;

– сушильна шафа з температурою нагрівання не нижче 100 °С;

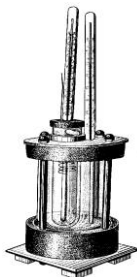
– холодоагенти: тверда вуглекислота; рідкий азот; вуглекислота.

**Підготовка до досліду.** В сушильній шафі просушують дві чисті пробірки з подвійними стінками протягом 20–30 хв при температурі не нижче 100 °С.

Випробуване паливо повинно знаходитися в закоркованій пляшці і мати температуру 10–20 °С. При цій температурі паливо в пляшці перемішують струшуванням, фільтрують через паперовий фільтр для зневоднення і видалення механічних домішок, наливають в дві сухі чисті пробірки до позначки. Пробірки з паливом щільно закривають пробками зі вставленими в них термометрами і мішалками. Ртутний резервуар термометра повинен знаходитися в пробірці на відстані 15 мм від дна і на рівній відстані від стінок.

Прилад для визначення температури початку кристалізації є циліндричною посудиною-термосом для охолоджуючої суміші, яка вставлена в фарфорову склянку з теплоізоляцією або на дерев'яну підставку. Посудина обладнана кришкою 4 з отворами для пробірки з подвійними стінками 2, термометрів 1, а також для подачі холодоагенту 3. Доцільно застосовувати модифікований прилад, в якому пробірка з подвійними стінками вміщується в скляну посудину з подвійними

стінками (рис. 8.2) або прилад з дзеркальним відображенням світла за ГОСТ 5066–91.



**Рис. 8.2 – Модифікований прилад для визначення температури початку кристалізації зі скляною посудиною для холодоагенту**

У посудину для охолоджуючої суміші занурюють термометр. Його ртутний резервуар повинен знаходитися на тому ж рівні, що і ртутний резервуар термометра, що знаходиться в пробірці.

**Проведення дослідів.** Температуру спирту знижують поступовим додаванням в нього холодоагенту, підтримуючи тим самим температуру охолоджуючої суміші на  $15 \pm 2$  °С нижче температури досліджуваного палива.

Під час охолодження паливо безперервно перемішують. При механічному перемішуванні слід здійснювати від 60 до 120 рухів за хвилину (один рух – опускання мішалки до дна пробірки і підняття до поверхні палива). При ручному перемішуванні потрібно здійснювати не менше 60 рухів за хвилину. Допускається припиняти перемішування, але не більше, ніж на 15 с через кожні 20 с.

При температурі, на 5 °С вищій від очікуваної температури початку кристалізації пробірку виймають із посудини з охолоджувальною сумішшю і швидко опускають в склянку зі спиртом. Потім пробірку поміщують в прилад із дзеркальним відбиттям світла, включають в нього лампу і спостерігають через оглядові отвори за випробуваним паливом (при перемішуванні), порівнюючи його з еталонним зразком. При наявності гарного освітлення порівняння палива з еталонним зразком проводять в прохідному світлі при перемішуванні. В цьому випадку пробірку зі зразком закріплюють в штативі поряд із пробіркою, в якій знаходиться еталонний зразок.

Якщо у випробуваному паливі не з'явилися кристали, то пробірку знову занурюють у посудину з охолоджувальною сумішшю і продовжують охолодження, підтримуючи вказаний раніше перепад

між температурою охолоджуючої суміші і температурою випробуваного палива. Операції повторюють під час зниження температури на 1 °С.

Тривалість спостережень від початку вилучення пробірки з посудини з охолоджуючою сумішшю до занурення її назад в охолоджуючу суміш не повинна перевищувати 12 с. Після кожного спостереження вимикають лампи в приладі з дзеркальним відображенням світла. Порівняльні спостереження проводять до тих пір, поки випробуване паливо не стане відрізнятися від еталонного зразка, тобто поки в ньому не з'являться кристали. Температуру, яку при цьому показує термометр, що знаходиться в пробірці, приймають за температуру початку кристалізації палива.

Для визначення температури початку кристалізації палива дослід проводять два рази. Слід обов'язково проводити другий дослід в той же день, причому, для проведення другого дослід беруть новий зразок, але з тієї ж пляшки і вміщують її в іншу вимиту і просушену пробірку.

**Обробка результатів.** За температуру початку кристалізації палива приймають максимальну температуру, при якій виявляють появу перших кристалів. Допустимі розходження між двома паралельними визначеннями температури початку кристалізації не повинні перевищувати 2 °С. За результат дослід приймають середнє арифметичне значення результатів двох визначень.

**Практичні рекомендації.** Під час проведення дослід пробірку зі зразком палива необхідно повертати для більш точного визначення моменту появи перших кристалів.

Термометр, що використовується для визначення температури зразка палива, повинен мати свідоцтво з вказівкою на поправки, які повинні враховуватися при знятті показів. Слід вводити поправку на виступаючий стовпчик ртуті термометра. Не рекомендується застосовувати для перемішування досліджуваного палива мішалки з кольорового металу, так як випробування показує, що при їх застосуванні температура початку кристалізації підвищується.

У процесі перемішування необхідно слідкувати за тим, щоб мішалка рухалась всередині палива, в іншому випадку вона буде втягувати в нього бульбашки повітря. Для цього необхідно використати обмежувач руху. Як холодоагент може використовуватися снігоподібна маса, що отримується з балона з рідкою вуглекислою.

Для отримання холодоагенту застосовують:

- стандартний балон з рідкою вуглекислою діаметром 219 мм, ємністю 40–50 дм<sup>3</sup>;
- підставку для встановлення балона в потрібне положення;

**Примітка.** Підставка складається з двох рам, зварених зі сталевого кутника 20×40 або 25×25 мм. Одна з рам служить основою підставки, на дру-

гій рамі, що розміщена під кутом  $30^\circ$  по відношенню до основи, закріплюється хомутом балон з рідкою вуглекислою;

– з'єднувальну трубку з нержавіючої сталі довжиною 40 мм і діаметром 10 мм;

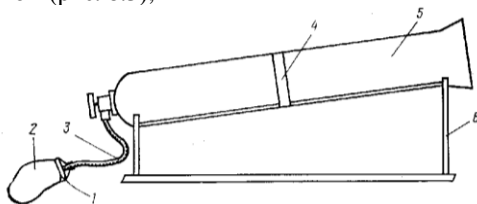
– штуцер з текстоліту діаметром 60 мм;

– подвійний мішок з брезенту розміром  $250 \times 150$  мм для збирання твердої вуглекислоти; мішок стягується мотузкою, просунутою в горловину;

– ящик, обшитий сукном всередині і ззовні, розміром не більше  $300 \times 300 \times 200$  мм для зберігання твердої вуглекислоти.

Для отримання снігоподібної маси необхідно:

– встановити балон з рідкою вуглекислою на підставку і закріпити його хомутом (рис. 8.3);



**Рис. 8.3 – Пристрій для отримання снігоподібної маси:**

**1 – вихідний штуцер; 2 – брезентовий мішок; 3 – з'єднувальна трубка;**

**4 – хомут; 5 – балон з рідкою вуглекислою; 6 – підставка**

– зняти захисний ковпак з вентиля балона;

– приєднати до балона з'єднуючу трубку зі штуцером;

– закріпити на штуцері за допомогою хомута брезентовий мішок;

– швидко і повністю відкрити вентиль на балоні з рідкою вуглекислою;

– через 15–20 хв закрити вентиль;

– від'єднати мішок з холодоагентом від балона.

Отриману снігоподібну масу ущільнюють струшуванням і затягуванням мішка, видаляють із мішка і поміщають в обшитий сукном ящик.

### **Контрольні питання**

1. Які експлуатаційні вимоги висувають до дизельного палива?

2. Низькотемпературні властивості палива, температура помутніння, гранична температура фільтрування, та температура застигання.

3. Як впливає температура застигання дизельного палива на експлуатацію двигуна в зимовий період?

## *Лабораторна робота 9.* **Визначення густини масел і робочих рідин**

### **Основні теоретичні відомості**

Густина визначається масою речовини в одиниці об'єму. Густину насамперед необхідно знати для обліку витрат масла. Значення густини масла суттєво змінюється зі зміною температури.

Густина масел та робочих рідин вимірюється ареометром для нафти за ГОСТ 3900–85. Особливість вимірювання густини масел та робочих рідин, на відміну від вимірювання густини палива, полягає в тому, що в цьому випадку слід враховувати в'язкість, так як у в'язкі нафтопродукти ареометр занурюється з труднощами. Тому в'язкі масла та робочі рідини необхідно попередньо розбавляти розчинником.

**Апаратура, реактиви і матеріали.** Апаратура, реактиви і матеріали, які застосовуються для визначення густини масла. Якщо необхідно вимірювати густину масла, що має в'язкість при температурі 50 °С більше 200 мм<sup>2</sup>/с (сСт), то необхідно мати розчинник відомої густини, наприклад, бензин Б–70 або бензин для промислово-технічних цілей, або бензин-розчинник для гумової промисловості.

**Підготовка до дослідю.** Проби масла, густину яких необхідно визначити, витримують в щільно закритій посудині до тих пір, поки їх температура не стане рівною температурі навколишнього середовища. Звичайно для цього достатньо кількох годин.

**Проведення дослідю.** Вимірювання густини масел, які мають в'язкість при температурі 50 °С менше 200 мм<sup>2</sup>/с (сСт), проводять так само, як і вимірювання густини палива. При цьому температурну поправку визначають за таблицею 9.1.

**Таблиця 9.1 – Температурні поправки при визначенні густини масел і робочих рідин**

Густина, г/см <sup>3</sup>	Температурна поправка на 1 °С, г/см <sup>3</sup>	Густина, г/см <sup>3</sup>	Температурна поправка на 1 °С, г/см <sup>3</sup>
0,8500–0,8599	0,000699	0,9300–0,9399	0,000534
0,8600–0,8699	0,000686	0,9400–0,9499	0,000581
0,8700–0,8799	0,000673	0,9500–0,9599	0,000567
0,8800–0,8899	0,000660	0,9600–0,9699	0,000554
0,8900–0,8999	0,000647	0,9700–0,9799	0,000541
0,9000–0,9099	0,000633	0,9800–0,9899	0,000528
0,9100–0,9199	0,000620	0,9900–1,0000	0,000515
0,9200–0,9299	0,000607		

Масла, що мають в'язкість при температурі 50 °С більше 200 мм<sup>2</sup>/с (сСт), розбавляють точно рівним об'ємом палива відомої густини. Визначення густини мало в'язких масел та робочих рідин проводяться за методикою визначення густини палива.

Густину високов'язких масел ( $\rho$ ) визначають за формулою:

$$\rho = 2 \rho_1 - \rho_2,$$

де  $\rho_1$  – густина суміші масла з розчинником, г/см<sup>3</sup>;  $\rho_2$  – густина розчинника, г/см<sup>3</sup>.

Розбіжності між послідовними визначеннями не повинні перевищувати при застосуванні ареометрів: АН, АНТ–1 – 0,0005 г/см<sup>3</sup>; АНТ–2 – 0,001 г/см<sup>3</sup>.

**Практичні рекомендації.** При підготовці до випробування з метою скорочення часу аналізу доцільно температуру проби масла та робочої рідини довести до температури навколишнього середовища шляхом примусового нагрівання або охолодження з дотриманням заходів безпеки, що визначені правилами пожежної безпеки.

Якщо вимірюється густина високов'язких масел, тобто в тому випадку, коли розчинником є гас, необхідно вирівняти температуру масла та розчинника. А потім перемішати суміш до отримання однорідної маси. В іншому випадку, у верхньому і нижньому шарах суміші в'язкість може суттєво відрізнятись.

Рівні за об'ємом частини масла і робочої суміші та розчинника відміряють вимірювальним циліндром.

### Контрольні питання

1. Що таке густина масла та одиниці її виміру?
2. У чому полягає суть відносної густини нафтопродуктів?
3. Як залежить густина масла від температури?
4. Як впливає густина масла на тривалість руху транспортного засобу?
5. Методика вимірювання густини масла.
6. Як впливає густина моторних масел на їх експлуатаційні властивості?

## *Лабораторна робота 10.* **Визначення кінематичної в'язкості масел та робочих рідин**

### **Основні теоретичні відомості**

В'язкість масел і робочих рідин визначає пускові характеристики двигунів, зношування пар тертя і, як наслідок, ресурс двигунів, агрегатів і систем. Визначення кінематичної в'язкості масел і робочих рідин проводиться за методикою визначення кінематичної в'язкості палива (ГОСТ 33–2000). Однак при визначенні в'язкості масел та робочих рідин є ряд відмінностей в застосуванні вказаної методики.

#### ***Апаратура, реактиви і матеріали:***

– апаратура, реактиви і матеріали, що застосовуються для визначення в'язкості палива;

– віскозиметр ВНЖТ або ВНЖ;

– термометр з межею вимірювання, що відповідає температурі досліду;

– гліцерин або гліцерин розбавлений дистильованою водою у співвідношенні 1:1, або світле нафтове масло.

***Підготовка до досліду.*** Для проведення дослідження слід підібрати віскозиметр. Для прозорих масел застосовують віскозиметри ВПЖТ–1, ВПЖТ–2, ВПЖТ–4 або ВПЖ–1, ВПЖ–2, ВПЖ–4; для непрозорих масло-віскозиметри ВНЖТ і ВНЖ. Діаметр капіляра вибирають у відповідності з передбачуваним значенням в'язкості так, щоб час витікання досліджуваного масла або робочої рідини був не менш 200 с. Час витікання ( $t$ ) в секундах (с) визначають як  $t = v/c$ , де  $v$  – передбачуване значення в'язкості, мм<sup>2</sup>/с;  $c$  – стала віскозиметра.

Вибір типу віскозиметра проводять за таблицею 10.1.

**Таблиця 10.1 – Залежність сталої віскозиметра від передбачуваного значення в'язкості масел та робочих рідин**

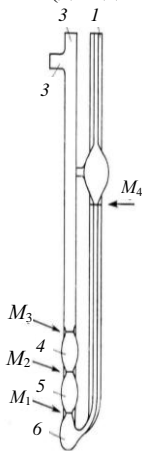
Передбачуване значення в'язкості, мм <sup>2</sup> /с (сСт)	2–10	6–30	20–100	60–300	200–1000	800–3000	Більше 2000
Максимальне значення сталої віскозиметра, мм <sup>2</sup> /с (сСт)	0,01	0,03	0,1	0,3	1	3	10

Підготовка віскозиметра та проби масла або робочої рідини до випробування аналогічна підготовці до дослідження палива. Високо-в'язкі масла перед фільтруванням допускається підігрівати у сушиль-

ній шафі до температури 50–80 °С. Деякі марки масел та робочих рідин перед визначенням в'язкості необхідно фільтрувати у відповідності з державним стандартом або технічними умовами на досліджувану марку масла або робочої рідини. У термостаті встановлюють температуру 20, 50 або 100 °С відповідно до державного стандарту або технічними умовами на досліджувану марку масла або робочої рідини.

**Проведення досліджу** при визначенні в'язкості прозорих масел та робочих рідин аналогічно проведенню випробування при визначенні в'язкості палива. Для проведення досліджу непрозорих масел на відвід 3 віскозиметра ВНЖТ надівають гумову трубку. Затиснувши пальцем трубку 2 віскозиметра і перевернувши його, опускають трубку 1 в посудину з маслом і заповнюють його до мітки  $M_4$ , слідкуючи, щоб у рідині не було бульбашок повітря. Віскозиметр виймають з посудини і швидко повертають у початкове положення. Зовнішні стінки трубки 1 витирають і надівають на неї гумову трубку довжиною 8–15 см з приєднаним закритим краном або затискачем. Кран відкривають і заповнюють рідиною приблизно половину об'єму резервуару 6. Віскозиметр встановлюють в термостат на 20–30 хв, відкривають трубку 1 і, користуючись двома секундомірами, визначають час заповнення резервуарів 4 і 5 та час витікання масла від позначки  $M_1$  до позначки  $M_2$  і від  $M_2$  до  $M_3$ .

Розбіжності між двома послідовними визначеннями не повинні перевищувати 0,35 % середньоарифметичного значення. Повторюваність методу 0,35 % (для довірчої ймовірності 0,95), відтворюваність методу 0,72 % (для довірчої ймовірності 0,95).



**Рис. 10.1 – Віскозиметр ВНЖТ:**  
1, 2 – трубки; 3 – відвід;  
4–6 – резервуари;  $M_1$ – $M_4$  – мітки

Якщо результати двох послідовних визначень відрізняються на величину, що перевищує вказані значення, вимірювання необхідно повторити. Якщо при використанні віскозиметрів ВНЖТ і ВНЖ час заповнення резервуарів 4 і 5 відрізняються більше, ніж на 2 %, вимірювання необхідно повторити на іншому віскозиметрі.

**Обробка результатів.** Обробка результатів визначення в'язкості масел і робочих рідин проводиться аналогічно обробці результатів визначення в'язкості палива. Середній час витікання масла визначається за часом заповнення резервуару 5 (рис. 10.1).

**Практичні рекомендації** Для проведення досліду при різних температурах доцільно використовувати два термостати: один, заповнений водою, – для визначення в'язкості при температурі 20 °С і 50 °С, інший, заповнений водним розчином гліцерину, – для визначення в'язкості при температурі 100 °С.

Допускається використовувати віскозиметри зі значеннями їх сталих ( $c$ ) меншими, ніж у тих, що наведені у таблиці 10.1. При цьому збільшується час досліду. Слід мати на увазі, що повторенню досліду повинні передувати промивання та сушіння віскозиметра. Усі практичні рекомендації для визначення в'язкості палива можуть застосовуватися при визначенні в'язкості масла та робочих рідин.

### **Контрольні питання**

1. Що таке кінематична та динамічна в'язкість?
2. Як залежить динамічна в'язкість від кінематичної?
3. Що розуміють під в'язкістю?

## *Лабораторна робота 11.* **Визначення вмісту водорозчинних кислот і лугів у маслах та робочих рідинах**

---

### **Основні теоретичні відомості**

У процесі експлуатації разом з маслами та робочими рідинами у системи і агрегати автомобілів та тракторів можуть потрапляти водорозчинні кислоти та луги, які знижують ресурс, надійність і довгострочковість техніки. Тому своєчасна перевірка масел та робочих рідин на відсутність водорозчинних кислот і лугів необхідна. Визначення вмісту водорозчинних кислот та лугів у маслах та робочих рідинах виконується за ГОСТ 6307–75

**Апаратура, реактиви і матеріали:** апаратура, реактиви і матеріали, що застосовуються для визначення вмісту водорозчинних кислот і лугів у паливі; бензин Б–70, нефрас С–50/170.

**Підготовка до дослідю.** Пробу масла або робочої рідини в об'ємі не менше 100 см<sup>3</sup>, перемішують протягом 5 хв у посудині, заповненій не більше, ніж на 3/4 її об'єму. В іншому випадку вона буде не рівномірно перемішана. Якщо в'язкість масла при температурі 50 °С більша 72 мм<sup>2</sup>/с (сСт), то таке масло попередньо нагрівають до температури 50–60 °С, дотримуючись визначених правилами пожежної безпеки. Дистильовану воду і бензин перевіряють на нейтральність за допомогою рН-метра або індикаторним методом за такою методикою, що й при підготовці до досліджень бензину.

**Проведення дослідю.** У ділильну лійку вміщують 50 см<sup>3</sup> досліджуваного масла або робочої рідини та 50 см<sup>3</sup> дистильованої води, нагрітих до температури 50–60 °С. Якщо в'язкість масла при температурі 50 °С більша 72 мм<sup>2</sup>/с (сСт), то її попередньо змішують при температурі навколишнього середовища з 50 см<sup>3</sup> бензину. Потім додають 50 см<sup>3</sup> дистильованої води, нагрітої до температури 50–60 °С.

Вміст ділильної лійки збовтують протягом 5 хв, не допускаючи утворення емульсії. Якщо при змішуванні масла або робочої рідини з водою утворюється емульсія, то водорозчинні кислоти і луги екстрагують, обробляючи масло чи робочу рідину спиртовим розчином у співвідношенні 1:1, нагрітим до температури 50–60 °С (замість дистильованої води). Далі дослід проводять за методикою визначення вмісту водорозчинних кислот та лугів у бензинах.

**Практичні рекомендації.** При дослідженні масел та робочих рідин слід використовувати рекомендації, викладені для дослідження

палива. За необхідності застосування бензинів їх обов'язково слід перевірити за методикою визначення вмісту водорозчинних кислот і лугів у бензинах. Розчиняючи пробу масла чи робочої рідини в рівній кількості бензину, необхідно ретельно перемішувати отриману суміш до утворення однорідного складу.

### **Контрольні питання**

1. Яким чином потрапляють кислоти та луги в паливно-мастильні матеріали?
2. Яким способом утворюються у нафтопродуктах органічні сполуки кислого та лужного характеру?
3. Які індикатори використовують для визначення нейтральності нафтопродуктів?
4. Дайте визначення кислотності та кислотному числу нафтопродукту.
5. Як визначається вмісту водорозчинних кислот та лугів у нафтопродуктах?
6. Яким способом визначається кислотність палива потенціометричним титруванням та титруванням розчином гідроксиду калію?

## *Лабораторна робота 12.* **Методи визначення температури спалахування масел та робочих рідин**

---

### **Основні теоретичні відомості**

Температурою спалахування масел і робочих рідин називається мінімальна температура, до якої необхідно їх нагріти, щоб пари утворили з повітрям суміш, яка спалахує при піднесенні до неї полум'я. При цьому швидкість утворення парів недостатня для їх стійкого горіння.

Для визначення температури спалахування існує два методи: метод визначення у закритому тиглі за ГОСТ 6356–75 і метод визначення у відкритому тиглі за ДСТУ ГОСТ 4333:2018.

**Метод визначення температури спалахування масел та робочих рідин в закритому тиглі за ГОСТ 6356–75.** Температуру спалахування масел і робочих рідин у закритому тиглі визначають аналогічно до температури спалахування палива. При цьому використовують ту саму апаратуру, реактиви і матеріали, однак, швидкість нагрівання масел і робочих рідин при проведенні досліду відрізняється від швидкості нагрівання палив. Масла та робочі рідини нагрівають так, щоб за 60 с температура підвищувалася на 5–6 °С, тобто за 10–12 с на 1 °С.

Дослід на спалахування починають проводити при температурі масла чи робочої рідини на 17 °С нижче передбачуваної температури спалахування. Випробування на спалахування проводять при підвищенні температури на кожні 2 °С.

Підготовку до випробування і обробку результатів проводять так само, як при визначенні температури спалахування палива.

**Метод визначення температури спалахування палива і робочих рідин у відкритому тиглі за ДСТУ ГОСТ 4333:2018.** Вказаний державний стандарт встановлює метод визначення температури спалахування у відкритому тиглі за методикою Клівленда і Бренкена.

При виникненні суперечностей визначення проводять за методикою Бренкена.

#### ***Апаратура, реактиви і матеріали:***

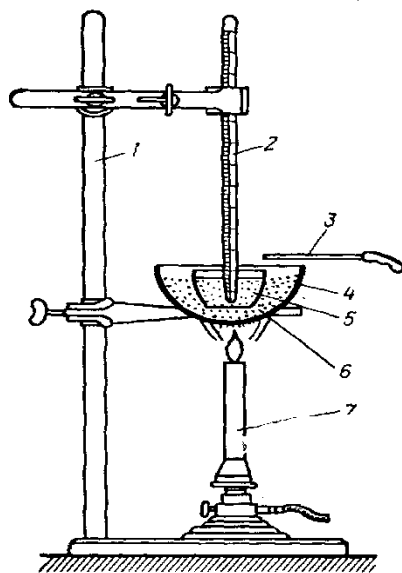
–прилад для визначення температури спалахування у відкритому тиглі за методикою Клівленда ТВ–2;

–прилад для визначення температури спалахування у відкритому тиглі за методикою Бренкена (див. рис. 12.1);

–щит з листової сталі для покрівлі, пофарбований з внутрішньої сторони чорною фарбою, кожна секція якого має ширину  $61 \pm 1$  см;

–термометр ТН–2;

–секундомір;



**Рис. 12.1 – Прилад для визначення температури спалахування у відкритому тиглі за методикою Бренкена:**

**1 – штатив; 2 – термометр; 3 – запалювальний пристрій;  
4 – зовнішній тигель; 5 – внутрішній тигель; 6 – пісок; 7 – газовий пальник**

- барометр або барометр-анероїд;
- бензин-розчинник для гумової промисловості або нефрас С–50/170;
- кальцій хлористий гранульований;
- папір фільтрувальний лабораторний;
- щітка металева;
- вода дистильована.

**Підготовка до дослідю.** Пробу масла чи робочої рідини перед аналізом перемішують протягом 5 хв струшуючи у посудині, що заповнена не більше як на 2/3 її місткості. Проби, що містять воду, зневоднюють хлористим кальцієм або фільтруванням через паперовий фільтр. Масла та робочі рідини з температурою спалахування до 100 °С зневоднюють при температурі не вище 20 °С, а інші – при температурі 50–80 °С. Після зневоднення беруть на дослідження верхній шар. Проби дуже в'язких масел і робочих рідин перед випробуванням нагрівають

до досягнення ними достатньої текучості, але не вище температури, яка на 56 °С нижча передбачуваної температури спалахування.

Прилад для визначення температури спалахування у відкритому тиглі встановлюють на стійкому столі у такому місці, де нема помітного руху повітря. Поверхню над тиглем захищають від прямого попадання світла, що запобігає помилкам при визначенні температури спалахування, а також від руху повітря щитом або екраном.

При роботі з токсичними продуктами або з продуктами, що розкладаються при нагріванні і горінні чи виділяють токсичні речовини, апарат разом зі щитом або екраном поміщують у витяжну шафу. При температурі на 56 °С нижче передбачуваної температури спалахування рух повітря у витяжній шафі повинен бути без сильних потоків над тиглем, для цього необхідно працювати при зачиненій верхній заслінці вентиляційного пристрою витяжної шафи.

Тигель промивають бензином для видалення слідів нафтопродуктів, що залишилися від попереднього дослідю. Вуглецеві залишки видаляють металевою щіткою.

З метою видалення слідів розчинника і води тигель промивають холодною дистильованою водою і висушують.

При проведенні дослідю за методикою Клівленда, тигель заповнюють так, щоб верх меніска точно збігався з рівнем проби. При заповненні тигля вище позначки надлишок видаляють піпеткою. Не допускається розбризкування чи змочування стінок внутрішнього тигля вище рівня проби. При потраплянні масла чи робочої рідини на зовнішні стінки внутрішнього тигля, його промивають бензином, дистильованою водою і висушують.

Термометр встановлюють так, щоб нижня точка ртутного резервуара термометра знаходилась на відстані 6 мм від днища тигля і на рівній відстані від стінок тигля.

При проведенні дослідю за методикою Бренкена, тигель охолоджують до температури 15–25 °С і встановлюють у зовнішній тигель приладу з розжарюваним піском так, щоб пісок був на висоті біля 12 мм від краю зовнішнього тигля, а між дном цього тигля і зовнішнім тиглем був шар піску товщиною 5–8 мм, що повинно бути перевірено за допомогою шаблона.

Досліджуване масло чи робочу рідину наливають у внутрішній тигель так, щоб рівень проби знаходився від краю тигля на 12 мм для нафтопродуктів з температурою спалахування до 210 °С і на 18 мм для нафтопродуктів з температурою спалахування вище 210 °С, що повинно бути перевірено за допомогою шаблона.

Заповнення тигля проводять до вістря вказівника рівня. У внутрішній тигель встановлюють термометр в строго вертикальному поло-

женні так, щоб ртутний резервуар термометра знаходився в центрі тигля. У такому положенні термометр закріплюють в лапці штативу.

**Проведення дослідів.** При досліді за методикою Клівленда тигель з пробною нагрівають полум'ям газового пальника чи за допомогою електронагрівача так, щоб першочергово температура проби підвищувалася на 14–15 °С за 1 хв. При температурі на 56 °С нижче передбачуваної температури спалахування нагрівання проби уповільнюють так, щоб при температурі не менш як на 28 °С нижче передбачуваної температури спалахування вона нагрівалася на 5–6 °С за 1 хв.

При температурі не менше, ніж на 25 °С нижче передбачуваної температури спалахування, при підвищенні на кожні 2 °С проводять дослідження на спалахування.

Для займання парів масла або робочої рідини полум'ям запалювального пристрою плавно проводять над поверхнею тигля. Полум'я повинно бути відрегульованим за ДСТУ ГОСТ 4333:2018.

При досліді за методикою Бренкена зовнішній тигель приладу для визначення температури спалахування у відкритому тиглі нагрівають полум'ям газового пальника або лампи Бартеля, або електронагрівачем так, щоб проба нагрівалася на 10 °С за 1 хв.

При досягненні температури на 40 °С нижче очікуваної температури спалахування нагрівання проводять так, щоб температура проби підвищувалася на 4 °С за 1 хв.

При температурі на 10 °С нижчій за очікувану температуру спалахування полум'ям запалювального пристрою проводять повільно по краю тигля на відстані 10–14 мм від поверхні проби і паралельно до цієї поверхні. Таке випробування повторюють при підвищенні температури проби на кожні 2 °С. За температуру спалахування приймають температуру, що показує термометр при першій появі синього полум'я над частиною чи над всією поверхнею проби.

Дійсне спалахування не слід плутати з відблиском від полум'я запалювального пристрою. У випадку появи неясного спалахування він повинен бути підтверджений наступним спалахуванням при підвищенні температури проби на 2 °С.

**Обробка результатів.** При проведенні дослідів за методикою Клівленда встановлені наступні показники точності. Результати двох послідовних визначень, отриманих одним лаборантом на одному і тому ж приладі визнаються достовірними (при довірчій ймовірності 0,95), якщо розбіжності між ними не перевищують 5 °С.

Результати двох визначень, отриманих в двох різних лабораторіях визнаються достовірними (при довірчій ймовірності 0,95), якщо розбіжності між ними не перевищують 18 °С.

За результат випробування приймають середнє арифметичне значення двох послідовних визначень.

При проведенні випробувань за методикою Бренкена допустимі розбіжності між двома послідовними визначеннями не повинні перевищувати величин, наведених у таблиці 12.1.

**Таблиця 12.1 – Допустимі похибки результатів визначень температури спалахування у відкритому тиглі**

Температура спалахування, °С	Допустимі похибки, °С
До 150	±4
Понад 150	±6

При розрахунках температурної поправки на барометричний тиск записують його значення, враховують температуру спалахування і додають температурну поправку на барометричний тиск, якщо він нижчий 95,1 кПа (715 мм рт. ст.), відповідно, за таблицею 12.2.

**Таблиця 12.2 – Поправка на тиск при визначенні температури спалахування у відкритому тиглі для масел і робочих рідин**

Барометричний тиск, кПа (мм рт. ст.)	Поправка, °С
Від 95,3 до 88,7 (від 715 до 665)	+2
Від 88,6 до 81,3 (від 664 до 610)	+4
Понад 81,2 до 73,7 (від 609 до 550)	+6

**Практичні рекомендації.** При вимірюванні температури спалахування у відкритому тиглі масел та робочих рідин слід звертати увагу на правильність встановлення термометра, нагрівання масла і наповнення пробою тигля.

### **Контрольні питання**

1. Дайте визначення температури спалахування масла.
2. Методика визначення температури спалахування масла.
3. Дайте визначення нижньої і верхньої межі спалахування масла.
4. Що таке самоспалахування масла?

**Лабораторна робота 13.**  
**Методи визначення вмісту**  
**механічних домішок і води в маслах та робочих рідинах**

---

**Основні теоретичні відомості**

Залежно від виду аналізу, визначення вмісту механічних домішок і води в маслах та робочих рідинах виконують одним із наступних методів: візуальним, якісним визначенням вмісту води за ГОСТ 1547–84, кількісним визначенням вмісту води за ГОСТ 2477–65, визначенням вмісту механічних домішок за ГОСТ 6370–83.

**Якісний метод визначення вмісту води дозволяє визначити як емульсійну, так і частково розчинену воду.** Візуальну перевірку вмісту механічних домішок і води в маслах і робочих рідинах, проводять аналогічно до перевірки чистоти палива після розбавлення їх чотирикратною кількістю чистого бензину Б–70 або нефрасу С–50/170, попередньо перевіреного на відсутність механічних домішок та води.

У розбавленому маслі та робочих рідинах при візуальній перевірці у світлі, що проходить, не повинно міститися завислих або осаджених на дно скляного циліндра сторонніх домішок, в т.ч. і краплин води.

**Якісний метод визначення вмісту води в маслах визначається за ГОСТ 1547–84.** Цей метод полягає в тому, що масло нагрівають до 130 °С і при наявності в ній води відбувається утворення водяних парів, які викликають спінювання і тріск. За наявності спінювання і тріску роблять висновок про вміст води. Цей метод дозволяє якісно визначити наявність суспензійної і емульсійної і частково розчиненої води при її концентрації більше 0,02 %.

**Апаратура, реактиви і матеріали:**

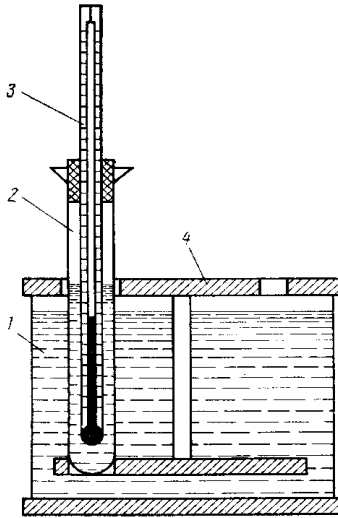
–прилад для якісного визначення вмісту води (див. рис. 13.1);

**Примітка.** Прилад для якісного визначення вмісту води складається із масляної бані 1 (циліндрична посудина діаметром близько 100 мм і висотою близько 90 мм з металевією кришкою). До внутрішньої поверхні кришки 4 на відстані 10 мм від дна бані прикріплений за допомогою металевією кріплення, яке проходить по центру, металевий диск. В кришці і диску зроблені отвори для пробірки 2 і термометра 3 таким чином, щоб підтримувати їх у вертикальному положенні.

–пробірки діаметром 14–16 мм і висотою 120–150 мм;

–термометр ртутний, скляний, лабораторний з межею вимірювання від 0 до 250 °С і ціною поділки 1 °С;

- паливник газовий або інший будь-якого типу, або електроплитка з закритою спіраллю;
- мінеральне масло з температурою спалахування не нижче 240 °С.



**Рис. 13.1 – Прилад для якісного визначення вмісту води:**  
**1 – масляна баня; 2 – пробірка зі зразком масла; 3 – термометр; 4 – кришка**

**Підготовка до дослідю.** Баню заздалегідь наповнюють до висоти 80 мм мінеральним маслом і нагрівають до температури  $175 \pm 5$  °С. У ретельно вимиту і висушену теплим повітрям або в сушильній шафі скляну пробірку наливають при температурі навколишнього середовища в досліджуване масло до висоти 80–90 мм від дна пробірки.

Пробірку закривають корковою або гумовою пробкою, в отвір якої вставляють термометр таким чином, щоб ртутний резервуар термометра знаходився на однаковій відстані від стінок пробірки і відстані 20–30 мм від її дна.

**Проведення дослідю.** Пробірку з досліджуваним маслом вставляють вертикально в нагріту баню і спостерігають протягом декількох хвилин доки температура масла в пробірці досягне 130 °С. Дозволяється нагрівати пробірку, переміщуючи її в нахиленому положенні над невеликим вогнем паливника.

**Обробка результатів.** Наявність вологи в маслі вважається встановленою, якщо при спінюванні або без нього чути тріск (не менше двох разів). Дослід повторюють у тих випадках, якщо при першому дослідженні спостерігалось одне з наступних явищ:

- однократний тріск зі спінюванням;
- дуже слабкий тріск зі спінюванням;
- тільки спінювання.

Якщо при повторному дослідженні знову спостерігається однократний тріск, то наявність води вважається встановленою. Якщо необхідно кількісне визначення вмісту води, застосовують метод кількісного визначення. Коли при повторному дослідженні знову спостерігається тільки однократний явний дуже слабкий тріск або тільки спінювання, то досліджуване масло не містить води.

Не дивлячись на чутливість якісного методу, в деяких випадках за його допомогою не можна визначити розчинену воду, коли її вміст до 0,02 %. В таких випадках можна рекомендувати модифікаційний гідрид-кальцієвий метод для визначення малої кількості води.

**Кількісний метод визначення вмісту води в маслах і робочих рідинах за ГОСТ 2477–65.** Він базується на відгоні води з масла або робочої рідини при її перегонці з розчинником. Розчинник застосовують для запобігання поштовхів і сильного спінювання, які супроводжують кипіння масла, що містить воду. За об'ємом води, яка зібралася в приймачі-уловлювачі, віднесеному до відомої кількості масла або робочої рідини, судять про її кількісний вміст.

**Апаратура, реактиви і матеріали:**

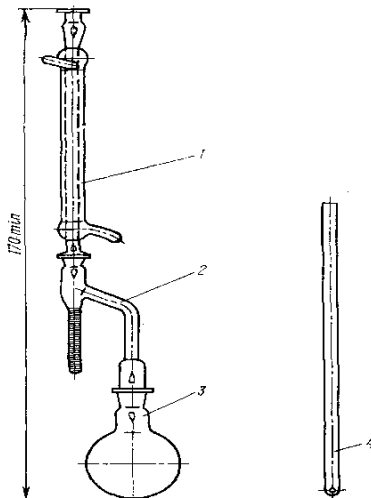
- прилад АКОВ–2, АКОВ–10 або АКОВ–25 з приймачами-уловлювачами місткістю 2, 10 або 25 см<sup>3</sup>. Циліндр вимірювальний номінальною місткістю 100 см<sup>3</sup>;
- чашка фарфорова № 4 або № 5;
- колбонагрівник з електронагрівом або електрична плитка з закритою спіраллю;
- паличка скляна довжиною близько 0,5 м з гумовим кінцем або металевий дріт такої ж довжини з потовщенням на кінці;
- розчинники: бензин прямої перегонки, від якого відігнали фракції, які киплять при температурі від 80 до 120 °С; лігроїн або бензин БР–1 (розчинник перед застосуванням повинен бути зневоднений і відфільтрований);
- неглазурований фаянс, фарфор, пемза, запаяні з одного кінця скляні капіляри, олеїн, силіконова рідина.

**Підготовка до досліду.** Зразок масла або робочої рідини в кількості не менше 200 см<sup>3</sup> перемішують, струшуючи в склянці, яка заповнена не більше ніж на 3/4 місткості протягом 5 хв.

У просушену колбу (скляну або металеву) поміщають наважку випробовуваного масла або робочої рідини в кількості 100±1 г, зважену з точністю ±0,10 г. Потім циліндром відміряють в колбу 100 см<sup>3</sup> роз-

чинника, перемішують місткість колби до повного розчинення проби і поміщають в колбу кипілки 1–2 г олеїну або декілька крапель силіконової рідини.

Колбу 3 приладу для кількісного визначення вмісту води (рис. 13.2) з'єднують з відповідною трубкою чистого сухого приймача-уловлювача 2. До приймача-уловлювача приєднують за допомогою скляних з'єднувальних елементів холодильник 1. При їх відсутності з'єднання проводять за допомогою коркових пробок, при цьому нижній кінець відповідної трубки приймача-уловлювача вставляють в отвір колби з таким розрахунком, щоб він входив в колбу не більше ніж на 15–20 мм. У верхньому кінці приймача-уловлювача закріплюють кінець трубки холодильника так, щоб нижній, навкіс зрізаний край її знаходився напроти середини відповідної трубки приймача-уловлювача. Пробкове з'єднання для уникнення втрат, рекомендується змазати колодієм або змазкою із оксиду свинцю і гліцерину.



**Рис. 13.2 – Прилад для кількісного визначення вмісту води:**  
1 – холодильник; 2 – приймач-уловлювач;  
3 – колба; 4 – розпилювальна трубка

Для уникнення конденсації атмосферної вологи верхній кінець трубки холодильника необхідно закривати ватою.

**Проведення досліду.** Колбу, приладу для кількісного визначення вмісту води встановлюють в колбонагрівник або на електричну плитку, пускають в холодильник воду і нагрівають вміст колби до ки-

піння. Перегонку проводять так, щоб із навкіс зрізаного кінця трубки холодильника в приймач-уловлювач падали 2–4 краплі за 1 с. Пари, які конденсуються в холодильнику, стікають в приймач-уловлювач, при цьому вода збирається в його нижній градуйованій частині. Інколи в кінці досліду в трубці холодильника затримуються краплини води. Їх виштовхують на дно приймача-уловлювача скляною паличкою або дротом.

Перегонку закінчують, як тільки об'єм води в приймачі-уловлювачі перестане збільшуватися і верхній шар розчинника стане повністю прозорим. Час перегонки повинен бути не менше 30 і не більше 60 хв.

Після того, як колба охолоне, а розчинник і вода в приймачі-уловлювачі приймуть температуру навколишнього середовища, прилад для кількісного визначення вмісту води розбирають і зіштовхують скляною паличкою краплини води зі стінок приймача-уловлювача.

Якщо в приймачі-уловлювачі зібралася невелика кількість води (до 0,3 см<sup>3</sup>) і розчинник продовжує залишатися непрозорим, то приймач-уловлювач поміщують на 20–30 хв у гарячу воду для освітлення і знову охолоджують до температури навколишнього середовища.

Записують об'єм води, яка зібралася в приймачі-уловлювачі.

**Обробка результатів.** Масову частку води в маслі і робочих рідинах  $X$  у відсотках обчислюють за формулою:

$$\bar{O} = \frac{V \cdot \rho_a}{m};$$

де  $V$  – об'єм води, яка зібралася в приймачі-уловлювачі, см<sup>3</sup>;  
 $\rho_a$  – густина води при температурі навколишнього середовища, г/см<sup>3</sup>;  
 $m$  – наважка масла, що взяли для випробування.

Вода в приймачі-уловлювачі в кількості 0,03 см<sup>3</sup> і менше розцінюється як сліди.

Відсутність води в маслі і робочих рідинах визначається станом при якому в нижній частині приймача-уловлювача не видно крапель води.

### Контрольні питання

1. Поясніть механізм розчинення води в нафтопродуктах.
2. Від яких факторів залежить розчинність води в маслах?
3. Охарактеризуйте методи визначення води в маслі.

## *Лабораторна робота 14.* **Метод визначення коксівності масла**

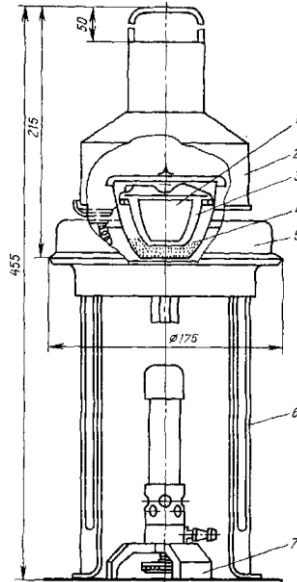
### **Основні теоретичні відомості**

Коксівність характеризує здатність масла утворювати нагар в двигунах внутрішнього згоряння. Метод визначення коксівності масла виконується за ГОСТ 19932–99

#### *Апаратура, реактиви і матеріали:*

– прилад для визначення коксівності масел (ГОСТ 1366–81).

Прилад для визначення коксівності масел (рис. 14.1) складається із трьох вкладених один в одного тиглів: фарфорового тигля 1, в який наливають масло, внутрішнього сталевого тигля 3 з чавунною кришкою і отвором для виходу парів, зовнішнього тигля 4 з кришкою, який заповнюється піском. Всі тиглі поміщують в порожнистий муфель 5 приладу, попередньо встановлений на триніжку 6 і центрують за допомогою посадочних лапок, які приварені до зовнішнього тигля та закривають ковпаком 2, що забезпечує рівномірне розподілення тепла.



**Рис. 14.1 – Прилад для визначення коксівності масел:**  
1 – фарфоровий тигель; 2 – ковпак; 3 – внутрішній сталевий фільтр;  
4 – зовнішній тигель; 5 – муфель; 6 – триніжка; 7 – газовий пальник

- тигель низький фарфоровий;
- ексікатор;
- піч муфельна;
- газовий пальник;
- щипці тигельні або пінцет нікельований;
- трикутник із хром-нікелевого дроту або фарфорових трубок на сталевому каркасі (отвір трикутника має бути меншим за площу дна зовнішнього тигля приладу для визначення коксівності масел);
- секундомір;
- сіль кухонна харчова або інша тверда зневоднююча речовина;
- пісок, попередньо прожарений в муфельній печі при температурі 650 °С протягом 2 год;
- терези аналітичні з похибкою зважування не більше 0,0002 г.

**Підготовка до дослідю.** Чистий фарфоровий тигель прожарюють протягом дві годин на газовому пальнику або муфельній печі при температурі 800±50 °С (температура червоного гартування), потім охолоджують 1–2 хв на повітрі і 1 год в ексікаторі та зважують з похибкою не більше 0,0002 г.

Прожарювання, охолодження і зважування повторюють.

Розбіжність між двома послідовними зважуваннями не повинна перевищувати 0,0004 г.

Пробу масла перемішують протягом п'яти хвилин збовтуванням у склянці, яка заповнена на 3/4 своєї ємкості.

При наявності води в маслі більше 0,5 % пробу зневоднюють фільтруванням крізь прожарену кухонну сіль або іншу тверду зневоднену речовину.

**Проведення дослідю.** У фарфоровий тигель, який попередньо доведений до постійної маси, поміщують наважку масла масою  $10 \pm 0,01$  г.

Якщо при дослідженні проба масла піниться і піна виходить через край тигля чи після спалювання утворюється коксований залишок, здутий до краю тигля і більше; є смуга нагару на зовнішній стінці тигля, то наважку масла слід зменшити в два рази.

Фарфоровий тигель з наважкою поміщають у внутрішній тигель приладу, який потім вставляють у зовнішній тигель з піском. Піску на дні зовнішнього тигля повинно бути стільки, щоб кришка внутрішнього тигля прилягала щільно з середини до кришки зовнішнього тигля.

Кришка зовнішнього тигля повинна вільно закриватися. Для рівномірного горіння парів масла допускається підкладати шар азбесту площею 1 см<sup>2</sup> під край ковпака приладу.

Необхідно слідкувати, щоб тигель не провисав в муфельній печі і не закривав зазор між муфельною піччю і тиглем. Необхідний

зазор може бути забезпечений підкладанням шару азбесту площею  $1 \text{ см}^2$  в двох місцях між зовнішнім тиглем і муфельною піччю. Прилад встановлюють у витяжній шафі, де немає бути сильної тяги повітря, триніжку і газовий пальник – на рівній твердій поверхні. Пальник розміщують вздовж вертикальної вісі приладу і під’єднують до газової мережі гнучким шлангом, довжина якого повинна забезпечувати вільне переміщення пальника в робочій зоні приладу і можливість вилучення його з робочої зони. Живлення пальника здійснюється при тиску  $1,18\text{--}2,94 \text{ кПа}$  ( $0,01\text{--}0,003 \text{ кг/см}^2$ ,  $8,9\text{--}22,1 \text{ мм рт. ст.}$ ) природним чи штучним газом. Полум’я пальника повинно бути високим, без кіптяви і таким, щоб нагрівання масла до початку горіння парів над ковпаком тривало  $12 \pm 2 \text{ хв}$ . Менший проміжок часу горіння парів призводить до спінювання масла чи утворення надто високого полум’я над ковпаком. У випадку появи диму над ковпаком для займання парів пальник ставлять так, щоб полум’я зосереджувалося на одній стороні тигля. Пари над ковпаком можна запалити від іншого джерела.

Після того, як пари загорілися, полум’я пальника зменшують (при необхідності відставляють пальник в бік) і потім регулюють рівномірне горіння парів так, щоб висота полум’я над ковпаком не перевищувала висоти дротяного містка ковпака. Якщо полум’я перестає показуватись над ковпаком, підсилюють нагрівання.

Період горіння вважається закінченим, коли припиняється утворення синього диму над ковпаком. Тривалість періоду горіння повинна бути  $13\text{--}14 \text{ хв}$  для масел з коксівністю до  $1 \%$ , при коксівності більше  $1 \%$  період горіння може тривати  $17 \pm 4 \text{ хв}$ .

Після закінчення періоду горіння збільшують полум’я пальника (при цьому воно не повинно торкатися дна тигля) і прожарюють дно та нижню частину тигля до температури червоного гартування протягом  $7 \text{ хв}$ .

Після гартування пальник видаляють і через  $3 \text{ хв}$  знімають ковпак і кришку зовнішнього тигля щипцями чи пінцетом, потім через  $15 \text{ хв}$  переносять фарфоровий тигель в ексикатор, охолоджують  $30\text{--}40 \text{ хв}$  і зважують з похибкою не більше –  $0,0002 \text{ г}$ .

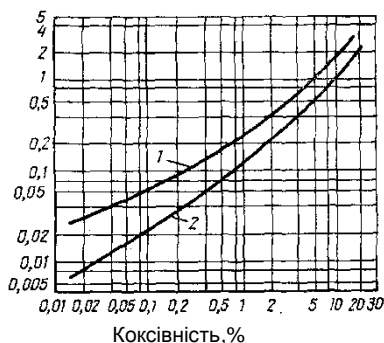
**Обробка результатів.** Коксівність масел  $X$  обчислюють за формулою:

$$\bar{O} = \frac{(m_2 - m_0) \cdot 100 \%}{m_1},$$

де  $m_2$  – маса тигля з коксом, г;  $m_0$  – маса тигля до дослідів, г;  $m_1$  – маса проби, г;

За результат випробування приймають середнє арифметичне значення результатів двох паралельних обчислень. Результат випробу-

вання округлюють до сотих. Результат двох послідовних обчислень, які отримані одним оператором вважаються достовірними (при довірчій ймовірності 0,95), якщо розбіжність між ними не перевищує значень, наведених на графіку залежності допустимих розбіжностей результатів (рис. 14.2).



**Рис. 14.2 – Графік залежності допустимих відхилень результатів двох визначень вмісту коксу в маслах:  
1 – відтворюваність; 2 – повторюваність**

Результати двох визначень, які отримані в різних лабораторіях, визнаються достовірними (при довірчій ймовірності 0,95), якщо розбіжність між ними не перевищує значень, наведених на графіку залежності допустимих розбіжностей результатів (див. рис. 14.2).

**Практичні рекомендації.** Для підвищення точності зважування тигля необхідно гирі і тигель ставити у центрі чашок терезів.

Дослідження необхідно проводити тільки у витяжній шафі. Для забезпечення щільного прилягання кришки внутрішнього тигля до кришки зовнішнього тигля товщина шару піску на дні зовнішнього тигля повинна бути від 18 до 24 мм за висотою.

### Контрольні питання

1. Поясніть механізм утворення фактичних смол.
2. Які фактори впливають на процес смолоутворення у маслі?
3. Охарактеризуйте вплив смол на експлуатаційні властивості паливно-мастильних матеріалів.
4. Які норми на вміст фактичних смол у нафтопродуктах?
5. Які існують методи боротьби з окисненням паливно-мастильних матеріалів?

## *Лабораторна робота 15.*

# **Візуальний метод визначення зовнішнього вигляду пластичних мастил**

---

### **Основні теоретичні відомості**

Пластичні мастила призначені для змащування різних вузлів тертя (підшипників, шарнірів, різьбових з'єднань) консервації вузлів і агрегатів автомобілів і тракторів захисту їх від корозії і т.д. Вони класифікуються за консистенцією, складом, застосуванням.

За консистенцією мастила поділяють на напіврідкі, пластичні, тверді. Напіврідкі зручніше використовувати для внутрішньої консервації двигунів (масло К-17). Тверді мастила до твердіння є суспензіями, дисперсним середовищем яких є смола і розчинник, а загусником – дисульфід молібдену, вуглець. Після випаровування розчинника масло твердне та характеризується низьким коефіцієнтом сухого тертя (мастила ВНД НП-209, ВНДІ НП-212).

За складом загусника мастила поділяють на чотири групи:

1. Мильні, які залежно від катіона мила поділяють на літєві, що поступаються за тупоплавкістю натрієвим, але менш розчинні у воді; натрієві, які легко розчиняються у воді; кальцієві, які є вологостійкими; цинкові (бензостійкі); алюмінієві, свинцеві.

2. Неорганічні, в якості загусника застосовується графіт, бетоніт, азбест.

3. Органічні, в якості загусника застосовуються полімери.

4. Вуглецеві, в якості загусника застосовується церезин, парафін, петролатум.

За застосуванням мастила поділяють на:

1. Антифрикційні, що понижують тертя та знос у механізмах.

2. Консерваційні, що захищають металеві поверхні від корозії.

3. Ущільнюючі, що герметизують стики механізмів та обладнання.

4. Канатні – для змазки сталевих канатів та тросів.

При проведенні повного аналізу пластичних мастил в лабораторіях паливно-мастильних матеріалів (ПММ) визначаються наступні показники якості: зовнішній вигляд, вміст води, вміст механічних домішок, температура краплепадіння, вміст вільних лугів та органічних кислот, колоїдна стабільність.

Зовнішній вигляд кожної марки мастила регламентується державним стандартом на неї.

### ***Апаратура, реактиви і матеріали:***

– предметне скло розмірами 50×70×2 мм;

- шпатель фарфоровий;
- чаша фарфорова для випарювання № 4 або № 5;
- суміш хромова;
- вода дистильована.

**Підготовка до дослідження.** Проби пластичних мастил відбирають за ГОСТ 2517–2012. З поверхні випробовуваного зразка пластичного мастила шпателем знімають верхній шар завтовшки 25 мм, потім в декількох місцях (не менше трьох) беруть проби приблизно в рівних кількостях, але не поблизу стінок ємкості. Проби пластичного мастила складають до купи у фарфорову чашу і ретельно перемішують.

Скляні пластинки, на які наносять проби пластичних мастил, промивають бензином або підігрітою хромовою сумішшю, обполіскують дистильованою водою і висушують.

**Проведення досліджень.** Для визначення зовнішнього вигляду пластичного мастила пробу наносять шпателем на скло шаром 1–2 мм і розглядають її в проникаючому світлі неозброєним оком.

### **Контрольні питання**

1. Які захисні (консерваційні) властивості пластичних мастил?
2. Яка загальна класифікація та маркування пластичних мастил?
3. Кальцієві мастила та сфера їх використання.
4. Натрієві мастила та сфера їх використання.
5. Багатоцільові мастила та сфера їх використання.
6. Літєві мастила та сфера їх використання.

## *Лабораторна робота 16.* **Кількісне визначення вмісту води у пластичних мастилах**

---

### **Основні теоретичні відомості**

Водостійкість передусім важлива для мастил працюючих в негерметичних вузлах тертя або контактуючих з водою. Мастила не повинні змиватися водою або змінювати свої властивості при попаданні в них вологи. При оцінюванні вологостійкості приймається до уваги гіроскопічність мастил.

Обводнені мастила втрачають свої якості. Вологостійкість мастил залежить, головним чином, від роду загусника. Основна маса мастил вологостійка. Недостатню вологостійкість мають комплексні кальцієві мастила, не дивлячись на те, що вони не розчинні у воді. Низьку вологостійкість в комплексних мастилах мають кальцієві мила низькомолекулярних органічних кислот, які є стабілізаторами структури. Тому в склад комплексних кальцієвих мастил, працюючих в умовах високої відносної вологості повітря, необхідно вводити гірофобізуючі присадки. Підвищеною вологостійкістю повинні володіти консерваційні – захисні мастила. Високу вологостійкість мають літєві мастила.

**Підготовка до дослідю.** Метод кількісного визначення вмісту води в пластичних мастилах аналогічний до методу кількісного визначення вмісту води в маслах за ГОСТ 1547–84, за винятком розділу «Підготовка до досліджень». З поверхні дослідженого зразка пластичного мастила шпателем знімають верхній шар товщиною не менше 10 мм, потім в декількох місцях (не менше трьох) беруть проби приблизно в рівних кількостях не поблизу стін посудини. Проби пластичного мастила складають до купи у фарфорову чашу і ретельно перемішують.

У просушену колбу місткістю 200–250 см<sup>3</sup> помішують наважку проби масою 25 + 0,25 г, зважену з точністю до – 0,02 г. Циліндром відміряють в колбу 100 см<sup>3</sup> розчинника, перемішують її вміст до повного розчинення пластичного мастила і додають декілька кипілок або 1–2 краплі олеїну чи силіконової рідини. Всі подальші операції, обробка результатів дослідження і практичні рекомендації ті самі, що і для методу кількісного визначення вмісту води в маслах за ГОСТ 2477–65.

### **Контрольні питання**

1. Що таке водостійкість і випаровування мастила?
2. Що таке температура крапання та межа міцності?

3. Що таке пенетрація і колоїдна стабільність?
4. Що таке механічна і хімічна стабільність?
5. Які захисні (консерваційні) властивості пластичних мастил?
6. Загальна класифікація та маркування пластичних мастил.
7. Кальцієві мастила та сфера їх використання?
8. Які є натрієві мастила та яка сфера їх використання?
9. Які є багатоцільові мастила та яка сфера їх використання?
10. Що таке термостійкість мастила?
11. Пояснити механізм розчинення води в нафтопродуктах.
12. Від яких факторів залежить розчинність води в мастилах?
13. Як впливає вода на експлуатаційні властивості паливно-мастильних матеріалів?
14. Охарактеризуйте методи визначення води в нафтопродуктах.

*Лабораторна робота 17.*  
**Методи визначення вмісту механічних домішок  
у пластичних мастилах**

---

**Основні теоретичні відомості**

Вміст механічних домішок в пластичних мастилах визначається трьома методами залежно від марки змащування: згідно з ГОСТ 6370–83, ГОСТ 6479–73 і ГОСТ 9270–86. Гранічний вміст механічних домішок нормується відповідними державними стандартами на мастила.

*Метод визначення вмісту механічних домішок в пластичних мастилах за ГОСТ 6370–83.* Цей метод проводиться аналогічно до методу визначення вмісту механічних домішок в маслах з деякими відмінностями.

*Апаратура, реактиви і матеріали:*

- апаратура, реактиви і матеріали для визначення вмісту механічних домішок в маслах;
- чаша для випарювання фарфорова № 4 або № 5;
- шпатель фарфоровий;
- скло годинникове діаметром 125–175 мм.

*Підготовка до дослідження.* З поверхні досліджуваного зразка пластичного мастила шпателем знімають верхній шар товщиною 25 мм, потім в декількох місцях (не менше трьох) беруть проби приблизно в рівних кількостях, але не поблизу стінок ємності. Проби пластичного мастила складають до купи у фарфорову чашу, ретельно перемішують і закривають годинниковим склом.

*Проведення дослідження.* Від об'єднаної проби пластичного мастила беруть наважки масою 25 г і поміщують у заздалегідь зважений стакан місткістю 500–800 см<sup>3</sup>, потім повторним зважуванням визначають точну масу наважки пластичного мастила в стакані і розчиняють її в підігрітому бензині, маса якого повинна бути в 4–6 раз більше маси мастила.

При дослідженні мастила ПВК проводять додаткове промивання осадка на фільтрі дистильованою водою, для чого фільтр з осадком після промивання органічними розчинниками просушують на повітрі протягом 10–15 хв і потім промивають дистильованою водою (200–300 см<sup>3</sup>).

*Обробка результатів і практичні рекомендації* аналогічні викладених в методі визначення вмісту механічних домішок в маслах.

*Метод визначення вмісту механічних домішок в пластичних мастилах за ГОСТ 6479–73.* Сутність методу полягає в розчиненні

наважки пластичного мастила сумішшю органічних розчинників, обробці компонентів пластичного мастила розчином соляної кислоти і визначенні маси нерозчиненого осаду.

***Апаратура, реактиви і матеріали***

- чаша для випарювання фарфорова;
- шпатель фарфоровий;
- скло годинникове діаметром 125–175 мм;
- колба конічна місткістю 250 см<sup>3</sup>;
- холодильник кульковий;
- лійка ділильна місткістю 250 см<sup>3</sup>;
- лійка або тигель фільтруючі або лійка і тигель з використанням беззольних фільтрів, що марковані білою стрічкою;
- колба місткістю 1000 см<sup>3</sup> для фільтрування при зниженому тиску;
- шафа сушильна або термостат;
- насос скляний водоструминний лабораторний;
- ексикатор;
- промивалка з гумовою грушею;
- паличка скляна з гумовим наконечником;
- кислота соляна, 20 % розчин;
- суміш розчинників: бензол – спирт етиловий – вуглець чотирихлористий в співвідношенні 3:1:1 (бензол або бензол нафтовий, спирт етиловий ректифікований технічний вищого сорту; вуглець чотирихлористий);
- індикатор метиловий оранжевий 0,02 % водяний розчин;
- вода дистильована;
- папір фільтрувальний лабораторний.

***Підготовка до дослідження.*** Всі компоненти суміші перед застосуванням фільтрують. З поверхні досліджуваного зразка пластичного мастила шпателем знімають верхній шар, потім в декількох місцях (не менше трьох) беруть проби приблизно в рівних кількостях, але не поблизу стінок стакану. Проби пластичного мастила складають разом у фарфорову чашку, ретельно перемішують і закривають годинниковим склом.

Фільтруючу лійку або тигель просушують протягом двох годин в сушильній шафі або термостаті при температурі 105–110 °С охолоджують протягом 30 хв в ексикаторі. Потім зважують з похибкою не більше 0,0002 г. Просушування і зважування повторюють до отримання розбіжності між двома послідовними зважуваннями які складають не більше 0,0004 г.

**Проведення дослідження.** В конічну колбу поміщують приготовану наважку пластичного мастила масою 20–25 г, зважену з похибкою не більше 0,1 г, додають 50 см<sup>3</sup> суміші розчинників, збовтуючи до рівномірного розподілу пластичного мастила. Потім добавляють 50 см<sup>3</sup> 20-процентного розчину соляної кислоти і кип'ячать із зворотним холодильником не менше 45 хв до повного розчинення пластичного мастила. Для важкорозчинних пластичних мастил застосовують більшу кількість суміші розчинників.

Вміст конічної колби переносять в ділительну лійку. Після розділення шарів нижній водний шар фільтрують при зниженому тиску через фільтруючу лійку або тигель, які заздалегідь доведені до постійної маси.

Після закінчення фільтрування фільтруючу лійку або тигель промивають етиловим спиртом, потім фільтрують верхній шар. Залишки пластичного мастила або тверді домішки, що пристали до стін ділительної лійки, знімають скляною паличкою з гумовим наконечником і змивають їх на фільтр за допомогою суміші розчинників.

Після закінчення фільтрування фільтруючу лійку або тигель промивають сумішшю розчинників до тих пір, поки крапля фільтрату не буде залишати масляної плями на фільтрувальному папері після випаровування суміші розчинників.

Для видалення водорозчинних солей фільтруючу лійку або тигель промивають гарячою дистильованою водою, підігрітою до температури 90 °С, соляною кислотою і ще раз гарячою дистильованою водою до отримання нейтральної реакції за індикатором метиловим оранжевим, а потім для видалення води — етиловим спиртом.

Після закінчення промивання фільтруючу лійку або тигель висушують протягом 1 год в сушильній шафі або термостаті при температурі 105–110 °С і охолоджують протягом 30 хв в ексикаторі. Потім зважують з погрішністю не більше 0,0002 г. Висушування і зважування повторюють. Розбіжності між двома послідовними зважуваннями не повинні перевищувати 0,0004 г.

**Обробка результатів.** Масову частку механічних домішок  $X$  обчислюють за формулою:

$$\tilde{O} = \frac{m_2 - m_1}{m} \cdot 100 \%;$$

де  $m$  – маса наважки пластичного мастила, г;  $m_1$  – маса чистої фільтруючої лійки або тигля, г;  $m_2$  – маса фільтруючої лійки або тигля з осадком, г.

За результат випробування приймають середнє арифметичне значення двох паралельних визначень. Допустима розбіжність між паралельними визначеннями не повинна перевищувати 0,025 %.

**Практичні рекомендації.** При розчиненні наважки пластичного масла та промиванні залишку у фільтруючій лійці або тиглі бажано використовувати суміш розчинників, що заздалегідь перегнали.

При зважуванні фільтруючої лійки або тигля їх маса змінюється за рахунок адсорбції вологи на поверхні, тому час від моменту відкриття кришки ексикатора до моменту відліку за шкалою терезів при першому і другому зважуваннях повинен бути однаковим.

Для зменшення часу фільтрування розчин тугоплавкого мастила і фільтруючу лійку доцільно нагрівати в сушильній шафі до температури 90–95 °С і фільтрувати при зниженому тиску.

Пластичні мастила, що містять графіт, наприклад, НК–50 (СТ), досліджують на зміст механічних домішок до введення в них графіту.

Дистильовану воду потрібно перевіряти на нейтральність.

**Метод визначення вмісту механічних домішок в пластичних змащуваннях за ГОСТ 9270–86.** Метод призначений для визначення розміру і кількості механічних домішок, що містяться в пластичних мастилах шляхом розгляду шару пластичного мастила в мікроскоп. Масло при цьому поміщують у спеціальну камеру для обчислення.

**Апаратура, реактиви і матеріали:**

– мікроскоп з окулярним мікрометром, що дає не менш 60-кратного збільшення (ціна поділки мікролінійки має бути не більше 0,025 мм);

– камери для обчислення формених елементів крові Горяєва або Ключарева–Предтеченського;

Камера для обчислення представляє собою товсте предметне скло з нанесеними на ньому поперечними поглибленнями, що утворюють плоскі майданчики (рис. 17.1);

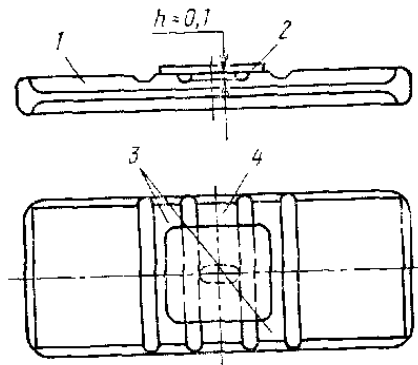


Рис. 17.1 – Камера для обчислення: 1 – товсте предметне скло; 2 – покривне скло; 3 – бічні поверхні; 4 – середня поверхня

– двокоординатний препаратівідник СТ-12 для підрахунку кількості частинок механічних домішок у полі зору квадрата зі стороною 5 мм. За його відсутності, у середній частині покривного скла камери наносять квадрат зі сторонами 5 мм, який використовують для обчислення;

- нефрас С-50/170;
- спирт етиловий ректифікований;
- чашка випарювальна фарфорова № 4 чи № 5;
- шпатель фарфоровий.

**Підготовка до дослідження.** Всі розчинники перед застосуванням фільтрують через паперовий фільтр.

Встановлюють ціну поділки мікролінійки окулярного мікроскопа. За його допомогою визначають скільки поділок мікролінійки приходить на сторону малого чи великого квадрата, які нанесені на середній поверхні товстого предметного скла камери для обчислень. Якщо сторона великого квадрата відповідає десяти поділкам мікролінійки (чи сторона малого квадрата відповідає 2,5 поділкам мікролінійки), то ціна поділки мікролінійки складе в міліметрах  $0,2 : 10 = 0,02$  чи  $0,05 : 2,5 = 0,02$ .

Камеру для обчислень і покривне скло, не торкаючись великих поверхонь руками, промивають бензином, а потім спиртом.

З поверхні досліджуваного пластичного мастила шпателем знімають верхній шар, потім в декількох місцях (не менше трьох) беруть пробу в приблизно рівних кількостях не поблизу стінок посудини. Проби пластичного мастила складають разом в фарфорову чашку і ретельно перемішують. Для кожного визначення готують нову пробу.

Із підготовленої об'єднаної проби беруть частину, наносять її на середню поверхню товстого предметного скла камери для обчислень і притискають покривним склом. Пластичне мастило повинно повністю заповнити простір між покривним склом і середньою поверхнею товстого предметного скла камери для обчислень. Надлишок мастила заповнює поперечні заглиблення. Не допускається видавлювання мастила на бокові поверхні товстого предметного скла, до яких притискається покривне скло.

**Проведення дослідження.** Підготовлену камеру для обчислень з пластичним мастилом розглядають під мікроскопом. При виявленні в мастилі бульбашок повітря підготовку для дослідження повторюють. У шарі мастила площею  $5 \times 5$  мм<sup>2</sup>, визначеною препаратівідником чи квадратом, гравійованим на покривному склі, вимірюють і прораховують частинки механічних домішок окремо за кожним типорозміром, який зазначений в технічних вимогах на мастило.

Частинки плоскої форми вимірюють за найбільшим розміром, який умовно приймається за діаметр. При наявності волокнистих включень вимірюють діаметр волокна.

Проводять десять визначень, кожний раз по-новому підготовлюючи камеру для обчислень.

**Обробка результатів.** Кількість часток механічних домішок кожного типорозміру обчислюють як середнє арифметичне значення десяти визначень. Кількість часток механічних домішок ( $X$ ) кожного типорозміру обчислюють за формулою:

$$\tilde{O} = \frac{A \cdot 200}{10},$$

де  $A$  – сумарна кількість часток визначеного типорозміру десяти визначень; 10 – кількість визначень; 200 – коефіцієнт для перерахунку об'єму пластичного мастила в одній пробі.

**Практичні рекомендації.** При випробуваннях пластичних мастил для яких нормований стандартом типорозмір включає бульбашки повітря, що важко видаляються (орієнтовно діаметром 0,08–0,1 мм), необхідно вміти відрізнити частинки механічних домішок від бульбашок повітря: частинки механічних домішок, в основному, мають не правильну стабільну форму з чітко окресленими межами, а повітряні бульбашки мають правильну форму і нечіткі, розмиті межі. Межі бульбашок повітря нестабільні, міняють своє положення в просторі при прикладанні механічних зусиль, наприклад, при надавлюванні на предметне скло.

### Контрольні питання

1. Як маркуються пластичні мастила (ГОСТ 23258–78)?
2. Як впливають механічні домішки на експлуатаційні властивості паливно-мастильних матеріалів?
3. Поясніть кількісний метод визначення механічних домішок у нафтопродуктах.

## *Лабораторна робота 18.* **Визначення температури краплепадіння пластичних мастил**

---

### **Основні теоретичні відомості**

Температурою краплепадіння (за ГОСТ 6793–74) називається мінімальна температура, при якій падає перша крапля пластичного мастила, що знаходиться в капсулі стаціонарного приладу (термометра), на дно пробірки, яка разом із мастилом нагрівається в стандартних умовах. За температурою краплепадіння визначають температурні межі застосування цього мастила у вузлах тертя.

Мастила з температурою краплепадіння менше 65 °С – низькоплавкі, від 65 до 100 °С – середньоплавкі, понад 100 °С – тугоплавкі.

Температура, при якій застосовується мастило, повинна бути на 10–20 °С нижчою, ніж його температура краплепадіння.

Пластичні мастила складаються з рідкої основи (дисперсного середовища), твердого загусника (дисперсної фази) та добавок (наповнювачі, присадки). Як масляну основу використовують нафтові, синтетичні, рослинні масла. Від основи залежить працездатність мастил у визначеному інтервалі температур, окиснення та випаровування, колоїдна стабільність, низькотемпературні властивості, стійкість до агресивного середовища. У якості загусників застосовують тверді вуглеводні (парафіни), пластичні речовини (мила). Загусники утворюють каркас всередині якого міститься рідке масло. Від властивостей цього каркасу залежить пластичність та пружність мастил, що їх відрізняє від масла.

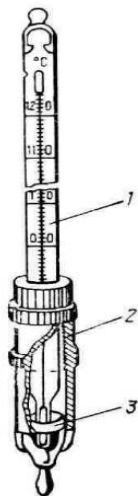
Від властивостей загусника залежать такі властивості: водостійкість; колоїдна, механічна, антиокисна стабільність; температурні межі застосування. Як наповнювачів застосовують матеріали з низьким коефіцієнтом тертя – графіт, дисульфід молібдену, слюда, оксиди металів.

#### ***Апаратура, реактиви і матеріали:***

– прилад для визначення температури крапання (див. рис. 18.1). Цей прилад складається з термометра 1 з металевою гільзою 2 на кінці, в якій кріпиться латунна чашечка 3 з мастилом, що випробовується.

Термометр з чашечкою вставляють в скляну пробірку діаметром 40–45 мм, довжиною 180–200 мм і поміщають у скляний високий стакан з термічно стійкого скла, місткістю 1000 см<sup>3</sup> (або в низький стакан місткістю 1000–2000 см<sup>3</sup>), який заповнюють рідиною для термостатування. Як термостатуючі рідини застосовують дистильовану воду, вазелінове масло, гліцерин чи будь-яку іншу безбарвну прозору нетоксичну рідину з температурою спалахування на 20–25° С вище

припустимої температури краплепадіння пластичного мастила. Для термостатування можна також застосувати повітряну баню – скляний стакан із термостійкого скла місткістю 2000 см<sup>3</sup> з вмонтованою в середині вертикального спіраллю;



**Рис. 18.1 – Прилад для визначення температури краплепадіння пластичних мастил:**

**1 – термометр; 2 – металева гільза; 3 – латунна чашечка**

- мішалка металева кільцева;
- чашка фарфорова № 4 або 5 для перемішування нафтопродуктів і № 2 чи 3 для охолодження нафтопродуктів;
- термометр ТН-4 (виконання 1) з межею вимірювання від 0 до 150° С чи (виконання 2) з межею вимірювання від 100 до 250° С і ціною поділки 1° С;
- секундомір або пісочний годинник для вимірювання інтервалу часу за 1хв;
- електрична плитка або газовий пальник;
- автотрансформатор лабораторний;
- сітка азбестова на триніжці чи на кільці штативу;
- шпатель фарфоровий.

**Підготовка до дослід.** З поверхні випробовуваного зразка пластичного мастила шпателем знімають верхній шар, потім в декількох місцях (не менше трьох) беруть пробу в приблизно рівних кількостях на відстані не менше 15 мм від стінок і дна посудини. Не допускаючи утворення бульбашок повітря в шарі, проби пластичного мастила складають разом в фарфорову чашку і ретельно перемішують.

У латунну чашечку приладу, для визначення температури крапання пластичного мастила, шпателем вмазують пробу, не допускаючи утворення бульбашок повітря. Латунну чашечку, яка заповнена пробєю, ретельно витирають і вставляють в гільзу термометра так, щоб верхній її край торкався бортика гільзи. Якщо із нижнього отвору латунної чашечки при цьому буде витіснено нафтопродукт, його необхідно зрізати ножем.

На дно пробірки, в яку поміщують термометр з латунною чашечкою, кладуть кільце білого паперу так, щоб воно прилягало до дна

пробірки, після чого збирають прилад для визначення температури краплепадіння пластичного мастила.

Термометр з латунною чашечкою вставляють (через отвір в пробірці) в пробірку так, щоб нижній край латунної чашечки знаходився на відстані 25 мм від кільця паперу на дні пробірки, а частина шкали термометра, на якій повинна фіксуватися температура крапання, знаходилася нижче пробки.

Пробірку з термометром з латунною чашечкою поміщають в скляний стакан виготовлений з термостійкого скла, що встановлюють на азбестову сітку і кріплять утримувачем штативу вертикально, щоб дно пробірки знаходилось на відстані 10–20 мм від дна стакана. В стакан наливають термостатичну рідину до висоти 120–150 мм від його дна (після занурення в нього пробірки з термометром).

**Проведення дослідження.** Термостатичну рідину нагрівають на електричній плитці чи газовому пальнику при періодичному перемішуванні. При температурі на 20 °С нижче очікуваної температури краплепадіння нагрівання починають проводити так, щоб за 1 хв температура термостатуючої рідини піднімалась на 1 °С.

При випробуванні тугоплавких мастил з температурою крапання вище 150 °С дозволяється нагрівання за допомогою повітряної бані.

**Обробка результатів.** За температуру краплепадіння пластичного мастила приймають температуру, яку показує термометр при падінні першої краплі або при торканні дна пробірки стовпчиком мастила, що виступає з отвору латунної чашечки. При необхідності введення температурної поправки  $\Delta t$  на виступаючий стовпчик ртуті в градусах Цельсія, її обчислюють за формулою:

$$\Delta t = 0,00016h \cdot (t_1 - t_2),$$

де  $h$  – висота виступаючого стовпчика ртуті в поділках шкали термометра;  $t_1$  – фіксована температура крапання, °С;  $t_2$  – температура навколишнього середовища.

Допустимі розбіжності між результатами двох послідовних визначень не повинні перевищувати значень наведених у таблиці 18.1

**Таблиця 18.1 – Допустимі похибки результатів послідовних визначень температури краплепадіння пластичних мастил**

Температура краплепадіння, °С	Допустимі розбіжності, °С
До 100	1
Більше 100	2

**Практичні рекомендації.** При роботі з маслами, які можуть застосовуватися як термостатичні рідини, слід суворо дотримуватися

правил охорони праці. При проведенні випробування слід застосовувати тільки латунні чашечки.

### **Контрольні питання**

1. Основна функція пластичних мастил і твердих мастильних покриттів.
2. Які функції виконують пластичні мастила?
3. Охарактеризуйте компонентний склад мастила.
4. Які продукти використовують як рідка основа в мастилах?
5. Які властивості мастил залежать від рідкої основи?
6. Які речовини використовуються як загусники?
7. Які властивості мастил залежать від загусника?
8. Що таке температура краплепадіння пластичного мастила?
9. Поясніть конструкцію приладу для визначення температури краплепадіння пластичного мастила.
10. У чому полягає суть методики визначення температури краплепадіння пластичного мастила?

**Лабораторна робота 19.**  
**Визначення вмісту вільних лугів**  
**та органічних кислот у пластичних мастилах**

---

**Основні теоретичні відомості**

Вміст вільних лугів та органічних кислот у пластичних мастилах визначають за методом, що регламентує ГОСТ 6707–76.

**Апаратура, реактиви і матеріали:**

- колба конічна місткістю 100–250 см<sup>3</sup>;
- чашка або стакан фарфоровий;
- циліндр місткістю 25,5 чи 100 см<sup>3</sup>;
- бюретка місткістю 2 чи 2,5 см<sup>3</sup> з ціною поділки 0,1 см<sup>3</sup>;
- плитка електрична, із закритою спіраллю чи водяна баня;
- холодильник ХТП чи трубка скляна довжиною 700–750 мм діаметром 6–8 мм;
- шпатель фарфоровий;
- бензин прямої перегонки ( $t_{кип} = 180\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- спирт етиловий ректифікований технічний вищого ґатунку (60-процентний розчин);
- гідроксид калію кваліфікації х.ч. чи ч.д.а., 0,1 н титрований спиртовий розчин;
- соляна кислота кваліфікації х.ч. чи ч.д.а., 0,1 н титрований розчин;
- індикатор фенолфталеїн, 1 % спиртовий розчин;
- вода дистильована.

**Підготовка до досліду.** З поверхні зразка пластичного мастила шпателем знімають верхній шар, потім в декількох місцях (не менше трьох) беруть пробу в приблизно рівних кількостях на відстані не менше 15 мм від стінок і дна посудини. Проби пластичного мастила складають разом в фарфорову чашку чи стакан і ретельно перемішують.

Для приготування 60 % розчину етилового спирту до 7,5 об'єму спирту доливають 3,5 об'єму дистильованої води.

Для приготування 0,1 н спиртового розчину гідроксиду калію 0,1 г-екв (5,6 г) кристалічного гідроксиду калію розчиняють при перемішуванні в 1 дм<sup>3</sup> 96 % розчину етилового спирту. Отриманий розчин відстоюють в темному місці в посуді з темного скла не менше доби і відділяють від осаду декантацією. Титр 0,1 н розчину гідроксиду калію встановлюють за стандартними речовинами – янтарній кислоті чи бі-фталату калію.

Реактиви, що використовують в якості стандартних речовин, повинні мати кваліфікацію х.ч. чи ч.д.а.

Наважки стандартних речовин необхідно брати з точністю до 0,0002 г. Величина наважки залежить від розчину, що титрується і посуду, який застосовується. Для децинормальних розчинів і бюретки місткістю 50 см<sup>3</sup> рекомендується брати наважки стандартних речовин у таких кількостях:

- янтарної кислоти 0,2–0,25 г;
- біфталату калію 0,5–0,7 г.

Титр розчину встановлюється титруванням не менше трьох наважок стандартної речовини. Середнє значення титру округлюють до тисячних.

При встановленні титру 0,1 н розчину гідроксиду калію наважку янтарної кислоти або біфталату калію розчиняють у 50 см<sup>3</sup> дистильованої води.

Розчин янтарної кислоти або біфталату калію наливають в колбу місткістю 250 см<sup>3</sup>. Бюретку заповнюють 0,1 н спиртовим розчином гідроксиду калію. В 5–6 крапель індикатора фенолфталеїну і титрують розчином гідроксиду калію до стійкого (протягом 30 с) рожевого забарвлення. Титр 0,1 н спиртового розчину гідроксиду калію в г/см<sup>3</sup> обчислюють за формулою:

$$\dot{O} = \frac{E_1 \cdot V}{E_2 \cdot G},$$

де  $E_1$  (56,11) – г-екв гідроксиду калію, г;  $E_2$  – г-екв янтарної кислоти чи біфталату калію, г;  $G$  – наважка янтарної кислоти чи біфталату калію, г;  $V$  – об'єм розчину гідроксиду калію, витрачений на титрування, см<sup>3</sup>.

При перевірці титру лугу за кислотою, в колбу додають бюреткою або піпеткою 25 см<sup>3</sup> розчину соляної кислоти, додавають по 3–4 краплі індикатора фенолфталеїну і титрують розчином лугу. Титр розчину лугу в г/см<sup>3</sup> обчислюють за формулою:

$$\dot{O}_1 = \dot{O}_2 \frac{25 \cdot E_1}{V \cdot E_2},$$

де  $T_2$  – титр розчину кислоти, г/см<sup>3</sup>;  $E_1$  і  $E_2$  – г-екв речовин, в грамах яких виражені титри лугу і кислоти, г;  $V$  – об'єм лугу, витрачений на титрування 25 см<sup>3</sup> розчину кислоти, см<sup>3</sup>.

Титр лугу перевіряють за стандартними речовинами раз в три місяці, по кислоті – раз в місяць.

Готують 0,1 н розчин соляної кислоти готують із концентрованої соляної кислоти класифікації х.ч. чи ч.д.а. Спочатку визначають густину концентрованої соляної кислоти за допомогою денсиметру. При температурі 15–25 °С поправок в покази денсиметра не вносять. Визначають нормальність концентрованої соляної кислоти і розраховують її кількість, необхідну для приготування 0,1 н розчину (табл. 19.1).

**Таблиця 19.1 – Зміна густини розчину соляної кислоти від її нормальності**

Густина г/см <sup>3</sup>	Нормальність, г-екв/дм <sup>3</sup>	Концентрація соляної кислоти		Густина г/см <sup>3</sup>	Нормальність, г-екв/см <sup>3</sup>	Концентрація соляної кислоти	
		% (за масою)	г/дм <sup>3</sup>			% (за масою)	г/дм <sup>3</sup>
1,000	0,1	0,4	4	1,095	5,8	19,4	212
1,005	0,4	1,4	14	1,100	6,2	20,4	224
1,010	0,7	2,4	24	1,105	6,5	21,4	236
1,015	0,9	3,4	34	1,110	6,7	22,3	248
1,020	1,2	4,4	45	1,115	7,1	23,3	260
1,025	1,5	5,4	55	1,120	7,4	24,3	272
1,030	1,8	6,4	66	1,125	7,7	25,2	283
1,035	2,1	7,5	77	1,130	8,1	26,2	296
1,040	2,4	8,5	88	1,135	8,5	27,2	318
1,045	2,7	9,5	99	1,140	8,8	28,2	321
1,050	3,0	10,5	110	1,145	9,2	29,2	334
1,055	3,3	11,5	122	1,150	9,5	30,1	347
1,060	3,6	12,5	133	1,155	9,9	31,1	360
1,065	3,9	13,5	143	1,160	10,2	32,1	373
1,070	4,3	14,5	155	1,165	10,6	33,2	386
1,075	4,6	15,5	166	1,170	11,0	34,2	400
1,080	4,9	16,5	177	1,180	11,7	36,2	428
1,085	5,2	17,5	189	1,190	12,5	38,3	456
1,090	5,5	18,4	201	1,198	13,1	40,0	479

**Приклад.** Густина соляної кислоти дорівнює 1,189 г/см. За таблицею 19.1 цій густині відповідає нормальність розчину 12,3. Відповідно, для приготування 1 дм<sup>3</sup> 0,1 н розчину необхідно взяти  $0,1 \cdot 1000 / 12,3 = 8,2$  см<sup>3</sup> концентрованої соляної кислоти.

У мірну колбу місткістю 1 дм<sup>3</sup> наливають 400–500 см дистильованої води, додають із бюретки або за допомогою градуйованої піпетки розраховану кількість концентрованої соляної кислоти, а потім – воду приблизно до позначки і ретельно перемішують. Точну концент-

рацію розчину встановлюють титруванням за стандартними речовинами чи по розчину гідроксиду калію або натрію з відомим титром.

Можна приготувати 0,1 н розчин соляної кислоти з фіксаналу, що представляє собою дозовану кількість реактиву, необхідну для приготування 1 дм<sup>3</sup> розчину визначеної концентрації, поміщену в скляну ампулу. З ампули фіксаналу знімають етикетку чи змивають напис, потім промивають зовнішню поверхню фіксаналу дистильованою водою. В мірну колбу місткістю 1000 см<sup>3</sup> вставляють скляний фігурний бойок. Заглиблення ампули пробивають легким ударом об кінець бойка, після чого пробивають верхнє заглиблення і дають вмісту ампули повністю стекти. Не змінюючи положення ампули, її ретельно промивають з середини дистильованою водою за допомогою промивки.

Вміст ампули переносять в мірну колбу, після розчинення реактиву, розчин доводять дистильованою водою до позначки і перемішують.

Титри розчинів кислот можна встановлювати за розчином лугу і навпаки: титр розчинів лугів можна встановлювати за розчином кислот. Титр 0,1 н розчину соляної кислоти, який приготували із фіксаналу, дорівнює 0,00401 г гідроксиду натрію в 1 см<sup>3</sup> розчину. Однак, краще встановлювати титри розчинів кислот за стандартними речовинами, а кислоту титрувати лугом тільки для контролю точності встановлення титру.

Для встановлення титрів розчинів кислот використовують перекристалізовану буру (тетраборноокислий натрій). Для перекристалізації 50 г бури розчиняють в 300 см<sup>3</sup> води при температурі не вище 50–60 °С. Отриманий розчин фільтрують і охолоджують до температури 25–30 °С. При наступному енергійному перемішуванні розчину відбувається кристалізація бури. Кристали, які утворилися фільтрують через лійку Бюхнера і сушать між аркушами фільтрувального паперу. До застосування бура повинна бути витримана в ексікаторі не менше тижня.

При визначенні титру 0,1 н розчину соляної кислоти наважку бури 0,5–0,7 г розчиняють в 50–60 см<sup>3</sup> теплої води в конічній колбі місткістю 250–300 см<sup>3</sup>, доливають дві краплі індикатора метилового оранжевого і титрують до зміни жовтого забарвлення на оранжево-рожеве.

Титр розчину соляної кислоти вираховують за формулою:

$$\dot{O} = \frac{40,01G}{190,7V},$$

де 40,01 – г-екв гідроксиду натрію, г;  $G$  – маса наважки бури, г; 190,7 – г-екв бури, г;  $V$  – об'єм розчину соляної кислоти, витраченої на титрування наважки, см<sup>3</sup>.

Для приготування 1-процентного спиртового розчину індикатора фенолфталеїну  $1 \pm 0,02$  г його розчиняють в  $100 \text{ см}^3$  етилового спирту.

**Проведення дослідження.** В конічну колбу поміщають 2–5 г пластичного мастила, зваженого з похибкою не більше 0,1 г. В іншу конічну колбу наливають  $30 \text{ см}^3$  бензину і  $30 \text{ см}^3$  60 % етилового спирту, закривають колбу пробкою з вставленим в неї холодильником і кип'ячать протягом 5 хв при неперервному перемішуванні. В гарячу спиртово-бензинову суміш додають 3–4 краплі індикатора фенолфталеїну і нейтралізують її при неперервному перемішуванні 0,1 н спиртовим розчином гідроксиду калію до появи слабо-рожевого забарвлення.

Нейтралізовану гарячу спиртово-бензинову суміш переливають в колбу з наважкою пластичного мастила, закривають колбу пробкою з вставленим в неї холодильником і кип'ячать вміст колби при неперервному перемішуванні до розчинення. Після повного розчинення пластичного мастила суміш в колбі кип'ячать протягом 5 хв, потім закривають ватою верхній кінець трубки холодильника і охолоджують суміш до температури навколишнього середовища.

У колбу додають 3–4 краплі індикатора фенолфталеїну і титрують її вміст:

– при рожевому забарвленні – 0,1 н розчином соляної кислоти до зникнення забарвлення;

– при відсутності забарвлення – 0,1 н спиртовим розчином гідроксиду калію до появи слабо-рожевого забарвлення.

**Обробка результатів.** Масову частку вільних лугів в перерахунок на гідроксид натрію вираховують за формулою:

$$\tilde{O} = \frac{0,0040V}{m} \cdot 100\%,$$

де  $V$  – об'єм 0,1 н розчину соляної кислоти, витрачений на титрування,  $\text{см}^3$ ; 0,0040 – маса гідроксиду натрію, що відповідає 1  $\text{см}^3$  0,1 н розчину соляної кислоти, г;  $m$  – маса пластичного мастила, г.

Вміст в мастилі вільних лугів (кількістю до 0,02 %) оцінюється як їх відсутність. Вміст вільних органічних кислот ( $X_1$ ) у міліграмах гідроксиду калію на 1 г мастила (мг КОН на 1 г), вираховують за формулою:

$$\tilde{O}_1 = \frac{0,00561V_1 \cdot 1000}{m},$$

де  $V_1$  – об'єм 0,1 н спиртового розчину гідроксиду калію, який витрачений на титрування,  $\text{см}^3$ ; 0,00561 – титр 0,1 н розчину гідро-

кисиду калію, г/ см<sup>3</sup>; 1000 – коефіцієнт для перерахунку грамів в міліграми;  $m$  – маса пластичного мастила, г.

Масову частку вільних органічних кислот в перерахунку на олеїнову кислоту вираховують за формулою:

$$\tilde{O}_2 = \frac{0,02825V_1}{m} \cdot 100\%,$$

де  $V_1$  – об'єм 0,1 н спиртового розчину гідроксиду калію, який витрачений на титрування, см<sup>3</sup>; 0,02825 – кількість олеїнової кислоти, що відповідає 1 см<sup>3</sup> 0,1 н розчину гідроксиду калію, г;  $m$  – маса пластичного мастила, г.

Вміст вільних органічних кислот до 0,02 мг гідроксиду калію на 1 г мастила чи 0,01 % оцінюється як їх відсутність.

Допустимі похибки результатів двох послідовних визначень вмісту вільних лугів не повинні перевищувати 0,02 %.

Відхилення результатів значень вмісту вільних органічних кислот у пластичних мастилах визначають за таблицею 19.2.

**Таблиця 19.2 – Похибки результатів двох послідовних визначень вмісту вільних органічних кислот**

Вільні органічні кислоти, мг КОН на 1 г пластичного мастила	Допустимі розбіжності, мг КОН на 1 г
До 0,1	0,02
Від 0,1 до 1,0	0,05
Більше 1,0	0,10

Допустимі розбіжності між результатами двох послідовних визначень вмісту вільних органічних кислот в перерахунку на олеїнову кислоту не повинні перевищувати 0,02 %.

За результат випробування приймають середнє арифметичне значення результатів двох послідовних визначень вмісту вільних лугів чи органічних кислот.

### **Контрольні питання**

1. Яким чином потрапляють кислоти та луги в паливно-мастильні матеріали?
2. Які індикатори використовують для визначення нейтральності нафтопродуктів?
3. Як визначається вмісту водорозчинних кислот та лугів у нафтопродуктах?

## *Лабораторна робота 20.* **Визначення колоїдної стабільності пластичних мастил**

---

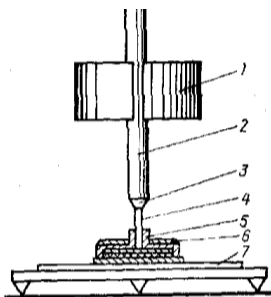
### **Основні теоретичні відомості**

Колоїдна стабільність характеризує здатність пластичних мастил протистояти виділенню з них масла (синерезису) в умовах температурних і механічних дій.

Сутність методу (ГОСТ 7142–74) полягає у визначенні кількості масла, яка відпресована із мастила на приладі визначення колоїдної стабільності (КСА) при відповідному навантаженні, вказаному в технічних умовах на кожне мастило.

#### ***Апаратура, реактиви і матеріали:***

– прилад для визначення КСА (рис. 19.1).



**Рис. 19.1** – Прилад для визначення КСА: 1 – вантаж; 2 – шток;  
3 – металевий шарик; 4 – поршень; 5 – чашка для мастила;  
6 – притискна шайба; 7 – штатив пенетрометра

Прилад КСА складається із штатива пенетрометра 7, пускової кнопки і столика, металевої скоби для закріплення пускової кнопки на кронштейні, штока 2 з двома канавками для закріплення вантажу 1, металевої кульки діаметром 8 мм для передачі тиску, чашки для мастила 5, в яку встановлено поршень 4, і притискної шайби 6. Загальна маса штока, металевої кульки, поршня і вантажу повинна складати  $1000 \pm 10$  г. На хвостовику поршня зроблена лиска для попередження створення пониженого тиску над поршнем.

Для термостатування мастила використовують масляну чи водяну баню діаметром не менше 200 мм і висотою не менше 110 мм, всередині якої поміщують склянку змішувача пенетрометра, який закривається кришкою з отвором для виходу штока;

– ваги лабораторні важільні ВЛА–200 другого класу точності чи інші ваги такого ж класу точності;

– термометр ртутний скляний лабораторний з межею вимірювань від 0 до 100 °С і ціною поділки шкали 1 °С;

– секундомір; шпатель фарфоровий;

– скло плоске діаметром 56 мм;

– фільтри беззольні паперові діаметром 55 мм, марковані білою стрічкою;

– бензин-розчинник; бензол кам'яновугільний чи бензол нафтовий;

– масло мінеральне з кінематичною в'язкістю 19–53 мм<sup>2</sup>/с (сСт) при температурі 50 °С.

**Підготовка до випробування.** Чашку з поршнем промивають бензином чи бензолом, висушують і зважують з похибкою не більше 0,0002 г. Пластичне мастило вмазують шпателем в чашку з попередньо вставленим поршнем, не допускаючи утворення бульбашок повітря, і зважують все разом з похибкою не більше 0,0002 г. Після чого визначають масу мастила, яке взяте на випробування.

Один беззольний паперовий фільтр змочують маслом, віджимають його між чистими беззольними паперовими фільтрами і зважують з похибкою не більше 0,0002 г.

**Проведення випробування.** Випробування слід проводити при температурі навколишнього середовища не нижче 15 °С і не вище 25 °С. В іншому випадку випробування проводять в бані, в якій підтримується температура 20±5 °С. Баню з склянкою ставлять на столик штатива пенетрометра, на дно склянки поміщують скло, 7–10 беззольних паперових фільтрів, потім просочений маслом беззольний паперовий фільтр, на який ставлять чашку з пластичним мастилом. Склянку закривають кришкою і витримують протягом 30 хв при температурі 20±5 °С. При температурі навколишнього середовища не нижче 15 °С і не вище 20 °С скло з беззольними паперовими фільтрами поміщають безпосередньо на столик штатива пенетрометра. Потім на мастило в чашку поміщають просочений маслом беззольний паперовий фільтр так, щоб між фільтром і пластичним мастилом не було бульбашок повітря, а чашку з фільтром поміщають на стопку паперових фільтрів, покладених на скло. Зверху чашку з мастилом необхідно притиснути металевою шайбою, щоб мастило не попадало за краї чашки на фільтр під час випробування.

У лунку хвостовика поршня поміщають металеву кульку, яка передає тиск. Натисканням пускової кнопки звільняють шток і опускають його до зіткнення з металевою кулькою (якщо випробування проводиться в бані, шток вводять в отвір кришки склянки). На шток надівають вантаж, натискають пускову кнопку, закріплюють її скобою і відмічають час початку випробування, яке триває 30 хв. Потім вантаж знімають і зважують чашку з пластичним мастилом і з фільтром з похибкою не більше 0,0002 г.

**Обробка результатів.** Масову частку масла, відпресованої із пластичного мастила  $X$ , у відсотках вираховують за формулою:

$$\tilde{O} = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100,$$

де  $m_1$  – маса чашки з пластичним мастилом і просоченим маслом беззольним фільтром до випробування, г;  $m_2$  – маса чашки з пластичним мастилом і просоченим маслом беззольним фільтром після випробування, г;  $m$  – маса пластичного мастила, г.

За результат випробування приймають середнє арифметичне значення результатів двох послідовних визначень колоїдної стабільності. Допустимі розбіжності між результатами двох послідовних визначень колоїдної стабільності не повинні перевищувати 5 % середнього арифметичного значення.

**Практичні рекомендації.** Для визначення колоїдної стабільності маса шайби, що притискає чашку з пластичним мастилом, повинна бути не менша 1000 г, однак в технічних вимогах на деякі мастила вказується маса навантаження, при якій відпресовується масло із мастила. Це необхідно приймати до уваги при проведенні випробування. Наприклад: колоїдна стабільність мастила ВНДІП-207 визначається при навантаженні масою 300г.

Два послідовних визначення необхідно проводити при одній і тій же температурі і суворо дотримуватись часу проведення випробування, який вказаний в ГОСТ 7142–74.

Просочений маслом фільтр бажано попередньо віджимати протягом 20 хв, а пластичне мастило перед випробуванням перемішувати з змішувачем, оскільки дослід показав, що в процесі випробування йде витікання масла із масляного фільтра, що відображається на результатах випробування.

### Контрольні питання

1. Які функції виконують у мастилі наповнювачі?
2. За якими ознаками класифікують пластичні мастила?

3. Класифікація пластичних мастил за: консистенцією, складом загусника; сферою застосування.

6. Що таке межа міцності пластичного мастила і яким чином вона впливає на експлуатаційні властивості мастил?

7. Охарактеризуйте методику визначення пенетрації пластичних мастил.

## *Лабораторна робота 21.* **Визначення кислотного числа пластичних мастил**

---

### **Основні теоретичні відомості**

У ряді випадків для отримання більш повної інформації про якість пластичного мастила, а також при проведенні арбітражного аналізу в лабораторіях ПММ може виникати необхідність визначення кислотного числа пластичних мастил (ГОСТ 5985–79).

*Апаратура, реактиви і матеріали* для визначення кислотного числа масел.

*Підготовка до випробування* пластичних мастил аналогічна підготовці до випробування палива, за виключенням того, що при випробуванні пластичних мастил з поверхні випробовуваного зразка пластичного мастила, шпателем знімають верхній шар, потім в декількох місцях (не менше трьох) беруть пробу в приблизно рівних кількостях на відстані не менше 15 мм від стінок і дна посудини. Проби пластичного мастила складають разом в фарфорову чашку чи склянку і ретельно перемішують.

*Проведення випробування.* При випробуванні пластичних мастил в конічну колбу місткістю 250 см<sup>3</sup> помішують 5–8 г проби пластичного мастила, зваженого з похибкою не більше 0,01 г і додають при струшуванні не менше 40 см<sup>3</sup> індикатора лужного блакитного 6Б до повного розчинення проби. Потім вміст колби титрують (при легкому струшуванні) спиртовим розчином гідроксиду калію до зміни забарвлення з блакитного на червоне чи з блакитного відтінку на червоний.

Паралельно проводять контрольний дослід без випробованої проби, застосовуючи таку ж кількість індикатора лужного блакитного 6Б.

У випадку поганого розчинення проби пластичного мастила вміст колби кип'ятять зі зворотним холодильником протягом 5 хв при неперервному перемішуванні.

При випробуванні пластичного мастила тривалість кип'ятіння збільшують порівняно з тривалістю кип'ятіння масел на 5 хв після повного розчинення.

Допускається проводити визначення кислотного числа із застосуванням індикатора нітросинового жовтого. Для цього в конічну колбу наливають 50 см<sup>3</sup> 85-процентного етилового спирту і кип'ятять

зі зворотним холодильником 5 хв. У прокип'ячений спирт додають 8–10 крапель (0,25 см<sup>3</sup>) індикатора нітросинового жовтого і нейтралізують у гарячому стані за неперервного перемішування 0,05 моль/дм<sup>3</sup> спиртовим розчином гідроксиду калію до зміни жовтого забарвлення на зелене.

Нейтралізований гарячий спирт переливають в колбу з пластичним мастилом. Вміст колби кип'ятять зі зворотним холодильником протягом 5 хв при неперервному перемішуванні до повного розчинення пластичного мастила і після розчинення – протягом 5 хв.

Суміш в гарячому стані титрують 0,05 моль/дм<sup>3</sup> спиртовим розчином гідроксиду калію при неперервному інтенсивному перемішуванні до зміни жовтого чи жовтого з відтінком забарвлення спиртового шару чи суміші на зелене чи зелене з відтінками. Забарвлення повинно бути стійким без перемішування протягом 30 с.

При появі зеленої чи зеленої з відтінками суміші, титрування розчином гідроксиду калію не проводять. В цьому випадку органічні кислоти в пластичному мастилі відсутні.

При розбіжностях в оцінюванні якості пластичних мастил визначення кислотного числа проводять із застосуванням індикатора лужного блакитного 6Б.

**Обробка результатів.** Кислотне число  $K_1$  пластичного мастила для проби, що випробовується (міліграм гідроксиду калію на 1 г мастила – мг КОН на 1 г) за використання індикатора лужного блакитного 6Б, вираховують за формулою:

$$\hat{E}_1 = \frac{(V_3 - V_4) \cdot T}{m_1},$$

де  $V_3$  – об'єм 0,05 моль/дм<sup>3</sup> спиртового розчину гідроксиду калію, витрачений на титрування, см<sup>3</sup>;  $V_4$  – об'єм 0,05 моль/дм<sup>3</sup> спиртового розчину гідроксиду калію, витрачений на контрольний дослід, см<sup>3</sup>;  $T$  – титр 0,05 моль/дм<sup>3</sup> спиртового розчину гідроксиду калію, мг/см<sup>3</sup>;  $m_1$  – маса пластичного мастила, г.

Кислотне число випробовуваної проби пластичного мастила ( $K_2$ ) в міліграмах гідроксиду калію на 1 г мастила (мг КОН на 1 г) при використанні індикатора нітросинового жовтого, вираховують за формулою:

$$\hat{E}_2 = \frac{V_3 \cdot T}{m_1},$$

де  $V_3$  – об'єм 0,05 моль/дм<sup>3</sup> спиртового розчину гідроксиду калію, витрачений на титрування, см<sup>3</sup>;  $T$  – титр 0,05 моль/дм<sup>3</sup> спиртового розчину гідроксиду калію, мг/см<sup>3</sup>;  $m_1$  – маса пластичного мастила, г.

За результат випробування приймають середнє арифметичне значення результатів двох послідовних визначень кислотного числа.

Два результати визначень, отримані в двох різних лабораторіях визнаються достовірними (при довірчій ймовірності 0,95), якщо розбіжність між ними не перевищує значень, наведених у таблиці 21.1.

**Таблиця 21.1 – Допустимі похибки результатів двох послідовних визначень кислотного числа пластичних мастил**

Кислотне число, мг КОН на 1 г	Повторюваність	Відтворюваність
До 0,5	0,06	0,10
Від 0,5 до 1,0	0,10	0,20
Більше 1,0	0,20	0,40

Результати випробувань округлюють до сотих значень.

**Практичні рекомендації.** При нагріванні і розплавленні пластичного мастила в спирті слід застосовувати магнітну мішалку з підігрівом.

### Контрольні питання

1. Яким способом утворюються у нафтопродуктах органічні сполуки кислого та лужного характеру?
2. Які індикатори використовують для визначення нейтральності нафтопродуктів?
3. Дайте визначення кислотності та кислотному числу нафтопродукту.
4. Яким способом визначається кислотність?

## Література

---

1. Оливи. Моторні, турбінні, гідравлічні та трансмісійні; властивості та якість : підручник / С. В. Бойченко [та ін.] ; за ред. С. В. Бойченка. – Київ : ЦУЛ, 2019. – 322 с.
2. Паливно-мастильні та інші експлуатаційні матеріали. Навчально-методичний комплекс : навч.-метод. посіб. / І. М. Бендера [та ін.] ; за ред. І. М. Бендери, В. І. Дуганця. – Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин Я.І, 2016. – 420 с.
3. Гаєва Л. І. Використання експлуатаційних матеріалів та економія паливно-енергетичних ресурсів : навч. посіб. / Л. І. Гаєва, Ф. В. Козак, В. М. Мельник. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2014. – 222 с.
4. Ріло І. П. Використання експлуатаційних матеріалів та економія паливно-енергетичних ресурсів : навч. посіб. / І. П. Ріло, М. М. Марчук, О. А. Колесник. – Рівне : НУВГП, 2012. – 190 с.
5. Паливно-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення / упоряд. В. Я. Чабанний. – Кіровоград : Центрально-українське видавництво, 2008. – 353 с.
6. Окоча А. І. Паливно-мастильні та інші експлуатаційні матеріали / А. І. Окоча, Я. Ю. Білоконь. – Київ : Укр. центр духовної культури, 2004. – 443 с.
7. Полянський С. К. Експлуатаційні матеріали : підручник / С. К. Полянський. – Київ : Либідь, 2003. – 448 с.

## Зміст

---

<b>Вступ</b> .....	3
<b>Лабораторна робота 1</b> Визначення густини палива .....	6
<b>Лабораторна робота 2</b> Визначення фракційного складу палива .....	10
<b>Лабораторна робота 3</b> Визначення кінематичної в'язкості палива .....	17
<b>Лабораторна робота 4</b> Методи визначення кислотності палива .....	21
<b>Лабораторна робота 5</b> Визначення вмісту фактичних смол у паливі .....	31
<b>Лабораторна робота 6</b> Методи визначення вмісту механічних домішок та води у паливі .....	36
<b>Лабораторна робота 7</b> Визначення температури спалахування палива у закритому тиглі .....	42
<b>Лабораторна робота 8</b> Визначення температури початку кристалізації палива .....	46
<b>Лабораторна робота 9</b> Визначення густини масел і робочих рідин .....	51
<b>Лабораторна робота 10</b> Визначення кінематичної в'язкості масел та робочих рідин .....	53
<b>Лабораторна робота 11</b> Визначення вмісту водорозчинних кислот і лугів у маслах та робочих рідинах .....	56
<b>Лабораторна робота 12</b> Методи визначення температури спалахування масел та робочих рідин .....	58
<b>Лабораторна робота 13</b> Методи визначення вмісту механічних домішок і води в маслах та робочих рідинах .....	63
<b>Лабораторна робота 14</b> Метод визначення коксівності масла .....	68

<b><i>Лабораторна робота 15</i></b>	
Візуальний метод визначення зовнішнього вигляду пластичних мастил .....	72
<b><i>Лабораторна робота 16</i></b>	
Кількісне визначення вмісту води у пластичних мастилах.....	74
<b><i>Лабораторна робота 17</i></b>	
Методи визначення вмісту механічних домішок у пластичних мастилах.....	76
<b><i>Лабораторна робота 18</i></b>	
Визначення температури краплепадіння пластичних мастил .....	82
<b><i>Лабораторна робота 19</i></b>	
Визначення вмісту вільних лугів та органічних кислот у пластичних мастилах.....	86
<b><i>Лабораторна робота 20</i></b>	
Визначення колоїдної стабільності пластичних мастил.....	92
<b><i>Лабораторна робота 21</i></b>	
Визначення кислотного числа пластичних мастил .....	95
<b><i>Література</i></b> .....	98