

**Р. І. ПАСЛАВСЬКИЙ,
О. С. МИРОНЮК,
С. Й. КОВАЛИШИН**

Паливно-мастильні та інші експлуатаційні матеріали

Практикум

ЛЬВІВ 2023

УДК 631.3–6+631.3:621.89 (075.8)

Автори:

Р. І. Паславський, О. С. Миронюк, С. Й. Ковалишин

Рецензенти: О. Б. Гринишин, д. т. н., професор, завідувач кафедри хімічної технології переробки нафти та газу Національного університету «Львівська політехніка»;
С. В. Мягкота, д. ф.-м. н., професор, завідувач кафедри фізики та інженерної механіки Львівського національного університету природокористування;
Т. Б. Грабовий, начальник Львівської випробувальної лабораторії центру паливних випробувань «ТФС».

*Рекомендовано до друку вченою радою
Львівського національного університету природокористування
(протокол № 9 від 23 травня 2023 р.)*

Паславський Р. І., Миронюк О. С., Ковалишин С. Й.

Паливно-мастильні та інші експлуатаційні матеріали: практикум. 2-ге вид., перероб. і допов. Львів: Львівський національний університет природокористування, 2023. 223 с. – Депоновано в Державній науково-технічній бібліотеці України 04.09.2023, № 367 – РІД(н)/Ук 2023 (з оприлюдненням). Укр. [dntb.gov.ua – електронні ресурси].

Описано загальні відомості та методику виконання робіт з дослідження основних фізико-хімічних і експлуатаційних властивостей палив, мастильних матеріалів, технічних рідин та ремонтно-експлуатаційних матеріалів, які використовуються для автотранспортної техніки, тракторів, сільськогосподарських машин та забезпечення потреб агропромислового комплексу в тепловій і електричній енергії.

Для студентів закладів вищої освіти II–IV рівнів акредитації з галузей знань 27 «Транспорт», 20 «Аграрні науки та продовольства», 13 «Механічна інженерія», а також інженерно-технічних працівників для здійснення контролю за паливно-мастильними та іншими експлуатаційними матеріалами.

© Паславський Р. І., Миронюк О. С., Ковалишин С. Й., 2023

ЗМІСТ

Вступ	6
Розділ 1. Методичні рекомендації з організації та виконання лабораторних робіт	7
1.1. Зміст лабораторних робіт.....	7
1.2. Організація робочого місця і контроль за виконанням лабораторних робіт	8
1.3. Відбір і підготовка проби для лабораторних досліджень	8
1.4. Види лабораторних випробувань.....	11
1.5. Заходи безпеки під час виконання лабораторних робіт.....	12
Розділ 2. Визначення показників якості рідких палив	15
Робота № 1. Визначення густини нафтопродуктів та наявності в них механічних домішок і води	15
Робота № 2. Визначення октанового числа автомобільного бензину	18
Робота № 3. Визначення фракційного складу автомобільного бензину та дизельного палива.....	24
Робота № 4. Визначення тиску насичених парів бензину.	29
Робота № 5. Дослідження корозійних властивостей рідкого палива	33
Робота № 6. Визначення концентрації фактичних смол у рідких паливах.....	37
Робота № 7. Визначення тривалості індукційного періоду бензину.....	43
Робота № 8. Визначення вмісту сірки у рідкому паливі ...	47
Робота № 9. Визначення концентрації свинцю в автомобільних бензинах.....	52
Робота № 10. Визначення масової частки бензолу та сумарного вмісту ароматичних вуглеводнів	56
Робота № 11. Визначення цетанового числа дизельного пального за збігом спалахів	61
Робота № 12. Визначення кінематичної в'язкості нафтопродуктів.....	65
Робота № 13. Оцінка низькотемпературних властивостей дизельного пального.....	73
Робота № 14. Визначення температури спалаху	81
Робота № 15. Визначення вмісту меркаптанової сірки та сірководню в дизельному пальному	85

	Робота № 16. Визначення йодного числа дизельного пального.....	88
	Робота № 17. Визначення коксованості 10%-го залишку дизельного пального за Конрадсоном.....	91
	Робота № 18. Визначення коефіцієнта фільтрованості дизельного пального.....	94
	Робота № 19. Визначення теплоти згоряння дизельного пального.....	96
Розділ 3.	Визначення показників якості твердого і газоподібного палив	103
	Робота № 20. Визначення вологості твердого палива (кам'яного вугілля).....	103
	Робота № 21. Визначення зольності твердого палива (кам'яного вугілля).....	104
	Робота № 22. Визначення масової частки сірководню у складі газоподібного палива.....	107
	Робота № 23. Визначення густини газу.....	110
Розділ 4.	Визначення показників якості олив	115
	Робота № 24. Оцінка в'язкісно-температурних властивостей моторної оливи.....	115
	Робота № 25. Визначення ступеня чистоти моторної оливи.....	118
	Робота № 26. Визначення вмісту механічних домішок.....	121
	Робота № 27. Визначення вмісту води в оливі.....	124
	Робота № 28. Визначення температури спалаху у відкритому тиглі.....	126
	Робота № 29. Оцінка корозійності оливи.....	128
	Робота № 30. Оцінка мийних властивостей моторної оливи з присадками.....	132
	Робота № 31. Оцінка моторних властивостей і визначення термоокиснювальної стабільності оливи.....	135
	Робота № 32. Визначення лужного числа.....	139
	Робота № 33. Визначення сульфатної зольності оливи.....	142
	Робота № 34. Визначення стабільності моторної оливи за індукційним періодом осадотворення.....	144
	Робота № 35. Визначення масової частки активних елементів у моторній оливі.....	146
	Робота № 36. Визначення масової частки фосфору в моторній оливі.....	150

	Робота № 37. Визначення трибологічних характеристик мастильних матеріалів.....	153
	Робота № 38. Визначення стабільності проти окиснення трансформаторної оливи.....	160
	Робота № 39. Оцінка електричних властивостей електроізоляційних олив.....	163
	Робота № 40. Аналіз відпрацьованої оливи.....	170
Розділ 5.	Визначення показників якості мастил.....	177
	Робота № 41. Визначення межі міцності на зсув мастила	177
	Робота № 42. Визначення пенетрації мастила.....	179
	Робота № 43. Оцінка колоїдної стабільності мастила.....	182
	Робота № 44. Визначення температури крапання мастила	184
	Робота № 45. Визначення масової частки механічних домішок у мастилі.....	186
	Робота № 46. Визначення в'язкості мастила.....	188
Розділ 6.	Визначення показників якості технічних рідин.....	194
	Робота № 47. Визначення твердості води та її пом'якшення.....	194
	Робота № 48. Дослідження якості низькозамерзаючих охолоджувальних рідин.....	198
	Робота № 49. Дослідження якості гальмівних рідин.....	201
Розділ 7.	Визначення показників якості ремонтно-експлуатаційних матеріалів.....	203
	Робота № 50. Визначення умовної в'язкості та розтічності лакофарбових матеріалів.....	203
	Робота № 51. Визначення масової частки нелетких речовин у лакофарбових матеріалах.....	205
	Робота № 52. Визначення покривності та часу висихання лакофарбових матеріалів.....	206
	Робота № 53. Визначення основних показників якості клейових матеріалів.....	210
	Робота № 54. Визначення межі міцності гуми.....	211
	Робота № 55. Визначення твердості та еластичності гуми	214
Розділ 8.	Контроль якості нафтопродуктів за допомогою мобільних лабораторій.....	217
	Бібліографічний список.....	223

ВСТУП

Надійна і ефективна робота автотракторного парку та машин і обладнання, що застосовується в сільськогосподарському виробництві, суттєво залежить від стану та раціонального використання палива, змащувальних матеріалів і технічних рідин. Необхідність оптимізації якості паливно-мастильних матеріалів зумовлена також тим, що не завжди високі показники деяких властивостей забезпечують зменшення витрат і збільшення тривалості безвідмовної роботи техніки. Наприклад, збільшення октанового числа бензину, завдяки високій концентрації ароматичних вуглеводнів, спричинює надмірне нагароутворення, неповне згоряння палива й високу токсичність відпрацьованих газів.

Енергетичний комплекс України виготовляє широкий спектр продукції, значна частина якої застосовується в агропромисловому комплексі. Виготовлення товарних палив і олив – це складний технологічний процес, що здійснюється на основі розробленої технічної документації та охоплює операції очищення, змішування компонентів, додавання присадок. Готова продукція повинна відповідати фізико-хімічним показникам, які вказані в сертифікаті або паспорті якості. Аналогічні документи надходять з паливно-мастильними матеріалами, які були придбані в інших державах.

Держспоживстандарт України проводить оцінку якості нафтопродуктів та видає сертифікат відповідності про те, що продукція випробувана і відповідає всім обов'язковим вимогам, які встановлені в нормативних документах.

Нафтопродукти в процесі транспортування, зберігання та експлуатації під дією зовнішніх чинників змінюють свої властивості. Тому контроль якості паливно-мастильних та інших експлуатаційних матеріалів є найважливішою функцією об'єктів нафтопродуктозабезпечення.

Для здійснення приймання продукції та періодичного контролю її якості мають бути призначені особи, які компетентні (за видом роботи, освітою, досвідом трудової діяльності) у питаннях визначення показників якості нафтопродуктів. Необхідно, щоб випускники сільськогосподарських вузів – майбутні інженери-механіки або енергетики володіли знаннями про основні властивості та особливості застосування нафтопродуктів. З цією метою в навчальних програмах передбачено виконання лабораторних робіт з дослідження показників якості паливно-мастильних та інших експлуатаційних матеріалів, які допомагають студенту набути практичних навичок.

Лабораторний практикум сприяє зростанню рівня теоретичних знань, отриманих під час вивчення дисциплін «Паливно-мастильні та інші експлуатаційні матеріали» та «Енергоносії» і допомагає в проведенні самостійних досліджень якісних показників нафтопродуктів на основі застосування стандартизованих методик і сучасного обладнання.

РОЗДІЛ 1

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

1.1. ЗМІСТ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Одночасно з вивченням теоретичної частини дисциплін «Паливно-мастильні та інші експлуатаційні матеріали» та «Енергоносії» студенти самостійно виконують цикл лабораторних робіт з визначення показників якості різних видів палив, олив, пластичних мастил і технічних рідин.

Якість виконання лабораторних робіт суттєво залежить від організації робочих місць, правильності відбору проб та їх підготовки до проведення експериментів, дотримання правил техніки безпеки, протипожежних заходів.

У практикумі запропоновано 55 лабораторних робіт з визначення найважливіших якісних показників палив, олив та інших експлуатаційних матеріалів, що нормуються держстандартами і використовуються в інженерній практиці під час експлуатації автотракторної техніки, сільськогосподарських, меліоративних машин та технічного обладнання.

Опис лабораторних робіт ґрунтується на чинних стандартах з випробування паливно-мастильних матеріалів, але їх порядок проведення в деяких випадках скорочено за об'ємом, щоб студенти мали змогу впродовж заняття засвоїти суть роботи, виконати її, отримавши достовірні дані, порівняти їх з показниками, регламентованими технічними умовами або Держстандартом.

З метою економії навчального часу деякі лабораторні роботи рекомендовано виконувати одночасно з іншими, використовуючи технологічні перерви між окремими операціями. Лабораторні роботи, що вимагають великих затрат часу для підготовки приладів, приготування розчинів тощо, частково можуть виконуватись лаборантом або за його допомогою з одержанням результатів випробувань на наступному занятті.

Одночасно з виконанням лабораторних робіт щодо визначення якісних показників студенти повинні наочно ознайомитися зі зразками товарного асортименту різних видів палив, мастильних матеріалів та технічних рідин, вивчити їх марки, різницю за характерними ознаками та галузь застосування.

1.2. ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ І КОНТРОЛЬ ЗА ВИКОНАННЯМ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Студенти зобов'язані завчасно ознайомитися зі змістом лабораторної роботи та порядком її виконання, оскільки основну частину роботи зі складання апаратури і проведення випробувань вони виконують самостійно, але під контролем викладача та лаборанта.

Робоче місце має бути обладнане всім необхідним для виконання роботи. На ньому не повинно бути приладів, зразків та інших предметів, які не використовуються в цій роботі. Під час підготовки реактивів і дослідних зразків необхідно застосовувати чистий посуд, призначений для хімічно активних речовин, проводити їх точне дозування або зважування та якісно відбирати й готувати лабораторні проби. Перед початком досліджень потрібно перевірити правильність монтування лабораторного обладнання.

У процесі виконання досліджень студент має уважно стежити за дотриманням послідовності виконання окремих операцій згідно з методикою і порядком проведення роботи та записувати отримані результати в лабораторному зошиті або журналі.

Завершивши дослідження, студент оформляє звіт, в якому описує лабораторне обладнання та методику виконання роботи. На основі отриманих результатів необхідно самостійно написати висновки і в кінці заняття або на початку наступного подати оформлений звіт викладачу.

Орієнтовна структура звіту лабораторної роботи:

- назва лабораторної роботи;
- мета проведення роботи;
- методика проведення досліджень з відображенням схеми контролю-вимірювальних приладів;
- результати випробувань і аналіз отриманих даних;
- висновки.

1.3. ВІДБІР І ПІДГОТОВКА ПРОБИ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Результати лабораторних досліджень будуть достовірними за умови правильного відбору й підготовки проб палива, олив та інших технічних речовин, оскільки їх густина, фракційний склад, вміст механічних домішок і води неоднакові за висотою резервуара зберігання. Паливо для карбюраторних двигунів у верхніх шарах містить більше легкої фракції, а

концентрація механічних домішок у дизельному паливі збільшується внизу резервуара.

Якщо проба відібрана з одного рівня резервуара, то результати досліджень не об'єктивно характеризують якість нафтопродуктів. Тому проби досліджуваного матеріалу беруть з різних рівнів, що допомагає оцінити середні значення показників.

Проба нафтопродукту може бути: індивідуальною (точковою), що характеризує якість на певному рівні резервуара (каністри, бочки, цистерни); середньою – характеризує середні значення показників якості нафтопродукту в усьому об'ємі резервуара або в декількох тарах; контрольною – становить частину індивідуальної або контрольної проби. Середню пробу отримують змішуючи індивідуальні проби, число яких залежить від об'єму, форми і кількості резервуарів. Ємність проб різних нафтопродуктів регламентується Держстандартом.

Методика і засоби відбору проб рідких і пластичних матеріалів з великої та малої тари різні. Найбільших затрат праці вимагають проби твердого палива і в'язких нафтопродуктів.

Для отримання проби вугілля чи торфу виконують три операції: відбирають початкову пробу, готують лабораторну й аналітичну, яка призначена для досліджень. Початкову пробу відбирають рівномірними порціями з усієї партії палива. Кількість порцій та місце їх відбору для різних видів палива регламентується Держстандартом. Чим більші шматки твердого палива, тим більший об'єм проби. Початкову пробу ретельно перемішують, і її об'єм зменшують методом „квартивання”.

З початкової проби відбирають декілька лабораторних, кожен з яких розташовують у банці з герметичною кришкою. Одну з лабораторних проб залишають як контрольну, інші призначені для досліджень.

Тверде паливо досліджують у подрібненому стані. Тому лабораторну пробу перед подрібненням на порошок підсушують за кімнатної температури або підігрівають до 50–60 °С до повітряно сухого стану. У процесі сушіння визначають втрати вологи. Тривалість підсушування залежить від виду палива і його кількості, зокрема для деревини становить 4...5 год, бурого вугілля – 3...5 год, кам'яного вугілля й антрациту – 1,5...3 год, сланців – 1,5...2 год. Торф підсушують комбіновано, застосовуючи природне і штучне сушіння, кожне впродовж шести годин.

Підсушену й подрібнену пробу палива зменшують за масою та витримують за кімнатної температури впродовж доби. Таку пробу називають аналітичною і застосовують для визначення показників.

Відбір проб рідких нафтопродуктів з резервуарів здійснюють за допомогою спеціального пробовідбірника 1 (рис. 1). Перед відбором проб

перевіряють наявність води на дні резервуара та її рівень, застосовуючи папір з водочутливою пастою.

Пробу з резервуара великого об'єму (діаметром понад 2500 мм) відбирають порціями, починаючи з верхніх шарів на глибині рівній 200 мм або 10 відсотках висоти наливу. Другу порцію відбирають на глибині, рівновіддаленій від поверхні рідини та дна тари або зливної труби, а третю порцію – на 250 мм вище дна чи на 100 мм нижче нижнього краю

зливної труби. Середню пробу отримують зливаючи в один посуд і перемішуючи однакові за об'ємом порції верхнього, середнього та нижнього рівнів у співвідношеннях 1:6:1. Її заливають в банку з герметичною кришкою та етикеткою, на якій вказують назву підприємства-постачальника, марку нафтопродукту, номер проби та резервуара, дату й місце відбору та іншу інформацію, включаючи прізвища і підпис осіб, що відібрали і опечатали пробу.

Під час відбору середньої проби з цистерни діаметром менше ніж 2500 мм порції нафтопродукту відбирають із середини стовпа рідини та на 250 мм вище дна резервуара у співвідношеннях 3:1. З автомобільної цистерни відбирають індивідуальну пробу, яка одночасно є середньою з висоти 1/3 її діаметра.

Для відбору проб з тари малого об'єму (бочки, бідони, каністри, баки машин) застосовують трубку 2 (див. рис. 1) діаметром 10–15 мм, яку споліскують у нафтопродукті та занурюють на всю глибину речовини. Після заповнення трубки щільно закривають отвір і швидко виймають її з тари, після чого зливають пробу в чисту пляшку або банку. Середню пробу готують змішуванням порцій з не менше ніж 5 відсотків бочок досліджуваної партії нафтопродукту. Об'єм проби для контрольного аналізу показників рідкого палива та олив має бути не менше ніж 0,7 л, для повного аналізу – 2 л, для мастил відповідно 0,6 та 1,5 л.

Пробу мастил відбирають за допомогою гвинтоподібних, поршневих або з поздовжнім вирізом 5 пробовідбірників. Перед відкриванням кришок бочки, бідона чи банки їх ретельно очищають від забруднень.

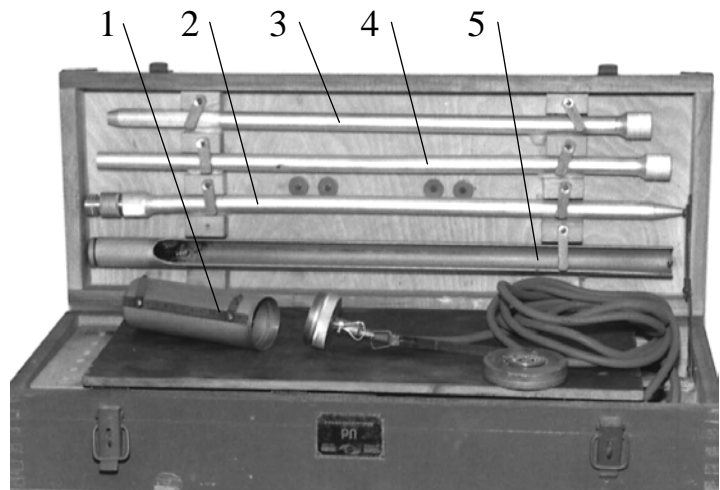


Рис. 1. Комплект пробовідбірників:

1 – для взяття проб рідких палив з великих місткостей; 2 – для взяття проб рідких палив з дрібної тари; 3 – для взяття проб олив; 4 – продовжувач; 5 – для взяття проб пластичних мастил.

Відкривши тару, верхній шар мастила товщиною 25 мм знімають лопаткою і в цьому місці вкручують гвинтовий або втискають циліндричний пробовідбірник на всю товщину мастила.

Для приготування середньої проби мастила з 2 відсотків тари досліджуваної партії відбирають індивідуальні проби, які змішують та зберігають у банках з герметичною кришкою та етикеткою.

Проби газоподібного палива відбирають під різним тиском за допомогою контейнера типу КЖ-3 місткістю 800 см^3 , який призначений для робочого тиску 35 МПа. Також застосовують пробовідбірники на 150, 300 і 500 см^3 для тиску 15 і 40 МПа і сталеві балони малої місткості. Крім газоподібного палива, відбирають проби відпрацьованих газів двигунів чи інших енергетичних засобів для визначення компонентів відпрацьованих газів та контролю за процесом горіння.

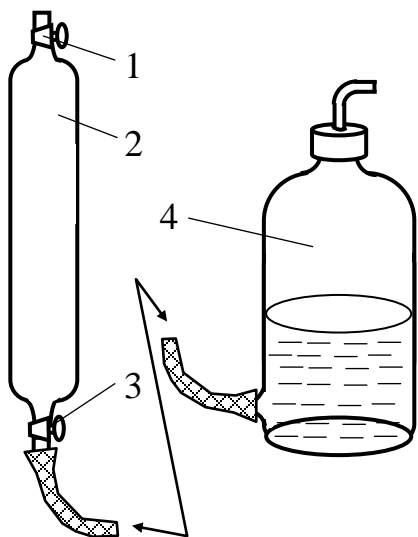


Рис. 2. Газова бюретка:
1 і 3 – крани; 2 – скляна посудина;
4 – склянка з насиченим розчином кухонної солі.

Для визначення густини й теплоти згоряння газоподібного палива пробу відбирають у сталевий пробовідбірник. Визначення в газі вмісту вуглеводнів, водяного пару, вуглекислого газу, азоту, сірководню здійснюють за допомогою проб, що містяться в скляних пробовідбірниках (аспіраторах, бюретках, пляшках). Найзручнішою в користуванні є газова бюретка (рис. 2), що складається зі скляної посудини 2 з двома кранами 1 і 3; посудину з'єднують гумовим шлангом зі склянкою 4, наповненою насиченим розчином хлористого натрію або іншою інертною рідиною. Перед відбором проби газу відкривають крани та опускають бюретку нижче рівня склянки для заповнення її розчином

солі. З'єднавши заповнену бюретку з джерелом досліджуваного газу, витісняють розчин хлористого натрію в склянку, заповнюючи її газом, та закривають крани. Для проведення аналізу бюретку приєднують до газоаналізатора, відкривають крани і, піднімаючи склянку з інертною рідиною, витісняють потрібний об'єм газу.

1.4. ВИДИ ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ

Залежно від призначення лабораторні випробування нафтопродуктів поділяються на приймально-здавальні, контрольні, повні і арбітражні.

Приймально-здавальний аналіз проводять з метою встановлення відповідності марки нафтопродукту, що надійшов і вказаний у супровідних документах. Цей аналіз проводять за зразками, що відібрані з транспортних засобів або перед зливанням із резервуарів. Проведення аналізу потрібно закінчити до початку зливу з резервуарів або до відправлення транспортних засобів.

Контрольний аналіз проводять з метою встановлення початку зміни якості нафтопродуктів під час зберігання або перекачування. Його проводять не рідше одного разу на 6 місяців у процесі довготривалого зберігання бензину, а для дизельного пального і олив – один раз у рік та після зливання нової партії нафтопродукту в резервуар не пізніше 24 год після відвантаження.

Повний аналіз нафтопродуктів в обсязі вимог нормативної документації проводять під час їх сертифікації або за надходження без паспорта якості та в разі надходження з паспортом, дані якого не відповідають вимогам нормативної документації на нафтопродукт, чи результати випробувань контрольного аналізу не відповідають вимогам.

Арбітражному аналізу підлягають зразки нафтопродуктів у разі виникнення розбіжностей в оцінці якості випробувальними лабораторіями відправника і одержувача продукції. Під час арбітражного аналізу можуть визначатися всі показники якості нафтопродуктів відповідно до вимог нормативних документів на них або тільки ті показники, щодо яких виникли розбіжності. Арбітражні аналізи проводять у «нейтральній» лабораторії за погодженням обох сторін. У разі відсутності лабораторії перелічені вище випробування можна проводити в будь-якій лабораторії, що акредитована в установленому порядку.

Відпуск нафтопродуктів із нафтобаз здійснюють тільки за наявності паспорта якості на резервуар. До супровідних документів при відвантаженні нафтопродукту додають паспорт якості, що підтверджує його стандартність.

1.5. ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Виконання робіт у лабораторії паливно-мастильних матеріалів пов'язане з використанням газових пальників, отруйних речовин, вибухо- і вогненебезпечних сполук та скляних приладів і посуду, що характеризуються малою міцністю. Тому, необхідно суворо дотримуватись правил особистої та протипожежної безпеки.

Перед виконанням лабораторних робіт студент повинен добре вивчити методику проведення досліду та правила безпечного виконання усіх

операцій, ознайомитися з розташуванням у лабораторії протипожежного інвентарю та медичної аптечки.

Лаборанти і студенти в лабораторії мають працювати в халатах. Виконання лабораторної роботи у верхньому одязі не допускається. На столах з особистих речей не повинно бути нічого, крім робочих зошитів і обчислювальних засобів. Під час виконання лабораторних робіт студенти повинні перебувати на своїх робочих місцях, не змінюючи їх без дозволу викладача.

Під час застосування речовин, які спричинюють подразнення шкіри рук, необхідно одягати рукавиці з хімічно стійкої гуми. Перед одяганням внутрішню сторону рукавиць припудрюють тальком, а після користування їх промивають водою, сушать і осипають тальком зі всіх сторін.

У разі можливого розбризкування хімічно активних речовин (розбавлення кислот, розчинення лугів) необхідно одягати захисні окуляри. У разі потрапляння на незахищену шкіру кислоти або лугу необхідно відразу це місце промити великою кількістю води.

Роботи, які пов'язані з виділенням отруйної пари, потрібно проводити тільки у витяжних шафах. Мінеральні кислоти, луги, розчинники та інші токсичні речовини мають зберігатися в герметично закритій тарі, доступ до якої має тільки викладач або лаборант.

За використання скляного посуду і нагрівальних приладів треба поводитись обережно. Особливо уважно належить поводитись з нагрітими нафтопродуктами, оскільки температура їх може перевищувати 200 °С, а за зовнішніми ознаками цього не видно. Нагріті фарфорові або металеві тиглі беруть спеціальними щипцями, а пробірки – тримачами.

Отримавши опіки, обпечене місце необхідно негайно протерти ватою, змоченою в розчині марганцевокислого калію або етилового спирту.

Під час роботи з твердими лугами (KOH, NaOH) не можна брати кушочки руками і допускати їх потрапляння на шкіру чи одяг. Лугні розчини потрібно готувати у фарфоровому або пластмасовому посуді, оскільки під час їх розчинення виділяється велика кількість тепла і скляний посуд може тріснути.

Розбавляючи кислоти, особливо концентровані, слід обов'язково лити їх у воду поступово, невеликими порціями. Лити воду в кислоту недопустимо, оскільки при цьому відбувається миттєва реакція з виділенням великої кількості теплоти, вода може закипіти і розчин розбризкається.

Особливу обережність треба проявляти під час роботи з етилованим бензином. Високоотруйними речовинами також є етиленгліколь і всі матеріали, які його містять (антифриз, гальмівна рідина). Тому під час роботи з рідинами на етиленгліколевій основі слід остерігатися потрап-

ляння їх в шлунковий тракт і на слизові оболонки очей, губ та ін. Після проведення робіт треба обличчя і руки помити теплою водою з милом.

На робочому місці повинна бути така кількість нафтопродуктів і тільки те обладнання, що необхідні для виконання роботи.

Для надання першої допомоги в лабораторії в доступному місці повинна знаходитись медична аптечка з необхідними засобами першої допомоги.

В лабораторії для випробування паливно-мастильних матеріалів слід приділяти значну увагу і дотримуватись правил протипожежної безпеки. Лабораторія має бути обладнана протипожежним інвентарем та засобами пожежогасіння, що розташовуються в легкодоступних місцях. Перед початком занять за допомогою витяжної вентиляції потрібно провітрити приміщення.

Легкозайmistі та горючі рідини забороняється зберігати поблизу пальників та інших нагрівальних приладів. Під час виконання робіт, пов'язаних з нагріванням легкозайmistих рідин, не можна залишати прилади без нагляду, навіть на короткий час. Потрібно постійно стежити за справністю елементів газової нагрівної системи, не допускаючи втрат газу через нещільності.

Уся електропроводка в лабораторії має бути закритою, а електронагрівники та інші електроприлади заземлені. Не дозволяється застосовувати тимчасову електропроводку або продовжувачі, які не відповідають вимогам електробезпеки. Легкозайmistі нафтопродукти нагрівають електронагрівними пристроями закритого типу на пісковій або водяній бані. Не дозволяється нагрівати посуд із нафтопродуктами над газовим пальником без азбестової прокладки або сітки.

Після завершення досліджень потрібно прибрати робоче місце, вимкнути електроприлади, закрити крани води і газу. Залишки зразків нафтопродуктів і розчинників забороняється виливати в раковини. Для їх зберігання використовують спеціальну тару.

Ганчірки, інші матеріали для очищення приладів, забруднені нафтопродуктами, повинні зберігатись у закритих металевих ящиках.

У разі виникнення пожежі, при появі диму або полум'я слід негайно прибрати не охоплені полум'ям нафтопродукти, вимкнути нагрівальні прилади і проточно-витяжну вентиляцію та вжити заходів з евакуації людей і гасіння пожежі усіма вступними засобами.

РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ РІДКИХ ПАЛИВ

РОБОТА № 1. ВИЗНАЧЕННЯ ГУСТИНИ НАФТОПРОДУКТІВ ТА НАЯВНОСТІ В НИХ МЕХАНІЧНИХ ДОМШОК І ВОДИ

Загальні відомості. Розрізняють абсолютну і відносну густину речовин.

Абсолютна густина – це маса речовини, що міститься в одиниці об'єму, і в системі СІ має розмірність кг/м^3 . За одиницю густини приймають масу 1 м^3 дистильованої води за температури $4 \text{ }^\circ\text{C}$.

Відносна густина речовини – це безрозмірна величина, що визначається як відношення маси досліджуваної речовини до маси дистильованої води за температури $4 \text{ }^\circ\text{C}$ і однакового об'єму.

Вимірювати густину нафтопродуктів можна при різній температурі, але у зв'язку з різними коефіцієнтами розширення речовин для проведення порівняльного аналізу потрібно звести отримані значення до стандартних умов ($15 \text{ }^\circ\text{C}$) за формулою, запропонованою Д. І. Менделєєвим:

$$\rho_4^{15} = \rho_4^t + \alpha(t - 15), \quad (1)$$

де ρ_4^{15} , ρ_4^t – відповідно відносна густина речовини при $15 \text{ }^\circ\text{C}$ і температурі вимірювання t ; α – температурна поправка на $1 \text{ }^\circ\text{C}$ (табл. 1).

Таблиця 1. Середні температурні поправки густини для нафтопродуктів

Відносна густина	Температурна поправка α на $1 \text{ }^\circ\text{C}$	Відносна густина	Температурна поправка α на $1 \text{ }^\circ\text{C}$
0,7000...0,7099	0,000897	0,8500...0,8599	0,000699
0,7100...0,7199	0,000884	0,8600...0,8699	0,000686
0,7200...0,7299	0,000870	0,8700...0,8799	0,000673
0,7300...0,7399	0,000857	0,8800...0,8899	0,000660
0,7400...0,7499	0,000844	0,8900...0,8999	0,000645
0,7500...0,7599	0,000831	0,9000...0,9099	0,000633
0,7600...0,7699	0,000818	0,9100...0,9199	0,000620
0,7700...0,7799	0,000805	0,9200...0,9299	0,000607
0,7800...0,7899	0,000792	0,9300...0,9399	0,000594
0,7900...0,7999	0,000778	0,9400...0,9499	0,000581
0,8000...0,8099	0,000765	0,9500...0,9599	0,000567
0,8100...0,8199	0,000752	0,9600...0,9699	0,000554
0,8200...0,8299	0,000738	0,9700...0,9799	0,000541
0,8300...0,8399	0,000725	0,9800...0,9899	0,000528
0,8400...0,8499	0,000712	0,9900...0,9999	0,000515

Згідно з ДСТУ 7687: 2015 густина автомобільних бензинів при температурі 15 °С змінюється в межах 720...775 кг/м³, а дизельного палива за ДСТУ 7688: 2015 відповідно 800...845 кг/м³. Цей показник необхідно визначати для обліку витрат і нормування нафтопродуктів у господарствах, оскільки отримують їх згідно з документами в одиницях маси, а під час заправок видають в об'ємних одиницях. Також густину нафтопродукту застосовують у конструктивних розрахунках дозувальних пристроїв систем живлення. Масу M нафтопродукту, що зберігається в нафтосховищі, визначають з виразу

$$M = V \cdot \rho^t, \quad (2)$$

де V – об'єм речовини (визначають за допомогою градуйованих метрштоків, лінійок тощо).

Для визначення густини використовують нафтоденсиметри (аерометри) з діапазонами вимірювання в межах 0,69...1,0 г/см³. Також можуть застосовувати пікнометри та гідростатичні терези. Нафтоденсиметром рекомендують вимірювати густину нафтопродуктів, в'язкість яких при 50 °С не перевищує 200 мм²/с. Більш в'язкі речовини необхідно розводити в певній об'ємній пропорції розчинником, густина якого відома.

Розраховують густину в'язкого нафтопродукту, який розводять розчинником, наприклад у пропорції 1:1, за формулою

$$\rho^{15} = 2\rho_{см}^{15} - \rho_{рч}^{15}, \quad (3)$$

де $\rho_{см}^{15}$, $\rho_{рч}^{15}$ – відповідно густини суміші та розчинника.

На ринку України представлені портативні цифрові засоби контролю густини нафтопродуктів типу DM 230.1A, DM 230.2A, DENDI, DENDI 2. Вказані засоби дають змогу за лічені секунди визначити густину рідких та в'язких нафтопродуктів і, в разі необхідності, передати інформацію на комп'ютер. Точність вимірювання таких приладів $\pm 0,0005$ г/см³. Перші два прилади дозволяють визначити густину безпосередньо в резервуарах з глибиною занурення датчика до 30 м, для двох інших необхідний забір проби об'ємом 50 мл.

Речовини з кристалічною будовою, що містяться в паливах та інших нафтопродуктах у вигляді осаду або перебувають у завислому стані й затримуються фільтром, прийнято вважати механічними домішками, вміст яких визначають якісним і кількісним методами.

Механічні домішки можуть потрапляти в нафтопродукти з атмосфери або утворюватися в результаті окиснювальних процесів і спрацювання деталей; їх наявність зумовлює забруднення фільтрів і окремих елементів систем двигуна, абразивне спрацювання деталей, збільшення статичного електризування. Вміст механічних домішок у рідких паливах недопустимий.

Методика виконання роботи. Перед початком досліду нафтопродукт і вимірювальне обладнання (рис. 3) витримують за температури навколишнього середовища впродовж 15...20 хв.

Мірний циліндр 1 діаметром 80 мм і об'ємом 250–300 мл встановлюють на підставку і заливають у нього досліджуваній нафтопродукт. Обережно занурюють у рідину нафтоденсиметр 4, тримаючи його за верхню частину, до дна циліндра або на довжину всієї шкали. Після занурення нафтоденсиметра його відпускають і чекають, поки він зрівноважиться. Діапазон вимірювання приладу повинен бути таким, щоб рівень нафтопродукту після стабілізації розташовувався поблизу середини шкали.

Під час визначення густини спостерігачеві слід розташуватись так, щоб очі перебували на рівні лінії спостереження 3, а значення густини реєструють за верхнім краєм меніска 2; одночасно вимірюють температуру нафтопродукту. Знаючи густину ρ^t при температурі вимірювання, визначають густину при температурі 15 °С за формулою (1).

Дослід повторюють тричі; розбіжність замірів не повинна перевищувати точності шкали нафтоденсиметра.

Відібрану пробу палива ретельно перемішують і переливають у чистий циліндр з безбарвного скла. Через 1...2 хв, коли бульбашки захопленого паливом повітря піднімуться на поверхню, розглядають досліджуваній матеріал на світлі. Паливо повинно бути прозорим і без частинок, які в речовині перебувають у завислому стані або випали на дно посуду, і без крапель води.

Якісну оцінку чистоти моторних та трансмісійних оливо проводять візуально так, як і палива. В'язкі оливи перед проведенням аналізу розводять очищеним бензином у співвідношенні 1:4; суміш повинна відстоятися впродовж 5...10 хв. Для полегшення спостереження вмісту циліндра надають обертового руху; механічні домішки осідають у центрі дна.

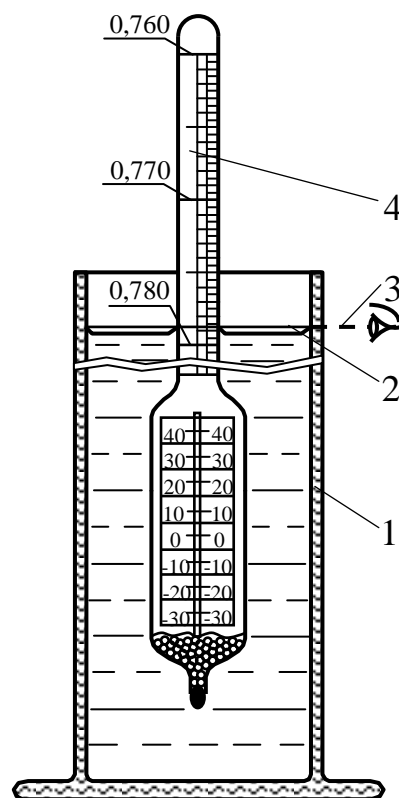


Рис. 3. Схема обладнання для визначення густини нафтопродуктів:

1 – скляний циліндр; 2 – меніск; 3 – рівень спостереження; 4 – нафтоденсиметр.

Робота № 2. ВИЗНАЧЕННЯ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА АВТОМОБІЛЬНОГО БЕНЗИНУ

Загальні відомості. Швидкість поширення полум'я під час нормального згорання палива становить приблизно 25...35 м/с. Інколи, за певних обставин, згорання може перейти у вибухове, детонаційне, за якого полум'я розповсюджується зі швидкістю 1500...2500 м/с. Тоді утворюються детонаційні хвилі, які багаторазово відбиваються від стінок циліндра.

Зовнішніми ознаками детонації є різкі дзвінки металеві стуки у двигуні, вібрація двигуна, періодично спостерігаються чорний дим або іскри у відпрацьованих газах. Від перегріву інтенсивно спрацьовуються деталі двигуна, з'являються тріщини, вигорають поршні і клапани.

Детонаційне згорання викликають продукти окиснення вуглеводнів – перекисні з'єднання, які являють собою нестійкі сполуки, що розкладаються і володіють великою надлишковою енергією. Чим вища температура, тим більша інтенсивність окиснення вуглеводнів.

У бензинових двигунах тиск у кінці такту стиску становить 1,0...1,7 МПа, температура – 330...340 °С. Такі умови є сприятливими для швидкого окиснення вуглеводнів, особливо після запалення робочої суміші. У процесі її згорання температура й тиск у неспаленій частині робочої суміші значно підвищуються, що сприяє утворенню великої кількості перекисних сполук.

Найбільше піддаються високій температурі й тиску останні порції незгорілої робочої суміші, тому в них утворюється багато перекисів і створюються сприятливі умови для детонаційного згорання. Проте якщо до складу бензину входять вуглеводні, що не утворюють у цих умовах великої кількості перекисів, то їх концентрація не досягає критичних значень і згорання закінчується нормально, а не то відбувається вибуховий розпад. Згорання робочої суміші відбувається з великою швидкістю і різким ростом тиску, виникає ударна хвиля, яка переміщується по камері з надзвуковою швидкістю. Ударна хвиля стимулює запалювання сусідніх шарів робочої суміші, швидкість згорання суміші стає рівною швидкості поширення ударної хвилі і становить 1500...2500 м/с.

На виникнення та інтенсивність детонації впливають конструктивні та експлуатаційні чинники. До конструктивних чинників належать: ступінь стиску, діаметр циліндрів та матеріал, з якого виготовлені деталі циліндро-поршневої групи, форма камери згорання, місце розташування свічок тощо.

До експлуатаційних чинників належать: кут випередження запалювання, частота обертання колінчастого вала, температура і вологість по-

вітря, склад пальної суміші, якість відкладень на поршневій групі, температура охолоджувальної рідини тощо.

Чим вищий *ступінь стиску*, тим вища температура в циліндрах двигуна і сприятливіші умови для виникнення детонації і тим вищі вимоги ставляться до бензину. Збільшення ступеня стиску на одиницю вимагає підвищення октанового числа на 4...9 одиниць.

Камера згоряння має бути компактною форми, в якій відсутні місця перегріву. Зі збільшенням *діаметра (об'єму) циліндрів* збільшується ймовірність виникнення детонації, оскільки збільшується шлях поширення фронту полум'я та більша тривалість перебування останніх порцій робочої суміші в циліндрі.

Збільшення числа *свічок* та їхнє правильне розташування зменшують довжину шляху фронту полум'я до найбільш віддалених точок циліндра, а це значно зменшує ймовірність виникнення детонації.

Алюмінієві *головки циліндрів* краще відводять тепло, ніж чавунні, тому температура робочої суміші і детонація у них менші.

Зі зменшенням *кута випередження запалювання* детонація зменшується, оскільки на розвиток процесу детонації припадає менший час.

Зі збільшенням *частоти обертання* колінчастого вала двигуна детонація зменшується через зменшення часу на процес згоряння і утворення нестійких продуктів згоряння.

За недбалого технічного обслуговування у водяній сорочці двигуна утворюється *накип*. Його низька теплопровідність зумовлює підвищення температури циліндро-поршневої групи і робочої суміші, що призводить до збільшення детонації. Підвищення *вологості* навколишнього повітря призводить до зменшення детонації.

Відкладення на днищі поршня збільшують ступінь стиску двигуна і схильність палива до детонації. Утворення нагару в зоні поршневих кілець підвищує температуру поршня і детонацію.

Максимальна детонація спостерігається при роботі на стехіометричній *суміші*, для якої коефіцієнт надлишку повітря дорівнює одиниці.

Октанове число (ОЧ) слугує показником детонаційної стійкості бензинів. ОЧ залежить від вуглеводневого і фракційного складу палива. У загальному випадку детонаційна стійкість вуглеводнів зростає в ряду: н-парафінові – нафтеніві – ненасичені – ароматичні. Залежно від технології переробки нафти окремі фракції мають різну детонаційну стійкість. Найбільшу чутливість мають бензини каталітичного риформінгу, які містять велику кількість ароматичних вуглеводнів, середню – бензини термічного крекінгу і коксування, найменшу – бензини прямої перегонки, які містять значну кількість парафінових вуглеводнів.

Підвищення детонаційної стійкості бензинів досягають завдяки застосуванню сучасних технологій одержання палива, добавлянню до 40 % високооктанових компонентів (ізооктан, толуол, алкілбензин) та введенню антидетонаторів – хімічних сполук, здатних значно підвищувати ОЧ. До найефективніших антидетонаторів належать кисневмісні сполуки (метил-трет-бутиловий ефір).

Методика виконання роботи. Октанове число найчастіше визначають двома методами: моторним (ДСТУ ISO 5163) і дослідним (ДСТУ ISO 5164). Обидва методи полягають у порівнянні детонаційної стійкості досліджуваного й еталонного палива. У такий спосіб визначають стійкість автомобільних бензинів і їх компонентів з октановими числами до 110 одиниць.

Інтенсивність детонації досліджуваного бензину регулюють зміною ступеня стиску одноциліндрової установки.

У марках бензинів вказують мінімально допустиме значення октанового числа, визначеного моторним методом.

Еталонним паливом слугують ізооктан, нормальний гептан та ізооктан із різним вмістом толуолу (метилбензолу). Детонаційну стійкість ізооктану приймають рівною 100 одиницям, нормального гептану – 0. Добавляючи до ізооктану толуол, отримують еталонні суміші з октановими числами до 110 одиниць. Є сертифіковані стандартні зразки палива SRM IRMM-442 та NIST SRM 1816a.

Октанове число, рівне 100 і менше, означає об'ємний вміст ізооктану в суміші з нормальним гептаном, яка за інтенсивністю детонації рівноцінна досліджуваному паливу при стандартних умовах випробування.

Моторний метод визначення октанового числа. У цьому випадку використовують одноциліндрову установку типу CFR F-1 або аналогічну УИТ-85М зі змінним ступенем стиску (рис. 4). Інтенсивність детонації заміряють і реєструють детонометром ДП-60 або ДП-77.

Контрольним паливом слугують суміші толуолу, ізооктану і нормального гептану. З ізооктану і нормального гептану готують еталонні проміжні суміші, з яких, додаючи еталонний ізооктан, отримують суміші з октановим числом від 40 до 100.

Перед випробуваннями, згідно з інструкцією, регулюють і налагоджують електронний детонометр на стандартну інтенсивність детонації, перевіряють установку за сертифікованим паливом.

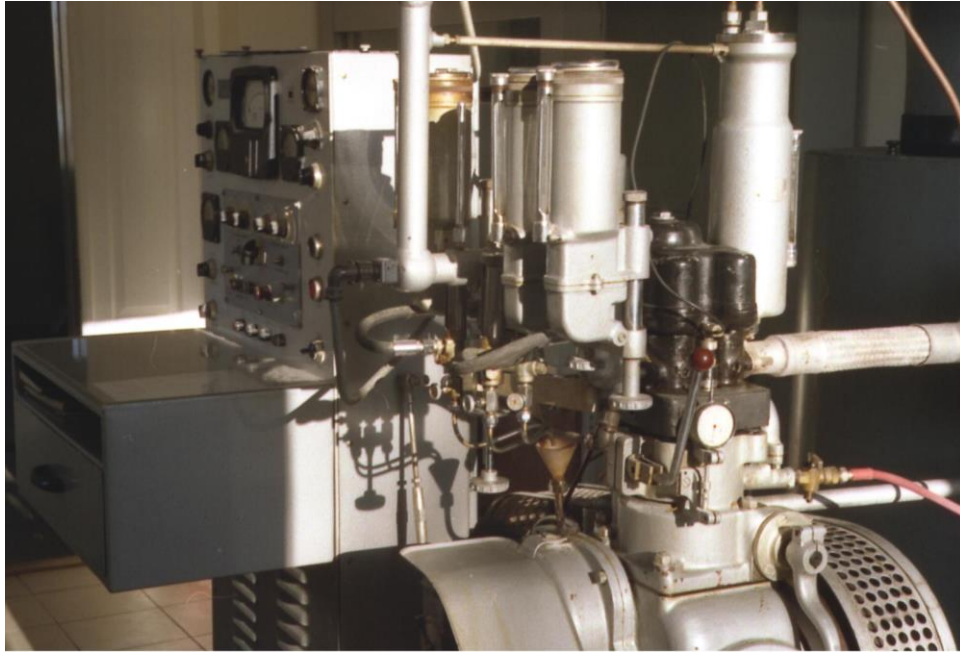


Рис. 4. Одноциліндрова установка УИТ-85М для визначення октанового числа бензину.

Під час визначення октанових чисел за моторним методом дотримуються встановлених вимог (табл. 2).

Таблиця 2. Режим роботи двигуна під час визначення октанового числа за моторним та дослідним методами

Показник	Значення	
	моторний метод	дослідний метод
Частота обертання колінчастого вала двигуна, s^{-1} , (об./хв)	$15 \pm 0,15$ (900 ± 9)	$10 \pm 0,1$ (600 ± 6)
Тиск оливи, Па ($кгс/см^2$)	$(1,96 \pm 0,3) 10^5$ ($1,96 \pm 0,3$)	
Температура, $^{\circ}C$:		
оливи	60 ± 10	60 ± 10
охолоджувальної рідини	100 ± 2	100 ± 2
повітря, що надходить у карбюратор	50 ± 5	52 ± 5
паливоповітряної суміші	149 ± 1	149 ± 1
Кут випередження запалювання, $^{\circ}п.к.в.$	змінний: 26° до ВМТ при $\epsilon=5$; 19° до ВМТ при $\epsilon=7$	постійний 13° до ВМТ
Абсолютна вологість повітря, яке надходить у двигун, г води на 1 кг сухого повітря	від 3,5 до 7	
Склад пальної суміші	відповідає найбільшій детонації	

Суть методу полягає в такому. Запускають двигун, регулюють склад паливоповітряної суміші на максимальну інтенсивність детонації, а ступінь стиску – для отримання стандартної інтенсивності детонації на досліджуваному паливі; порівнюють досліджуване паливо з еталонними сумішами.

Спочатку перевіряють наявність охолоджувальної рідини в системі охолодження, зазори в клапанному механізмі, переривнику, свічці запалювання. Підігрівають оливу в картері двигуна до 50...60 °С і вмикають детонометр. Подають воду у змішувач конденсатора і випускний ресивер. Заправляють бачок паливом і встановлюють ступінь стиску, за якого відсутня детонація. Вмикають електродвигун, запалювання, підігрівники повітря і паливоповітряної суміші і подачу палива з бачка карбюратора. Запускають двигун, підігрівають його впродовж 20...25 хв і далі встановлюють стандартний режим досліджень.

Для усталеного робочого режиму на досліджуваному бензині регулюють склад паливоповітряної суміші на максимальну інтенсивність детонації. Для цього встановлюють ступінь стиску таким, щоб інтенсивність детонації була нижчою від стандартної (40...45 поділок за показником детонації). Записують рівень палива по мірному склу. Далі збагачують суміш, підвищуючи рівень палива через інтервали, кратні одній поділці, і для кожного положення рівня реєструють інтенсивність детонації. Такі дії проводять доти, доки покази показчика детонації не зменшаться на три-чотири поділки порівняно з найбільшим значенням.

Далі встановлюють рівень палива через мірне скло карбюратора в положення, яке відповідає максимальним показам показчика детонації. Після цього знижують рівень палива через інтервал в одну поділку доти, доки покази показчика детонації не зменшаться на три-чотири поділки. Рівень палива залишають на поділці, за якої була максимальна детонація, або між поділками, за яких спостерігалась детонація однакової інтенсивності. Знайдене таким чином положення рівня палива відповідає регулюванню складу суміші на максимальну інтенсивність детонації.

Встановивши рівень досліджуваного палива на максимальну інтенсивність детонації, зміною ступеня стиску доводять покази показчика детонації до 55 поділок. Отриманий ступінь стиску залишають незмінним упродовж усіх наступних досліджень.

Порівняння досліджуваного бензину з еталонними сумішами полягає у підборі двох сумішей, що відрізняються між собою не більше ніж на дві октанові одиниці, причому одна з них детонує сильніше, а друга слабше, ніж взірець досліджуваного бензину. Орієнтовно оцінюють детонаційну стійкість досліджуваного бензину за показами індикатора ступеня стиску.

Другий бачок наповнюють еталонною сумішшю з октановим числом, наближеним до передбачуваного октанового числа досліджуваного бензину, і переводять роботу двигуна на цій суміші. Далі регулюють склад паливоповітряної суміші на максимальну інтенсивність детонації і з'ясовують – детонує ця суміш сильніше чи слабше, ніж досліджуваний бензин. З урахуванням отриманих результатів, у третій бачок карбюратора заливають еталонну суміш з більшим або меншим октановим числом. Пізніше перемикають кран карбюратора на цей бачок, регулюють склад паливоповітряної суміші на максимальну інтенсивність детонації і фіксують покази показчика детонації.

Якщо покази показчика детонації під час роботи на досліджуваному бензині знаходяться між показами еталонних сумішей, вираховують наближене значення октанового числа досліджуваного бензину за отриманими показами показчика детонації.

Послідовно застосовуючи три бачка карбюратора, відрегульованих на максимальну ступінь детонації, повторно знімають другу серію показів.

Число показів показчика детонації має бути таким: два на досліджуваному бензині і два на кожному еталонному паливі, якщо різниця оцінок, отриманих на першій і другій серіях показів, не перевищує 0,3 октанової одиниці і середні покази показчика детонації досліджуваного бензину становлять (55 ± 3) поділок; три на досліджуваному бензині і три на кожному еталонному паливі, якщо різниця оцінок відповідно не перевищує 0,5 октанової одиниці, а оцінка, отримана з третьої серії показів, знаходиться між оцінками першої і другої серій і середнє арифметичне значення показів досліджуваного бензину лежать у межах (55 ± 3) поділки.

Визначення октанового числа дослідним методом. Під час визначення октанового числа дослідним методом використовують ту ж одноциліндрову установку, що й моторним. Проте режим дослідного методу «м'якший» порівняно з моторним (табл. 2), у результаті чого октанове число тих самих бензинів отримується на чотири-дев'ять одиниць більшим.

Визначення октанового числа за дослідним методом здійснюють в аналогічній послідовності, що й під час визначення октанового числа за моторним методом.

Обробка результатів. Визначають середнє арифметичне значення показів показчика детонації на досліджуваному бензині і двох еталонних сумішах.

Октанове число A досліджуваного бензину визначають методом інтерполяції за формулою

$$A = A_1 + (A_2 - A_1) \frac{a_1 - a}{a_1 - a_2}, \quad (4)$$

де A_1 і A_2 – відсотковий (за об'ємом) вміст ізооктану в еталонній суміші, що детонує сильніше і слабше від досліджуваного бензину, % об'єму; a – середнє арифметичне показів показчика детонації для досліджуваного бензину; a_1 , a_2 – середнє арифметичне показів показчика детонації для еталонних сумішей.



Рис. 5. Октанометр SX-100M

Для наближеного визначення ОЧ у комерційних цілях використовують портативні засоби СВП (рис. 5), ОКМ-2 (октанометр – 10454-00014) та інші. Прилади дають змогу замірювати моторне і дослідницьке ОЧ бензинів у діапазоні 65...100 одиниць. Принцип визначення октанового числа полягає в порівняльному аналізі вимірюваних параметрів досліджуваного бензину та інтегральних параметрів еталонних бензинів, які зберігаються в пам'яті мікропроцесора. Октанометри зручні в експлуатації: оператору достатньо увімкнути прилад, заповнити датчик паливом

і, переключавши кнопку вимірювання, отримати на рідиннокристалічному дисплеї результати аналізу.

Робота № 3. ВИЗНАЧЕННЯ ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ АВТОМОБІЛЬНОГО БЕНЗИНУ ТА ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО

Загальні відомості. Рідке паливо складається із суміші вуглеводнів, які мають різні температури википання, тому процес кипіння, наприклад, у автомобільних бензинів, відбувається в діапазоні від 30 до 210 °С.

Фракційний склад і тиск насичених парів палива характеризують його випаровуваність та істотно впливають на якість сумішоутворення з повітрям. Фракційний склад палива оцінюють за залежністю між кількісним вмістом фракцій палива (у відсотках до об'єму) і температурою, при якій вони переганяються (рис. 6). Розрізняють легку (пускову), робочу та важку (кінцеву) фракції.

Пускова фракція характеризується значеннями температур початку перегонки (t_{III}) та перегонки 10% ($t_{10\%}$) бензину.

Випаровуваність бензину також залежить від температури навколишнього середовища. Встановлена емпірична залежність мінімальної температури повітря t_{\min} , при якій ще можливий запуск двигуна, від температур початку перегонки і википання 10 % палива:

$$t_{\min} = 0,5t_{10\%} + \frac{t_{n.n.} - 50}{3} - 50,5.$$

Температура початку перегонки, яка для всіх марок автомобільних бензинів має бути не нижче 30 °С (у зимовий період не нормується), вказує на необхідність обмеження наявності легкокиплячих вуглеводнів, тому що значно зростають втрати палива під час транспортування і зберігання. За умов зменшення температури початку перегонки в системі живлення двигуна утворюються пари бензину, які у 15...20 разів займають більший об'єм, ніж рідке паливо, що порушує процес дозування в інжекторній системі. Утворення «пароповітряних пробок» у паливопроводах погіршує роботу бензонасоса.

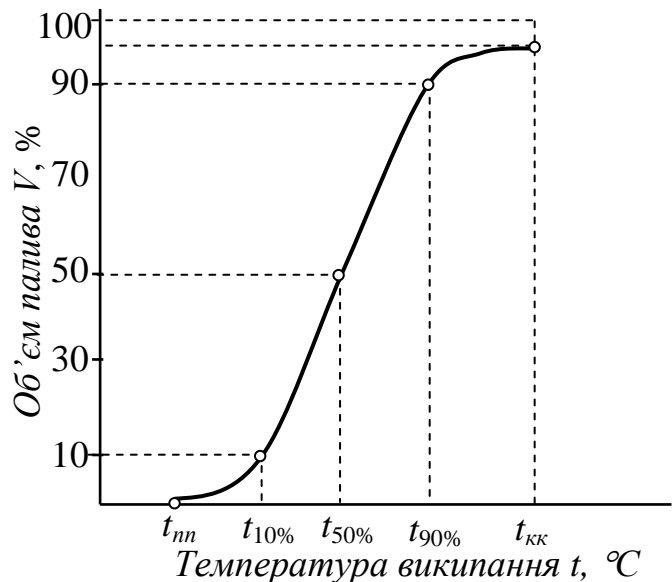


Рис. 6. Крива перегонки бензину.

Об'ємна частка випаровування бензину за температури 70 °С повинна бути в межах від 20 до 52 %. Чим більше відсотків палива буде перегнано, тим легше й швидше можна запустити двигун, завдяки надходженню у циліндр більшої кількості парів бензину. Подальше збільшення кількості перегнаного палива за цієї температури викликає на прогрітому двигуні, особливо в спеку, значне зменшення подачі кількості бензину за масою, необхідною для забезпечення оптимальної потужності. Якщо за температури 70°С випарується менше ніж 20 % бензину, то ускладнюється пуск холодного двигуна і розріджується або навіть змивається захисна плівка моторної оливи, тому що основна кількість палива подається в циліндр у рідкому стані.

Робочу фракцію утворюють вуглеводні, що википають від 10 до 90 % об'єму палива. Об'ємна частка випаровування бензину за температури 100 °С повинна бути в межах від 46 до 52 %, а за температури 150 °С не менше 75 %. Ці показники впливає на якість утворення робочої суміші та швидкість прогрівання двигуна, його прийомистість (інтенсивність

розгону автомобіля під час повного завантаження після різкого відкриття дросельної заслінки) і стійкість роботи на малій частоті обертання колінчастого вала.

Температурою завершення перегонки (t_{kk}) і кількістю залишку в колбі оцінюють наявність і властивість *важких (кінцевих) фракцій*, які впливають на інтенсивність та повноту згоряння робочої суміші. Чим менший інтервал температур між $t_{90\%}$ і t_{kk} , тим якість палива вища. Використання бензину з температурою $t_{90\%}$ понад $190\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $t_{kk} - 210\text{ }^{\circ}\text{C}$ прискорює спрацювання деталей циліндро-поршневої групи внаслідок розрідження і змивання оливи, сприяє утворенню нагару і «заляганню» поршневих кілець. Для того щоб двигун розвивав максимальну потужність, а питома витрата палива, інтенсивність спрацювання деталей циліндро-поршневої групи, нагароутворення були мінімальними, щоб не підгоряли клапани і не виходили з ладу пристрої для випуску відпрацьованих газів та продукти згоряння не забруднювали довілля, необхідно, щоб $t_{90\%}$ і t_{kk} були якомога нижчими, а залишок у колбі не перевищував 2 %.

Для зменшення кількості шкідливих викидів у довілля застосовують реформульований бензин – бензин зі зменшеним вмістом парафінових і ароматичних вуглеводнів, бензолу, сірки, зниженим до 49,0 кПа тиском насичених парів, температурами википання 50 і 90 % палива відповідно 91 і 143 $^{\circ}\text{C}$ та залученими кисневмісними сполуками. Подальше зниження температур википання 50 і 90 % палива зумовлює зменшення коефіцієнта наповнення і потужності двигуна, а їх надмірне зростання погіршує стійкість роботи на режимі холостого ходу і прийомистість, завдяки неповному випаровуванню робочої фракції бензину.

Паливо для дизельних двигунів поділяють на дві фракції, що характеризуються температурами початку кипіння (180...190 $^{\circ}\text{C}$) та википання його 50 та 96 % об'єму. За температурою перегонки 50 % дизельного пального, яка не повинна перевищувати 280 $^{\circ}\text{C}$, можна оцінювати пускові якості, а за $t_{96\%}$ (не більше ніж 370 $^{\circ}\text{C}$) – наявність важких фракцій, які погіршують сумішоутворення і повноту згоряння, підвищують димність і утворення нагару. Надмірне полегшення чи обваження фракційного складу дизельного пального негативно впливає на роботу двигуна. Зменшення характерних температур перегонки призводить до зниження цетанового числа і збільшення жорсткості роботи двигуна, зростання спрацювання паливної апаратури. Збільшення температур перегонки погіршує сумішоутворення та пускові властивості, посилює нагароутворення і закоксування форсунок і, як наслідок, зменшує термін служби двигуна. Згідно з ДСТУ 7688:2015 (метод випробування ДСТУ ISO 3924) фракційний склад дизельного пального оцінюють за такими пара-

метрами: за температури 250 °С випаровується не більше ніж 65 % об'єму; за температури 350 °С випаровується не менше ніж 85 % об'єму; 95 % об'єму переганяється за температури, що не перевищує 360 °С.

Для визначення згідно з EN ISO 3405 фракційного складу нафтопродуктів використовують різноманітне обладнання: апарати АРНС-1Э, АРНС-1, АРНС-1М, АРНС-10, АРНП-2, АРНПС-2. У лабораторних умовах найчастіше використовують апарат для перегонки нафтопродуктів (рис. 7, а).

Методика виконання роботи. Відібрану порцію палива для визначення фракційного складу обезводнюють. Для цього рідке паливо збовтують упродовж 10...15 хв з прожареним і подрібненим сульфатом натрію чи зернистим хлористим кальцієм; після відстоювання паливо фільтрують. У процесі підготовки проби палива її температура не повинна перевищувати 18 °С.

Сухим та чистим мірним циліндром відмірюють 100 мл досліджуваного палива і заливають його в колбу 3 (див.рис. 7, а), попередньо промиту очищеним бензином і просушену повітрям та доведену до температури 13...18 °С. Рідина під час заливання в колбу не повинна потрапити в паровідвідну трубку. Кидають у колбу один-два шмвточки пемзи для забезпечення рівномірного кипіння та закривають шийку добре притертим корком 5 з термометром 4. Вісь термометра має збігатися з віссю горловини колби, а розширення капіляра термометра бути на рівні внутрішньої нижньої стінки паровідвідної трубки. Колбу з паливом і термометром встановлюють вертикально на азбестову прокладку штатива 1 і з'єднують паровідвідну трубку з корком-штуцером 5 холодильника 6, який заповнюють водою до повного занурення трубки. Паровідвідна трубка повинна входити в трубку холодильника на 25...50 мм не торкаючись стінок.

Мірний циліндр, яким відміряли порцію палива, ставлять під відповідну трубку холодильника таким чином, щоб вона входила в циліндр не менше ніж на 25 мм, але не нижче позначки 100 см³.

Під час перегонки бензину мірний циліндр розташовують у водяній бані з температурою 0...1 °С, так щоб рівень води сягав позначки 100 см³.

Дно колби 3 нагрівають газовим пальником 2 або регульованим електричним нагрівником з інтенсивністю полум'я, яке забезпечує початок перегонки (падіння першої краплі) не швидше 5 хв і не пізніше 10 хв після початку нагріву. Записують температуру початку перегонки і, регулюючи нагрівник, встановлюють швидкість перегонки 4...5 мл/хв. Мірний циліндр встановлюють так, щоб рідина стікала по стінці посудини.

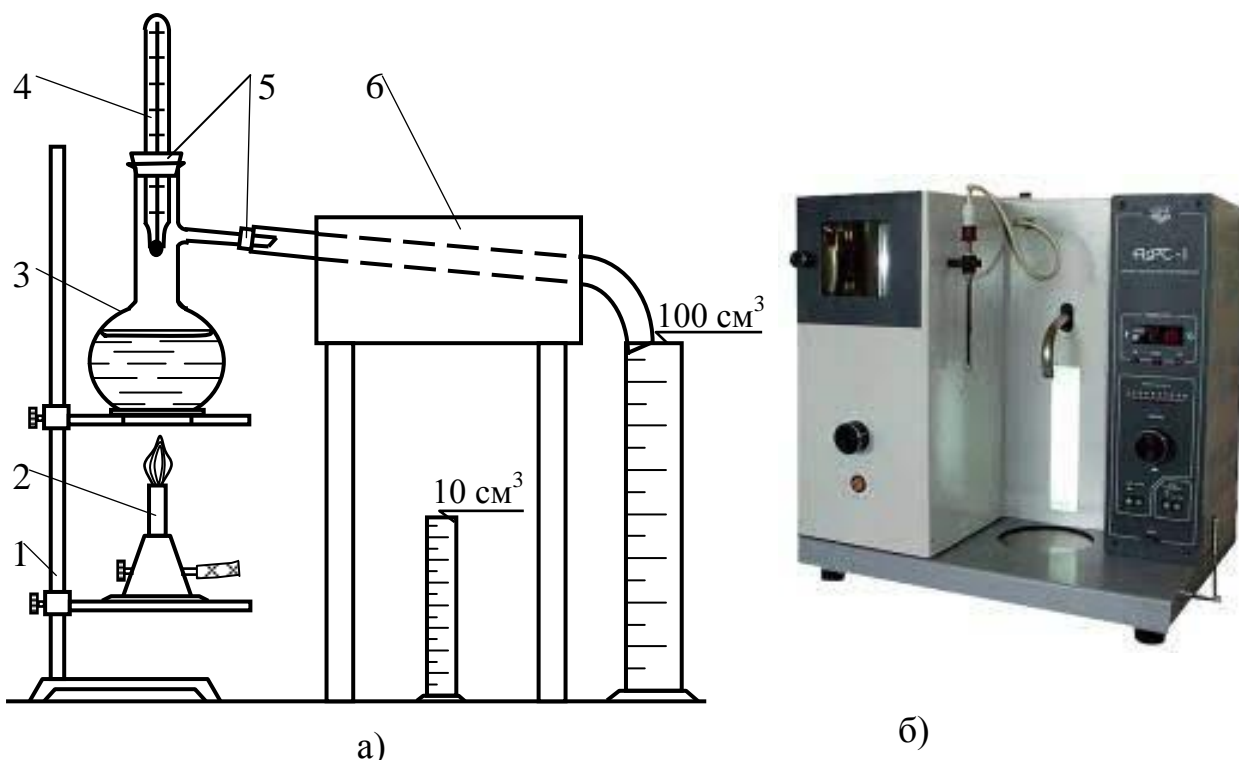


Рис. 7. Обладнання для визначення фракційного складу нафтопродуктів:
 а) схема апарата для перегонки палива: 1 – штатив; 2 – газовий пальник; 3 – колба з паровідвідною трубкою; 4 – термометр; 5 – корок-штуцер; 6 – холодильник; б) загальний вигляд апарата АРНП-2.

Температуру перегонки фіксують після накопичення кожних 10 мл палива в мірному циліндрі. Якщо в нормативно-технічній документації на досліджуваній нафтопродукт (бензин) нормується температура кінця кипіння, то нагрів колби завершують, коли стовпчик термометра зупиняється на певній поділці та починає опускатись. Максимальну позначку піднімання стовпчика приймають за температуру кінця кипіння. Під час визначення фракційного складу дизельного пального нагрів припиняють після перегонки 96% палива.

Після цього нагрівання припиняють, дають можливість дистилату впродовж 5 хв стекти і визначають його об'єм у циліндрі. Після охолодження колби виймають термометр з корком, від'єднують паровідвідну трубку від холодильника і зливають залишок нафтопродукту в мірний циліндр з ціною поділки 0,1 мл. Визначають об'єм залишку і втрати палива під час перегонки.

Визначення фракційного складу на апаратах родини АРНС, АРНП. До недоліків визначення фракційного складу на приладі для перегонки нафтопродуктів належать складнощі регулювання і реєстрації температури, а також спостереження за об'ємом палива. Ці недоліки усуваються під час визначення фракційного складу на апаратах родини АРНС, АРНП (рис. 7, б). Це обладнання дозволяє здійснювати електрон-

не регулювання потужності нагріву, електронне вимірювання температури парів у колбі, забезпечувати циркуляцію теплоносія в охолоджувальній бані.

Апарати дають змогу регулювати температуру нагріву від 25 до 400 °С з похибкою $\pm 0,5$ °С. Споживана потужність електроколбонагрівника 1000 ВА. Похибка вимірювання температури теплоносія в охолоджувальній бані ± 1 °С.

Методика роботи на апаратах відповідає стандарту ASTM D86-12.

Обробка результатів. Значення температур, отриманих у процесі перегонки нафтопродукту, зводять до стандартних умов, визначивши температурну поправку на барометричний тиск, за формулою

$$\Delta t = 0,00012 \cdot (760 - p) \cdot (273 + t), \quad (5)$$

де p – барометричний тиск, мм рт. ст.; t – температура в лабораторії, °С.

Поправку Δt додають до показів термометра, якщо барометричний тиск менший за 750 мм рт. ст., і віднімають при тискові, більшому ніж 770 мм рт.ст. У межах барометричного тиску від 750 мм рт. ст. до 770 мм рт. ст. поправку не вносять.

Отримані результати наводять у вигляді графіка (див. рис. 6).

Після цього роблять висновок про фракційний склад палива, оцінюють його якість, дають характеристику його пусковим властивостям, стійкості роботи, нагароутворювальній здатності n_f приємистості. На завершення вказують, чи буде робота двигуна на досліджуваному паливі супроводжуватись підвищеним спрацюванням деталей двигуна і чи не скоротиться міжремонтний пробіг автомобіля чи моторесурс трактора.

Робота № 4. ВИЗНАЧЕННЯ ТИСКУ НАСИЧЕНИХ ПАРІВ БЕНЗИНУ

Загальні відомості. Здатність бензину до випаровування впливає на його експлуатаційні властивості. Розрізняють випаровування двох видів – статичне і динамічне.

Статичне випаровування здійснюється з нерухомої поверхні палива в нерухомому повітрі, наприклад, під час зберігання в резервуарах.

Динамічне випаровування відбувається під час обдування палива повітрям, зокрема в карбюраторі або біля форсунок інжекторної системи живлення. Якщо в замкнутому просторі швидкість випаровування рівна швидкості конденсації, то в системі настає динамічна рівновага, в якій пара насичена і має максимальну густину.

Тиск насиченої пари бензину – це, тиск створений паром, яка перебуває в рівновазі з рідкою фазою і залежить від температури та співвідношення об'єму рідкої і газової фаз. Цей показник надає додаткову інформацію про вміст і склад низькокиплячих фракцій у бензинах, які впливають на пускові властивості, можливість утворення «пароповітряних пробок» у системі живлення, втрати палива в процесі транспортування і зберігання та забруднення довкілля парами вуглеводнів.

Чим більше в бензині вуглеводнів з низькою температурою кипіння, тим краща здатність до випаровування, вищий тиск насичених парів та можливість утворення «пароповітряних пробок».

У процесі запуску холодного двигуна важливе значення має можливість створення системою живлення достатньої кількості багатой суміші парів бензину з повітрям. Якщо тиск насиченої пари нижчий за 34 кПа, то спостерігається різке погіршення пускових властивостей. На рис. 8 відображено залежність температури повітря, при якій можливий запуск двигуна від тиску насиченої пари.

У процесі нагрівання вузлів системи живлення пари бензину утворюються не лише з поверхні рідини, а і в об'ємі. Збільшення парової фази зумовлює зменшення об'єму рідкого палива, що подається в камери згорання. Тобто зменшується масова частка палива, створюючи дуже бідну паливну суміш, яка згоряючи не може розвинути потужності двигуна для його стійкої роботи.

Таким чином, пускові властивості бензинів покращуються разом зі зростанням тиску насиченої пари. Але використання палива з надто високим тиском насиченої пари спричинює утворення «пароповітряних пробок» та значні втрати під час зберігання, тому згідно з ДСТУ 7687:2015 цей показник не повинен перевищувати 100 кПа.

Методика виконання роботи. Тиск насиченої пари моторних палив визначають статичним прямим методом (ДСТУ 4160) у бомбі Рейда за температури 37,8 °С. Для цього використовують термостати, змонтовані в одному корпусі з водяною банею (АДП-01, VT-R-40, ДНП) і відокремлено.

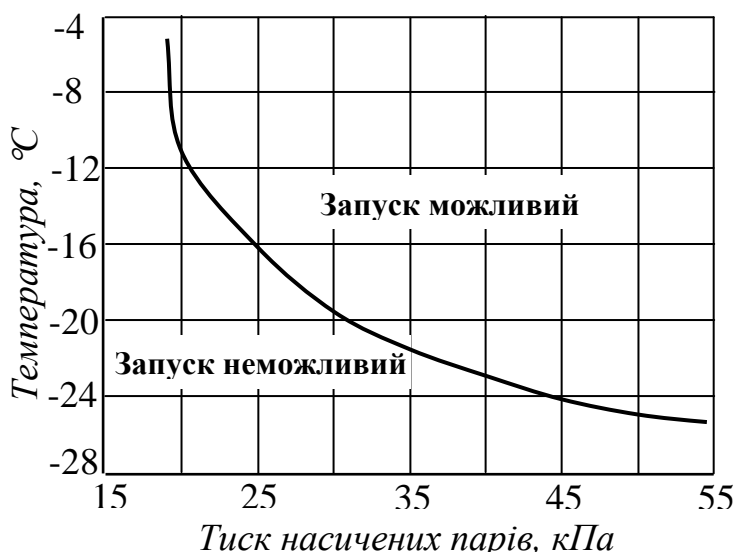


Рис. 8. Залежність температури повітря, при якій можливий запуск двигуна від тиску насиченої пари бензину.

Пробу палива відбирають із посуду 1 (рис. 9) об'ємом 1...8 дм³ так, щоб усунути втрати на випаровування під час переливання. Для цього застосовують щільно припасований до горловини корок, через який проходять дві трубки. Одна з них – повітряна, доходить до дна тари, друга – для переливання палива, з внутрішньої сторони має бути вставлена на рівні з корком, а зі зовнішньої – виступати на довжину, що не досягає дна посуду для переливання нафтопродукту на 10...20 мм.

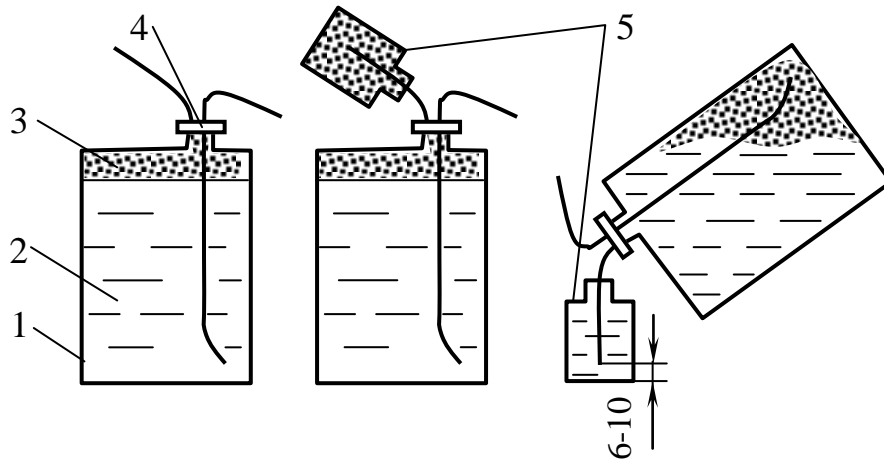


Рис. 9. Схема переливання проби в паливну камеру:
 1 – посуд з охолодженою пробю для досліджень; 2 – проба;
 3 – пара палива; 4 – пристрій для переливання; 5 – охолоджена паливна камера.

Перед переливанням пробу 2 нафтопродукту і паливну камеру 5 охолоджують до температури від 0 до 4°C. Охолоджений посуд 1 з пробю відкривають і встановлюють пристрій для переливання 4. Швидко перевертають охолоджену паливну камеру 5 і одягають її зверху на трубку для зливу рідини. Перевертають всю систему так, щоб паливна камера зайняла вертикальне положення отвором вгору, а трубка для зливу рідини закінчувалася на відстані 6 мм від дна камери. Паливну камеру заповнюють нафтопродуктом так, щоб рідина переливалася через край.

Повітряну камеру 2 (рис. 10, а) бомби Рейда ополіскують чистою водою, встановлюють вертикально та приєднують перехідник 3 зі закритим краном 4. Якщо апаратом користувались перед випробуванням даної проби палива, то повітряну камеру заповнюють не менше п'яти раз нагрітою до 30...40 °С водою для вилучення парів палива. Гумову трубку з внутрішнім діаметром 3...6 мм і довжиною 1000...1200 мм, що з'єднує повітряну камеру з ртутним манометром, також промивають декілька разів водою.

Повітряну камеру перед приєднанням до паливної занурюють у водяну баню з температурою $37,8 \pm 0,1$ °С і утримують її там не менше ніж

10 хв. Глибина занурення повинна бути такою, щоб рівень води був на 25 мм вище від верхнього краю повітряної камери. Підготовлені камери з'єднують між собою, забезпечуючи герметичність бомби. Збирання приладу повинно здійснюватися впродовж 20 с.

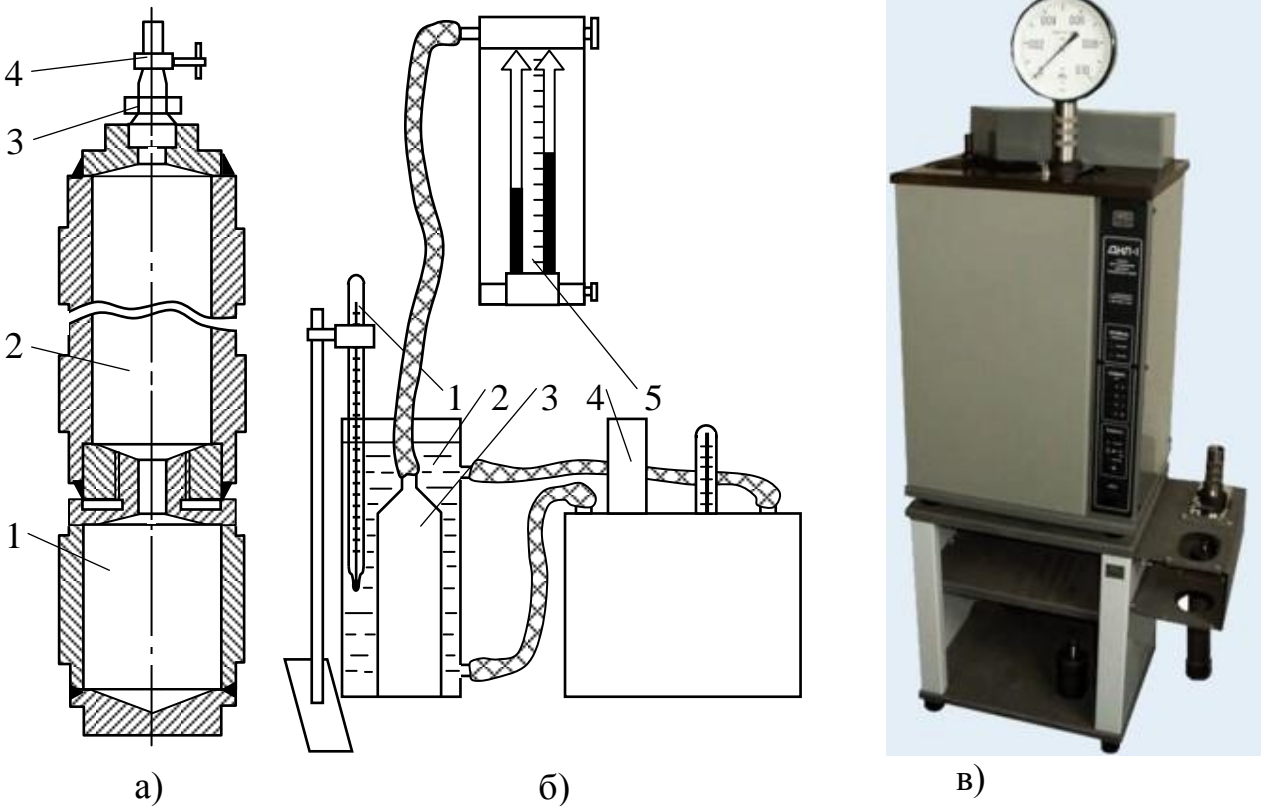


Рис. 10. Обладнання для визначення тиску насиченої пари:
 а) бомба Рейда: 1, 2 – паливна і повітряна камери; 3 – перехідник; 4 – газовий кран; б) схема вимірювального обладнання з відокремленим розташуванням термостата і водяної бані: 1 – термометр; 2 – водяна баня; 3 – бомба Рейда; 4 – термостат; 5 – ртутний манометр; в) загальний вигляд приладу ДНП-1.

Допускається повітряну камеру приєднувати до паливної за температури навколишнього середовища чи будь-якої іншої з урахуванням поправки Δp , що визначається з виразу

$$\Delta p = \frac{(p - p_t) \cdot (t - 37,8)}{273 + t} - (p_{37,8} - p_t), \quad (6)$$

де p – атмосферний тиск під час проведення досліджень, кПа; p_t – тиск водяної пари за температури вимірювання, кПа; t – температура вимірювання, °С; $p_{37,8}$ – тиск водяної пари за температури 37,8 °С, кПа.

У такому разі встановлюють термометр марки ТН-6 всередину повітряної камери вздовж її осі так, щоб ртутний резервуар був на відстані 230 мм від отвору, і вимірюють температуру безпосередньо перед приєднанням повітряної та паливної камер.

Зібрану бомбу Рейда 3 (рис. 10, б) перевертають так, щоб паливо мало змогу перелитися в повітряну камеру, та інтенсивно струшують у напрямку паралельному повздовжній осі пристрою. Приєднують гумову трубку від ртутного манометра, довжина якої не повинна перевищувати 1 м, та відкривають кран бомби.

Бомбу занурюють у водяну баню 2 з температурою $37,8 \pm 0,1^\circ\text{C}$ так, щоб рівень води був на 25 мм вище верхнього краю повітряної камери. Упродовж дослідження стежать, щоб з бомби не виходила пара. У разі порушення герметичності, тобто появи бульбашок у водяній бані, дослідження припиняють. Після промивання бомби усувають причини порушення герметичності та заливають нову порцію бензину.

Через 5 хв після занурення бомби вимірюють тиск манометром 5. Записавши покази манометра, закривають газовий кран, виймають бомбу з водяної бані, перевертають та інтенсивно струшують впродовж часу, який не дасть змоги пробі охолонути. Після струшування бомбу знову розташовують у водяній бані, відкривають газовий кран і проводять замір тиску парів бензину.

Струшування й вимірювання тиску проводять не менше ніж п'ять разів з інтервалом у 2 хв, поки два останніх покази манометра не будуть однаковими, що свідчитиме про рівновагу між рідкою і газовою фазами палива, тобто про завершення дослідження. Покази манометра знімають з похибкою, що не перевищує 0,3 кПа.

Допускається для вимірювання тиску насиченої пари застосовувати пружинний манометр з класом точності не нижче 0,6 (рис. 10, в).

Обробка результатів. Вимірявши некоректований тиск насиченої пари $p_{\text{пост}}$, вносять поправку Δp (у разі відмінності початкової температури від $37,8^\circ\text{C}$), отримуючи остаточний результат вимірювань:

$$p_{\text{н.н}} = p_{\text{пост}} \pm \Delta p. \quad (7)$$

У формулі (7) ставлять знак «+», якщо початкова температура повітря вища за $37,8^\circ\text{C}$ і знак «-», якщо менша.

За результат визначення тиску насиченої пари моторних палив приймають середнє арифметичне значення двох паралельних визначень, розбіжність між якими не повинна перевищувати 2 кПа.

Робота № 5. ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОЗІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РІДКОГО ПАЛИВА

Загальні відомості. Практика свідчить, що рідкі палива під час транспортування, зберігання та використання спричинюють корозію сталі-

вих трубопроводів і резервуарів, мідних, латунних і свинцевих деталей паливної системи двигуна. Вуглеводні, що входять до складу палива не викликають корозії металів і сплавів. Корозійна активність палив визначається вмістом у них корозійно агресивних неуглеводневих компонентів: водорозчинних лугів і кислот, органічних кислот і сіркових сполук.

До водорозчинних кислот та лугів, що найчастіше зустрічаються у паливі, відносять сірчану (H_2SO_4) і соляну (HCl) кислоти та їдкий натр ($NaOH$). Вони можуть потрапляти до палива в процесі очистки на нафтопереробних заводах або під час недбалого зберігання. Водорозчинні луги і кислоти дуже агресивні стосовно металів, тому їх вміст у рідкому паливі не допускається. Технічні умови на бензин та дизельне пальне передбачають якісне визначення вмісту водорозчинних лугів і кислот, яке зводиться до визначення реакції водної витяжки палива. Якщо водна витяжка палива має кислу або лужну реакцію, то таке паливо непридатне до використання.

Органічні кислоти представлені, в основному, нафтовими кислотами, які утворюються в результаті окиснення нестабільних вуглеводнів під час зберігання і транспортування палив. Усі органічні кислоти є порівняно слабкими, тому чорні метали вони не кородують, кольорові метали (цинк, свинець) від контакту з ними зазнають значної корозії. Оскільки паливо контактує з поверхнями кольорових металів (оцинкована тара, елементи паливної системи двигуна), то вміст органічних кислот у паливі суворо регламентується стандартом. Для автомобільних бензинів кислотність не повинна перевищувати $3,0 \text{ мг KOH}/100 \text{ см}^3$, а для літнього і зимового дизельного пального – $5,0 \text{ мг KOH}/100 \text{ см}^3$.

Сіркові сполуки за своєю корозійною дією на метали за звичайних температур поділяють на активні та неактивні. До активних сіркових сполук належать сірководень (H_2S), вільна елементна сірка і меркаптани (RSH). Вони здатні за звичайних температур, контактуючи з металами, викликати їх корозію.

До неактивних сіркових сполук належать: сульфіди (RSR), дисульфіди ($RSSR$), полісульфіди (RS_xR), тіофани ($C_nH_{2n}S$) та тіофени (C_nH_nS). Ці сполуки самі не спричиняють корозію металів при безпосередньому контакті, тому вміст їх у паливі не призводить до корозії тари та системи живлення двигуна. Але всі сіркові сполуки під час згоряння утворюють SO_2 і SO_3 , які спричиняють корозію циліндро-поршневої групи та всіх деталей випускного тракту. За низьких температур, коли можлива конденсація водяної пари, відбувається електрохімічна корозія під дією H_2SO_3 і H_2SO_4 , які утворюються від розчинення SO_2 і SO_3 в конденсаті. За температур вище точки роси, коли не відбувається конденсація вологи, відбувається високотемпературна суха газова хімічна корозія.

Для якісної оцінки корозійної дії сіркових сполук випробовують паливо на мідну пластинку.

Методика виконання роботи. Визначення наявності водорозчинних кислот і лугів. Метод (ГОСТ 6307) полягає у видаленні водорозчинних кислот і лугів з палива водою або водним розчином спирту і визначенні їх наявності за допомогою індикаторів.

Дистильовану воду, паливо та спирт, які використовують для проведення досліджень, перевіряють на нейтральність метилоранжем і фенолфталеїном або за допомогою рН-метра.

У ділильну лійку 1 (рис. 11) місткістю 300 мл наливають однакову кількість (50...100 мл) досліджуваного рідкого нафтопродукту 2 та дистильованої води 3, нагрітої до 50...60°C. Суміш перемішують упродовж 5 хв, не допускаючи утворення емульсії. Якщо під час змішування з водою утворюється емульсія, то водорозчинні кислоти і луги екстрагують. У такому разі замість води використовують спирт. Після відстоювання зливають нижній шар води (витяжку) в пробірки через паперовий фільтр.

Якщо в'язкість нафтопродукту перевищує $75 \text{ мм}^2/\text{с}$ при 50°C , його попередньо треба розвести бензином у пропорції 1:1, а потім додати підігрітої дистильованої води.

Для визначення наявності водорозчинних кислот і лугів у дві чисті пробірки зливають по 2...4 мл витяжки. У першу пробірку додають одну-дві краплі метилоранжу; якщо витяжка забарвиться в рожевий або червоний колір, – у нафтопродукті наявні кислоти. У другу пробірку додають одну-дві краплі фенолфталеїну; поява рожевого або малинового забарвлення свідчить про наявність лугу.

За допомогою рН-метра або універсального індикатора також визначають наявність у нафтопродуктах кислот і лугів. У колбу наливають 35...50 мл витяжки і поміщають рН-метр. Встановлюють значення рН згідно з вимогами, вказаними в паспорті приладу. Якщо значення рН

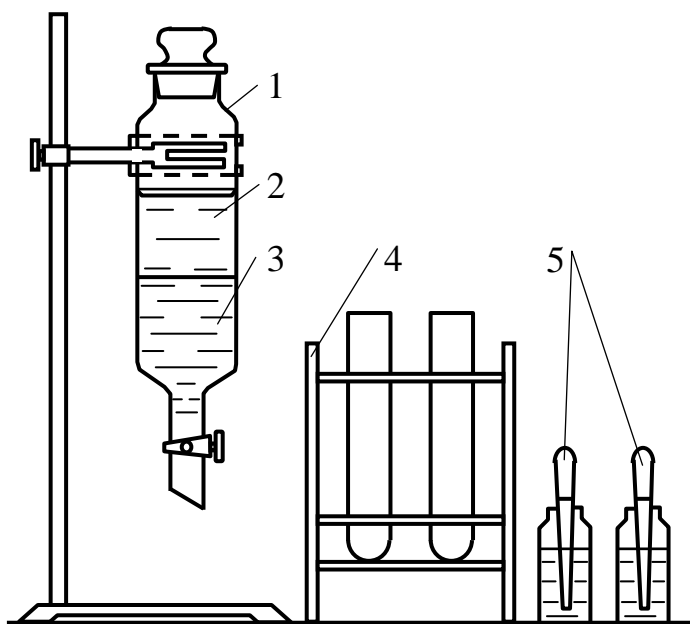


Рис. 11. Схема обладнання для визначення характеристики водяної витяжки паливно-мастильних матеріалів:

1 – ділильна лійка; 2 – нафтопродукт; 3 – водяна витяжка; 4 – штатив з пробірками; 5 – індикатори.

становить 5...9 одиниць, то водяна витяжка має нейтральний характер, понад 9 – лужний, менше 5 – кислий.

Універсальний індикатор розташовують у витяжці на 3...5 хв і порівнюють його колір із кольорами на упаковці, встановлюючи значення рН та характеристику витяжки.

Визначення кислотності. Кислотність нафтопродукту – це кількість міліграм гідроксиду калію (KOH), необхідного для нейтралізації органічних кислот, що містяться у 100 см³ нафтопродукту.

Метод (ГОСТ 5985) полягає у видаленні з палива кислих сполук ректифікованим технічним спиртом або етиловим ректифікованим спиртом вищої очистки під час нагрівання з подальшим титруванням їх 0,05 н спиртовим розчином гідроксиду калію в присутності індикатора (для бензину без індикатора).

У конічну колбу місткістю 250 см³ наливають 50 см³ палива. У таку ж другу колбу наливають 50 мл ректифікованого технічного або етилового спирту, закривають пробкою зі зворотним водяним або повітряним холодильником і кип'ятять упродовж 5 хв. У колбу з прокип'яченим спиртом додають 8 - 9 крапель індикатора нітросинового жовтого. Потім гарячий спирт, безперервно його перемішуючи, нейтралізують 0,05 н спиртовим розчином гідроксиду калію до першої зміни жовтого забарвлення на зелене. Пізніше в колбу з гарячим спиртом доливають досліджуване паливо і кип'ятять вміст колби зі зворотним холодильником протягом 5 хв із періодичним перемішуванням (2 - 3 рази).

Гарячу суміш титрують 0,05 н спиртовим розчином гідроксиду калію, безперервно інтенсивно її перемішуючи, до переходу жовтого (жовтого з відтінками) забарвлення суміші у зелене (зелене з відтінками). Забарвлення має бути стійким упродовж 30 с. Якщо гаряча суміш буде відразу зеленою або зеленою з відтінками, то її не титрують, оскільки в цьому разі досліджувані кислоти в досліджуваному паливі відсутні.

Кислотність K досліджуваного палива (мг KOH на 100 см³) знаходять за формулою

$$K = \frac{V_2 T}{50} 100, \quad (8)$$

де V_2 – об'єм 0,05 н розчину гідроксиду калію, витраченого на титрування, см³; T – титр 0,05 н розчину гідроксиду калію, мг/см³; 50 – об'єм досліджуваного палива, см³.

За результат випробувань беруть середнє арифметичне двох паралельних визначень.

Випробування на мідній пластинці. Розрізняють два методи (ДСТУ EN ISO 2160) випробування палив на мідну пластинку – стандартний і прискорений. За стандартним методом випробування триває

3 год за температури 50 °С, за прискореним – 18 хв за температури 100 °С. Навіть за незначної концентрації елементарної сірки в паливі мідна пластинка під час прискореного методу вкривається блідо-сірими плямами, а за великого вмісту сірки під час стандартного випробування – чорним нальотом. За наявності сірководню мідна пластинка набуває сірого кольору з червоними плямами.

Для випробування використовують пластинки з електротехнічної міді розміром 40×10×2 мм. Пластинки ретельно шліфують, промивають спиртом і ефіром та висушують на фільтрувальному папері. Досліджуване паливо наливають у колбу 2 (рис. 12) до половини її висоти і опускають в нього щипцями мідну пластинку 3. Колбу закривають корком із холодильником 4 і занурюють у водяну баню 1. Температура води в бані повинна бути 50 °С (стандартний метод), а рівень води – вище рівня палива в колбі. Колбу витримують у бані впродовж 3 год, потім мідну пластинку виймають і промивають у фарфоровій чашці ацетоном або спиртобензольною сумішшю. Для кожного зрізця палива проводять два паралельних випробування.

Якщо мідна пластинка вкрита чорними, темно-коричневими, сірувато-стальними відкладеннями або плямами, вважається, що паливо не витримало випробування на мідній пластинці. Якщо паливо витримало випробування, то це свідчить, що вміст сірководню в паливі не більший 0,0003 %, а вільної сірки – 0,0015 %. У таких концентраціях вказані сполуки слабо кородують метали.

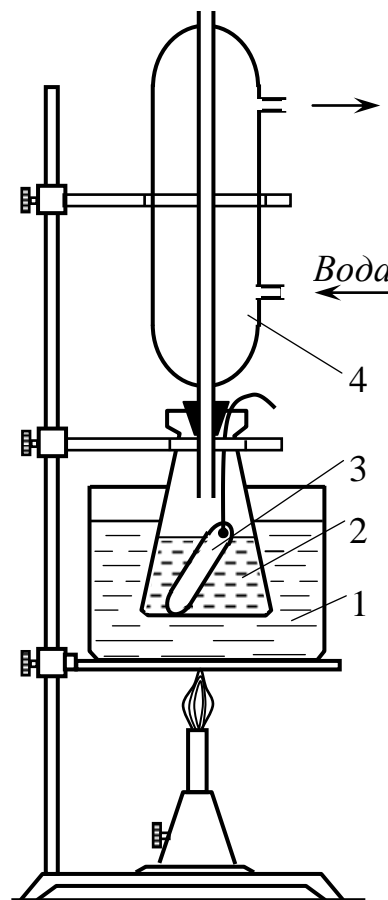


Рис. 12. Схема приладу для визначення наявності в паливі сірки за допомогою мідної пластинки: 1 – водяна баня; 2 – колба з паливом; 3 – мідна пластинка; 4 – холодильник.

Робота № 6. ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ФАКТИЧНИХ СМОЛ У РІДКИХ ПАЛИВАХ

Загальні відомості. Під час роботи двигуна на деталях системи живлення, у впускному трубопроводі і на стінках камери згоряння з'являються відкладення – смолисті речовини, що утворюються під час окиснення ненасичених вуглеводнів палива.

Липкі мазеподібні продукти коричневого кольору відкладаються на стінках паливних баків, фільтрів, насосів, закупорюють паливопроводи, покривають тонким шаром деталі інжекторної системи живлення. Відкладення на механізмах дозування можуть бути причиною порушення подачі бензину і процесу сумішоутворення, відкладення на фільтрувальних елементах – припинення подачі бензину.

Під час роботи двигуна у впускному колекторі в напрямку циліндрів рухається плівка важких фракцій бензину. Для кращого випаровування стінки колектора підігріваються, тому вуглеводні бензину інтенсивно окиснюються, а смолисті речовини осідають на гарячих стінках колектора. При подальшій полімеризації вони перетворюються у тверді смолисті і вуглецеві відкладення. Шар смолистих відкладень зменшує поперечний переріз впускного колектора, створюючи тим самим додатковий опір потоку пальної суміші, у результаті чого погіршується наповнення циліндрів і зменшується потужність двигуна. Через низьку теплопровідність відкладень зменшується кількість теплоти, що підводиться до пальної суміші, і погіршується її випаровування.

Осівши на впускних клапанах, смолисті речовини утворюють тверді вуглецеві відкладення, які порушують правильність посадки клапанів і спричиняють їх заклинювання (нещільне прилягання). Нагар у камерах згоряння суттєво погіршує потужнісні й економічні показники двигуна. Відкладення займають частину об'єму камери згоряння, тому ступінь стиску двигуна збільшується і виникає детонація. Крім того, нагари сприяють погіршенню відведення тепла від нагрітих газів до охолоджувальної рідини системи охолодження, що також сприяє розвитку детонаційного згоряння.

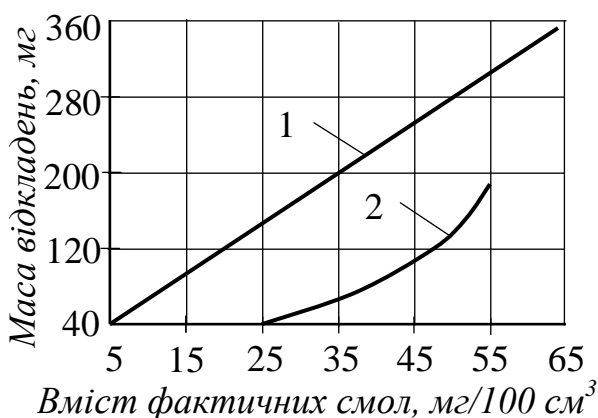


Рис. 13. Залежність маси відкладень від вмісту фактичних смол у бензині:

- 1 – у впускному колекторі;
- 2 – на впускному клапані.

Показником, за яким можна оцінити схильність бензину до утворення відкладень у впускній системі автомобільного двигуна, є вміст фактичних смол. Між вмістом фактичних смол у бензині і кількістю відкладень, що утворюються у впускному колекторі, існує пряма залежність (рис. 13).

Концентрація фактичних смол, тобто тих, що в момент випробовування містяться в бензині, оцінюється в міліграмах на 100 мл палива. У сучасних автомобільних бензинах вміст фактичних смол на місці виробництва не повинен перевищувати 5 мг на 100 мл палива, а на місці споживання – 10 мг на 100 мл палива. Якщо концентрація смол вища від вказаних значень, різко зменшується час роботи двигуна до появи несправностей, зумовлених нагароутвореннями (табл. 3).

Таблиця 3. Вплив концентрації фактичних смол у бензині на працездатність автомобільних двигунів

Концентрація фактичних смол, мг на 100 мл палива	Можливий пробіг автомобіля до появи несправностей у двигуні, км	Концентрація фактичних смол, мг на 100 мл палива	Можливий пробіг автомобіля до появи несправностей у двигуні, км
до 10	понад 25000	21...25	8000
11...15	25000	25...50	не більше ніж 5000
16...20	16000	50...120	не більше 2000

Зі збільшенням вмісту смолистих речовин схильність дизельного пального до нагароутворення також зростає. Вміст фактичних смол у дизельному пальному не повинен перевищувати 30...40 мг/100 мл.

Метод визначення вмісту фактичних смол за ДСТУ EN ISO 6246 полягає у випаровуванні досліджуваного палива під струменем водяної пари в умовах випробувань і слугує для умовної оцінки схильності палива до смолоутворення під час використання у двигуні.

Методика виконання роботи. Пристрій ПОС-77 (рис. 14), чи інший аналогічного типу, призначений для визначення концентрації фактичних смол у моторному паливі.

У корпусі розміщений термостат 14 – циліндр з алюмінієвого сплаву. У нижню частину термостата 14 вмонтовані нагрівальний елемент 15 і датчик температури 13. У термостаті виконано чотири кишені 10 для встановлення склянок 9: двох з досліджуваним паливом і двох з дистильованою водою. Кишені термостата закриваються кришками 11. Для отримання водяної пари слугують порожнини (пароперегрівачі). В середині термостата 14 розміщена система каналів для скерування водяної пари в склянки 9 з паливом і виходу парів палива разом з водяною па-

рою в холодильник 8. Ззовні термостат 14 охоплює азбестоцементна теплова ізоляція.

На передній панелі пристрою розміщені індикатор 3, вимикач мережі живлення 5, перемикач температурного режиму 4, контрольний годинник 1 з ручкою вмикання 2.

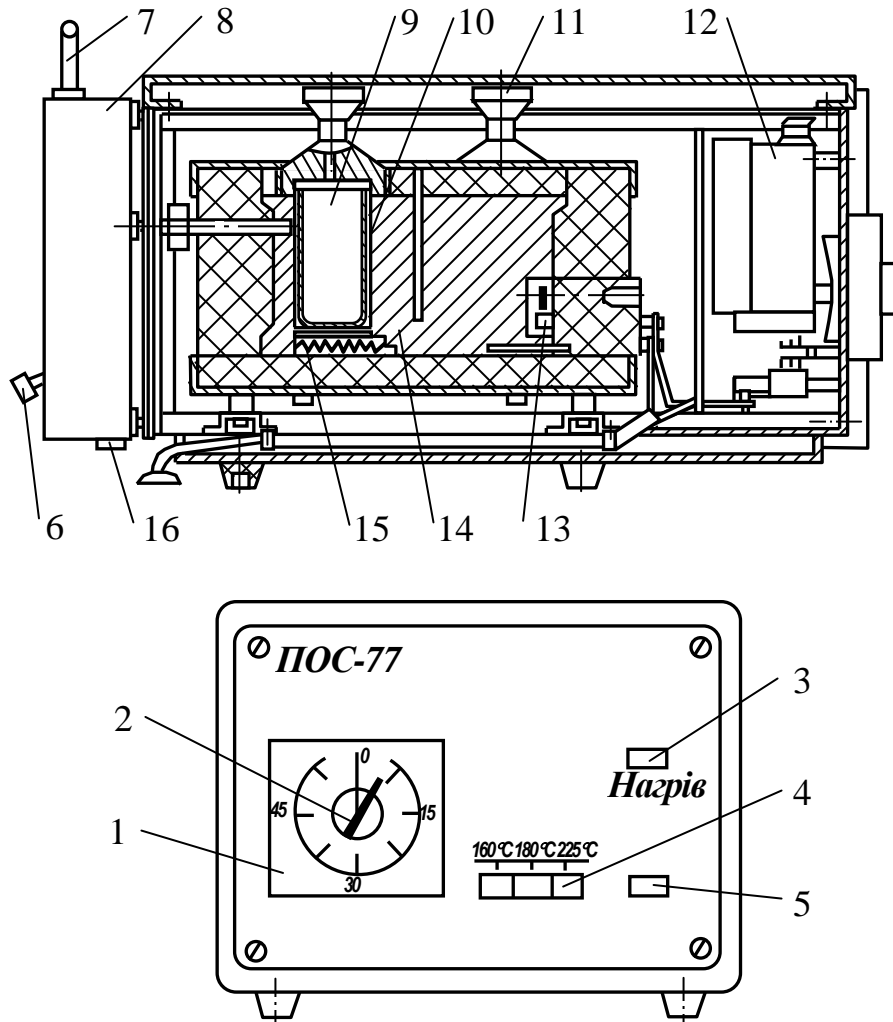


Рис. 14. Пристрій ПОС-77 для визначення вмісту фактичних смол:
 1 – контрольний годинник; 2 – ручка увімкнення контрольного годинника; 3 – індикатор; 4 – перемикач температурного режиму; 5 – вимикач мережі живлення; 6 – трубка; 7 – трубка холодильника; 8 – холодильник; 9 – склянка для палива; 10 – кишень; 11 – кришка кишені; 12 – електронний терморегулятор; 13 – датчик температури; 14 – термостат; 15 – нагрівальний елемент; 16 – пробка.

Холодильник 8 – це металева посудина, з'єднана паропроводом із термостатом 14. Холодильник обладнаний трубкою 6 для зливу конденсату, отвором з пробкою 16 для видалення осаду і трубкою 7 повітряного холодильника.

Водяна пара, яка утворюється в кишнях термостата, де розміщені склянки з водою, надходить каналами пароперегрівача, а далі через ні-

пелі по каналах – в склянки з паливом. Після цього разом з парами палива вона виходить у холодильник.

Постійний температурний режим підтримується автоматичним пристроєм, основна частина якого – електронний терморегулятор 12.

Перед проведенням дослідів склянки, призначені для визначення фактичних смол, а також нижні кінці трубок, що розміщені в кришках, промивають розчинником – толуолом, ацетоном або спирто-толуольною сумішшю (1:4).

Пристрій вмикають у мережу напругою 220 В вмикачем 5. Залежно від виду досліджуваного палива, перемикачем 4 встановлюють один із таких температурних режимів: для бензину 160 °С, для дизельного пального 225 °С, для гасу 180 °С.

Промиті склянки встановлюють у кишені пристрою, нагрітого до температури випробування, щільно закривають кришками і витримують 20 хв. Далі знімають кришки, через 2 хв виймають щипцями з кишень склянки, охолоджують їх 40 хв і зважують (з похибкою не більше 0,0002 г).

Призначене для дослідів паливо фільтрують через паперовий фільтр. Якщо в паливі наявна вода, то його збовтують з прожареним сірчаноокислим натрієм упродовж 10...15 хв і фільтрують через паперовий фільтр.

Відміряють мірним циліндром і наливають у склянки дистильовану воду в таких об'ємах: 25 см³ під час випробування бензину, 60 см³ – дизельного палива, 30 см³ – гасу. Далі, також мірним циліндром або піпеткою, відміряють у дві склянки для палива по 25 см³ бензину або по 10 см³ дизельного пального чи по 20 см³ гасу. Склянки з паливом встановлюють у кишені, нагріті до заданої температури, лампочка індикатора в цей момент гасне. Кишені зі склянками, наповненими паливом, обережно і щільно закривають кришками так, щоб ніпелі увійшли в канали у кришці, а пришліфовані поверхні кришок і кишень герметично торкались одна одної. негайно після цього встановлюють у кишені склянки з водою і також щільно закривають кришками. Поворотом ручки 2 вправо пускають контрольний годинник 1 на час випробувань (60 хв). Після відліку заданого часу, про що свідчитиме звуковий сигнал, відкривають кришки кишень. Через 2 хв щипцями виймають склянки, охолоджують 40 хв і зважують на аналітичній вазі з похибкою не більше 0,0002 г.

Визначення вмісту фактичних смол за допомогою термостата ТОС-1. Термостат ТОС-1 (рис. 15) застосовують для забезпечення необхідного температурного режиму випаровування досліджуваного палива за методикою визначення концентрації фактичних смол у моторному паливі, використовуючи як теплоносій повітря.

Конструктивно термостат складається з двох основних частин: власне термостата і електронного блока, розміщених у спільному корпусі. Термостат – термоблок з шестигніздовою металеву банею з електропідігрівом і датчиком температури; баня обладнана додатковим тепловим екраном.



Рис. 15. Термостат ТОС-1.

Використання «сухої» металеві бані з повітряним теплоносієм, порівняно з пристроями, де використовується перегріта пара, суттєво спрощує підготовку обладнання до роботи, а догляд зводиться до виконання елементарних загальноприйнятих вимог. Наявність шести гнізд для випаровування в поєднанні з незалежними знімними конічними соплами дозволяє досліджувати до шести проб моторного палива одного виду одночасно або зі зміщенням у часі.

Подача повітря в термоблок здійснюється від компресора або магістралі стиснутого повітря. На задню стінку пристрою виведений вхід повітряного фільтра зі знімним штуцером для подачі повітря.

Електронний блок пристрою виконаний за модульним принципом, який дає змогу розділити вимірювальну й силову частини блока. В основу роботи електронного блока покладено принцип автоматичного пропорційного регулювання потужності, що затрачається на електричний нагрів металеві бані, для забезпечення заданого температурного режиму при постійній подачі теплоносія (повітря) в термоблок.

Пристрій дає змогу підтримувати такі температурні режими випаровування: 160, 180, 225, 250 °С. Вихід на необхідний режим супроводжується світловою та звуковою сигналізацією. Максимальний час виходу на заданий температурний режим випаровування – не більше ніж 40 хв. Витрата повітря 215 ± 15 л/хв. Живлення термостата здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В, частотою 50 Гц. Споживана потужність не перевищує 2000 ВА.

Пристрій розміщують у витяжній шафі на горизонтальній поверхні. Перемикач РЕЖИМ ВИПАРОВУВАННЯ встановлюють у положення, яке відповідає досліджуваному паливу: 160 °С для авіаційного і автомобільного бензинів; 180 °С для палива турбореактивних двигунів і гасу; 225 °С для звичайного і 250 °С для обваженого дизельного пального. Натиснувши кнопку ЗВУК, вмикають звукову сигналізацію. Тумблер МЕРЕЖА встановлюють у верхнє положення, при цьому засвітиться однопольовий світлодіод. Якщо температура термоблока нижча від встано-

вленої перемикачем РЕЖИМ ВИПАРОВУВАННЯ, то засвітиться світлодіод НАГРІВ, якщо вона наближена до неї, то світлодіод РЕЖИМ, у разі перегріву світлодіоди НАГРІВ і РЕЖИМ гаснуть. Перевірка температури здійснюється контрольним термометром ТН-2М, встановленим у спеціальне гніздо в центрі бані.

У попередньо підготовлені і зважені з похибкою не більше 0,0002 г склянки наливають проби одного виду досліджуваного палива такого об'єму: 50 см³ для палив з малим вмістом фактичних смол, 25 см³ для палив з високим вмістом фактичних смол. Склянки з пробкою палива обережно переносять у гнізда випарної бані термоблока, температурний режим якої відповідає налаштованому значенню.

За допомогою спеціального пристосування конічні сопла встановлюють таким чином, щоб вони були концентрично спрямовані на поверхню проб. Випаровування проводять упродовж 30 хв. При цьому зручно користуватись таймерами 1, 2 і 3. Якщо досліджується одна проба палива, то відразу після встановлення конічних сопел над контрольною склянкою і склянкою з досліджуваним паливом натискають кнопку ПУСК/СКИДАННЯ, наприклад, таймера 1 (кнопка 30/5 повинна бути відпущена). Засвітиться індикатор таймера 1, який через 30 хв згасне і прозвучить короткий сигнал – закінчення випаровування. Конічні сопла знімають за допомогою пристосування і встановлюють у штатив. Лабораторними щипцями виймають склянки і переносять в ексікатор. Через 40 хв проби зважують аналітичною вагою з похибкою не більше 0,0002 г. При випаровуванні більш ніж однієї проби зі зміщенням у часі користуються таймерами 1, 2 та 3 одночасно.

Обробка результатів. Концентрацію фактичних смол X , мг на 100 см³ палива, у кожній склянці визначають за формулою

$$X = \frac{(m_2 - m_1)100}{V}, \quad (9)$$

де m_1 і m_2 – відповідно маси чистої сухої склянки і склянки зі смолами, мг; V – об'єм налитого в склянку палива, см³.

Розбіжність між результатами двох визначень не повинна перевищувати 2 мг при концентрації фактичних смол до 15 мг на 100 см³, 3 мг при концентрації смол від 15 до 40 мг на 100 см³ і 8 % від меншого значення при концентрації від 40 до 100 мг на 100 см³. Концентрація фактичних смол до 2 мг на 100 см³ палива вважається такою, при якій вони відсутні. За результат досліджень приймають середнє арифметичне двох визначень.

Робота № 7. ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ІНДУКЦІЙНОГО ПЕРІОДУ БЕНЗИНУ

Загальні відомості. Автомобільні бензини мають бути стабільними, тобто зберігати свої властивості в допустимих межах. Умовно розрізняють фізичну і хімічну стабільність.

Фізична стабільність – можливість бензину зберігати фракційний склад (зміни, зумовлені втратою найлегших вуглеводнів у результаті випаровування) та однорідність.

Хімічна стабільність – це здатність бензину протидіяти хімічним змінам під час зберігання, транспортування і використання. Хімічна стабільність бензинів залежить від їхнього складу й будови вуглеводнів. Найбільш схильні до окиснення ненасичені вуглеводні, а ароматичні, парафінові і нафтеніві вуглеводні окиснюються порівняно повільно.

На шляху проходження бензину від заводу-виробника до бака автомобіля відбувається окиснення його нестабільних сполук киснем навколишнього повітря з утворенням складних продуктів. Чим триваліше зберігається бензин, довший шлях транспортування і більше перевалочних пунктів, тим більша можливість утворення продуктів окиснення – смолистих речовин, лакових відкладень, нагарів і різноманітних кислих сполук (органічних кислот, окисикислот тощо). При цьому змінюється колір бензину, з'являється різкий запах, збільшується нагароутворення в камерах згоряння, виникають детонація і калильне запалювання, залягання кілець і корозія деталей. Більшість утворених продуктів окиснення перебуває в бензині в розчиненому стані, але деяка частина випадає в осад. Окиснення бензинів прискорюється в результаті дії різноманітних осадів, які накопичуються в резервуарах, а також під каталітичною дією металів, наприклад, міді.

Підвищення хімічної стабільності бензинів досягають двома способами: очисткою нестабільних дистилятів (гідроочистка) і використанням спеціальних антиокиснювальних присадок. Антиокиснювальні присадки – речовини, що здатні обривати ланцюгові реакції окиснення, тим самим збільшуючи індукційний період.

Індукційний період – це час, упродовж якого антиокиснювач гальмує окиснення вуглеводнів, після чого швидкість окиснення різко збільшується. Індукційний період характеризує схильність бензинів до окиснення і смолоутворення за тривалого зберігання, для автомобільних бензинів його значення на місці виробництва повинно бути не меншим 360 хв.

У результаті прискореного окиснення, згідно з ДСТУ 7685, на установці для визначення індукційного періоду утворюються потенційні

смоли. Кількість цих смол слугує непрямим показником стабільності бензину під час тривалого зберігання.

Стандартом встановлений гарантійний термін зберігання автомобільних бензинів усіх марок – 3 роки. Бензини, які призначені для довготривалого зберігання (5 років), повинні мати індукційний період не менш як 1200 хв.

Методика виконання роботи. Установа для визначення тривалості індукційного періоду в умовах прискороного окиснення (рис. 16, а) містить сталеву бомбу, кисневий балон з редуктором, кисневий манометр і водяну баню.

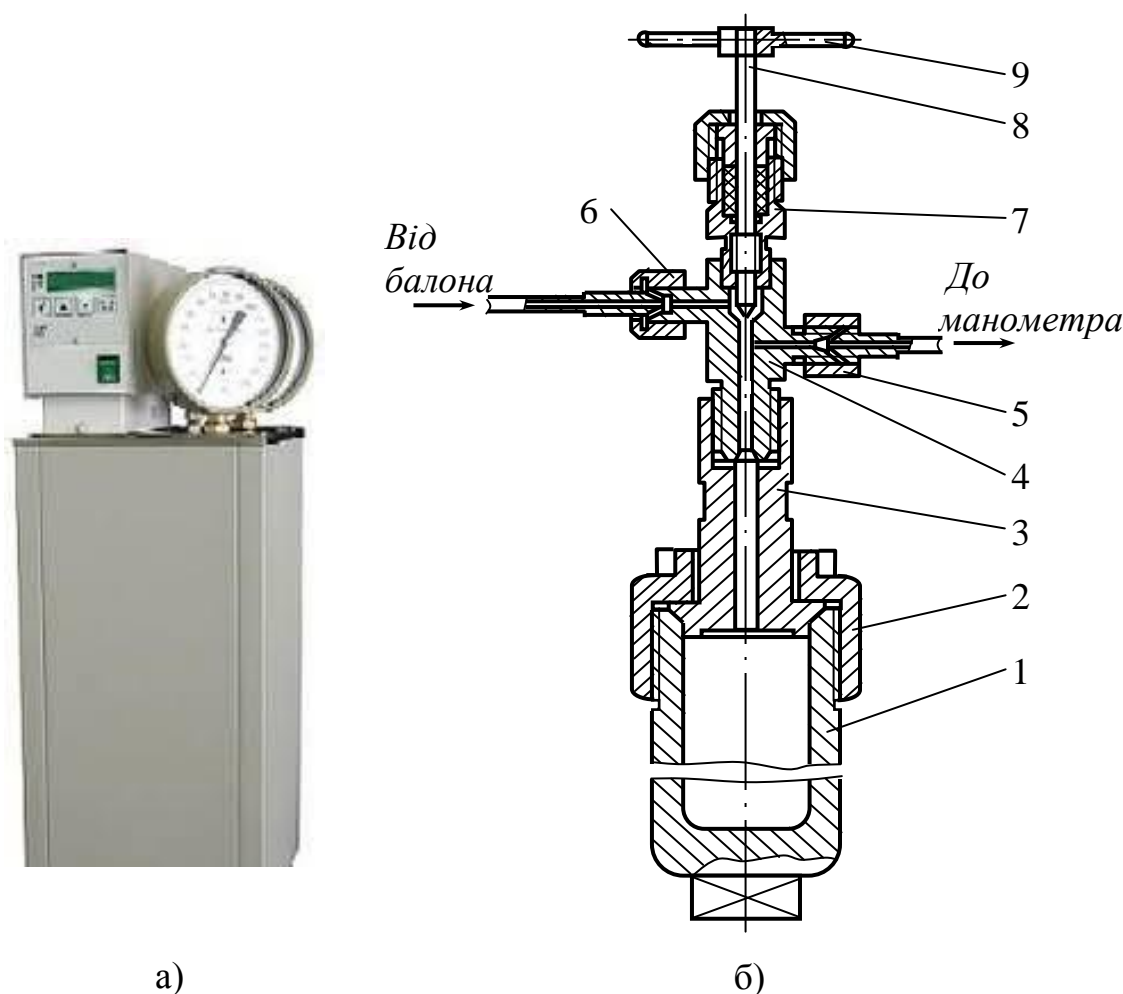


Рис. 16. Установа ИПБ для визначення тривалості індукційного періоду:

а) загальний вигляд (без балона); б) бомба для окиснення бензину:

1 – корпус; 2 – кришка; 3 – грибок; 4 – трійник; 5 і 6 – штуцери; 7 – вентиль; 8 – голчастий клапан вентилля; 9 – ручка вентилля.

На установці визначають час, упродовж якого досліджуваний бензин у середовищі кисню під тиском 0,7 МПа і за температури 100 °С практично не окиснюється. Бомба для окиснення бензину (рис. 16, б) виконана з нержавіючої сталі. Бомба складається з корпусу 1, кришки 2 і

головки, що містить грибок 3, трійник 4 з нижнім 5 і верхнім 6 штуцерами і вентиля 7 з голчастим клапаном 8 та ручкою 9. Штуцер 6 призначений для заповнення бомби киснем із балона. Для з'єднання вказаного штуцера з редуктором слугує мідна трубка з накидними гайками. До штуцера 5 за допомогою скрученої в спіраль сталевий трубки діаметром 5 мм із товщиною стінки 1 мм приєднують кисневий манометр. Із штуцером трубка з'єднується за допомогою конуса і гайки.

Кришка бомби вільно рухається вздовж стрижня грибка і обертається над його розширеною частиною, яка пришліфована до корпусу бомби. Закручуючи кришку, розширена частина грибка герметично закриває корпус бомби.

Шкала кисневого манометра розрахована на тиск 1,6 МПа, з поділками через 0,02 МПа. У водяній бані з електричним обігрівом виконані гнізда для занурення бомб. Для досліджуваного бензину застосовують стандартні скляні склянки. Зібрана бомба повинна витримувати гідравлічні випробування при тискові 2 МПа. Герметичність бомби перевіряють у баці з водою.

Перед випробуванням внутрішню частину корпусу бомби промивають бензолом і сушать повітрям. Кришку та інші деталі головки бомби протирають фільтрувальним папером. У склянку наливають 100 мл відфільтрованого досліджуваного бензину, встановлюють її всередині бомби і закривають годинниковим склом. Бомбу закручують кришкою і з'єднують її мідною трубкою з кисневим балоном. Ручкою 9 піднімають голчастий клапан 8 і не менше як впродовж 3 хв заповнюють бомбу киснем до тиску 0,2 МПа. Далі ручкою опускають голчастий клапан і відкручують гайку, за допомогою якої бомба з'єднується з мідною трубкою. Обережно відкривають вентиль, повільно випускаючи кисень, тобто продувають бомбу. Далі знову наповнюють бомбу киснем до тиску 0,75 МПа і від'єднують мідну трубку.

Наповнену киснем бомбу опускають у бак з водою, що має температуру 15...20 °С, і перевіряють її герметичність. Зменшують тиск усередині бомби до 0,7 МПа, воду в бані доводять до кипіння. Бомбу занурюють у киплячу баню до верхнього краю кришки. Момент занурення бані у воду приймають за початок окиснення бензину і відзначають час та початковий тиск. Далі через кожні 5 хв відзначають тиск у бомбі. У зв'язку з нагрівом кисню і бензину в початковий період тиск зростає, а потім, досягнувши максимального значення, деякий час утримується постійним і після цього розпочинає безперервно знижуватися. Випробування завершують, коли тиск зменшиться на 0,06 МПа від максимального значення. За кінець індукційного періоду приймають початок безперервного падіння тиску.

Після закінчення окиснення бомбу обережно виймають з киплячої бані і занурюють на 15...20 хв у бак з водою, температура якої 15...20 °С. Далі бомбу встановлюють на підставку і випускають із неї кисень. Обтирають кришку і головку бомби сухим рушником, відкручують кришку, піднімають її і витирають виступаючу частину грибка 3 фільтрувальним папером. Далі кришку з головою знімають з корпусу бомби, виймають тигельними щипцями годинникове скло і склянку з окисненим бензином. Бензин, який сконденсувався в корпусі бомби, зливають у склянку. Мірним циліндром заміряють об'єм бензину, що залишився після досліду. Якщо його менше ніж 95 мл, дослід повторюють.

Обробка результатів. Тривалість періоду окиснення бензину приймають як різницю між часом завершення індукційного періоду і часом початку окиснення. Оскільки досліджуваний бензин у бомбі нагрівається поступово і досягає температури 100 °С через деякий проміжок часу, то тривалість індукційного періоду не збігається з тривалістю періоду окиснення. У зв'язку з цим під час визначення індукційного періоду вводять поправку, яка враховує відставання температури бензину від 100 °С. Експериментально встановлена поправка для описаної конструкції бомби становить 55 хв.

Приклад підрахунку тривалості індукційного періоду бензину наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Приклад підрахунку тривалості індукційного періоду

Показник	Дослід 1	Дослід 2
Початок окиснення	9 год	9 год
Кінець індукційного періоду	20 год	19 год 50 хв
Тривалість періоду окиснення	660 хв	650 хв
Поправка на запізнювання нагрівання бензину	55 хв	55 хв
Індукційний період	605 хв	595 хв
Індукційний період за результатами двох визначень	600 хв	

Робота № 8. ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ СІРКИ В РІДКОМУ ПАЛИВІ

Загальні відомості. Сірка в паливі може перебувати як у вільному, так і зв'язаному стані у вигляді сірководню або інших органічних сполук. Сірководень відносять до активної групи за корозійною агресивністю відносно металів. Сполуки неактивної групи безпосередньо на мета-

ли не діють, але під час згоряння палива сприяють утворенню оксидів сірки, які спричиняють основну корозію деталей двигуна.

Використання рідкого палива з вмістом активних сіркових сполук спричинює корозію деталей кривошипно-шатунного і газорозподільного механізмів та системи живлення двигуна, а також тари, в якій зберігається паливо. Наявна в паливі сірка сприяє швидкому відкладанню нагарів на деталях двигуна, підвищенню їх твердості і тим самим прискореному спрацюванню деталей. Крім того, з підвищенням вмісту сірки у паливі зростає кислотність оливи, збільшуються її зольність, вміст шлаків, що призводить до зменшення терміну роботи оливи.

Згідно з ДСТУ 7687:2015 масова частка сірки в автомобільних бензинах не повинна перевищувати 10 мг/кг. Для дизельного палива за ДСТУ 7688:2015 масова частка сірки має бути: для Євро 5 – не більше ніж 10 мг/кг; для Євро 4 – не більше ніж 50 мг/кг; для Євро 3 – не більше ніж 350 мг/кг.

Для оцінки корозійних властивостей палива, крім якісної проби на мідну пластинку, стандартом передбачено визначення загального вмісту сірки ламповим методом (ДСТУ EN ISO 20884).

Методика виконання роботи. Дослідження наявності сірки в паливі проводять у провітрюваному приміщенні, але в місці, захищеному від різких коливань повітря. Під час досліджень у приміщенні не повинні проводитись інші роботи із сірчаними сполуками і концентрованими кислотами. Визначення проводять на апаратах типу ОС або ОСУ.

У разі наявності нагару, який не знімається механічним способом з елементів апарата (рис. 17), їх перед збиранням промивають 5%-вим розчином двохромовокислого калію в концентрованій сірчаній кислоті та ретельно споліскують водопровідною і дистильованою водою, перевіряючи метил-оранжевим індикатором відсутність залишків кислоти.

Лампу 5 з гнотом промивають бензином-розчинником або петро-

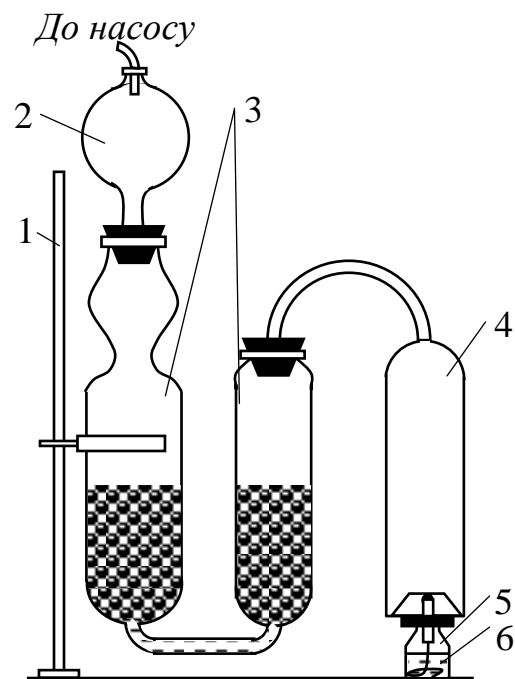


Рис. 17. Схема пристрою для визначення ламповим методом наявності сірки в паливі:

1 – штатив; 2 – краплеловлювач; 3 – абсорбери; 4 – лампове скло; 5 – лампа; 6 – досліджуване паливо.

лейним ефіром і висушують. У лампу вставляють гнотову трубку або пробку з гнотовою трубкою, через яку пропущено гніт. Нижнє закінчення гнота розташовують уздовж круглого дна лампи, а його верхнє закінчення зрізають на рівні гнотової трубки і закривають ковпачком. Для кожного випробування застосовують новий гніт.

Нафтопродукти, які в процесі горіння виділяють значну частину кіптяви або повністю не згоряють, змішують з розчинником. Для дослідження бензину використовують пробу об'ємом $1...3\text{ см}^3$, що може розчинятися з розчинником у пропорціях 1:1, 1:2 і 1:3. Дизельне пальне заливають в об'ємі $0,9...1,0\text{ см}^3$ або розчинене в пропорціях 1:3 і 1:4.

У лампу, що попередньо підготували і зважили (з ковпачком, але без гнота і його трубки), заливають паливо. Лампу з паливом закривають ковпачком і знову зважують. Похибка зважувань не повинна перевищувати $0,0004\text{ г}$. Масу досліджуваного нафтопродукту визначають за різницею мас лампи з паливом і без нього. За необхідності до палива додають розчинник у вищезгаданих пропорціях. Після розчинення палива в лампу вставляють гнотову трубку з гнотом.

Для проведення контрольного досліду в лампу наливають розчинник, який використовується для розбавлення палива, у тій же кількості, але з врахуванням 2 см^3 на промивання гноту.

В абсорбери 3 (див. рис. 17) наливають 10 мл розчину вуглекислого натрію і 15 см^3 дистильованої води. Підготовлені абсорбери з'єднують з крапельловлювачем 2 та ламповим склом 4. Після збирання пристрою вмикають насос, забезпечуючи рівномірне всмоктування повітря. Знімають з лампи 5 ковпачок і запалюють гніт спиртівкою (запалювання від сірника недопустиме). Висота полум'я повинна становити $6...8\text{ мм}$. Запалену лампу встановлюють під лампове скло так, щоб край гнотової трубки не виступав над нижнім краєм лампового скла більше 8 мм . Швидкість всмоктування повітря регулюють, щоб горіння палива відбувалось без кіптяви і краплі не потрапляли в крапельловлювач.

Після повного спалювання суміші досліджуваного палива в лампу наливають два рази по 1 см^3 розчинника, який також спалюють повністю. Після спалювання додаткових порцій розчинника лампу закривають ковпачком і через $3...5\text{ хв}$ вимикають насос.

Розбирають пристрій та ретельно промивають крапельловлювач, лампове скло і верхню частину абсорбера дистильованою водою з метилоранжем (7 см^3 на 1 дм^3 води), зливаючи її в абсорбер з розчином вуглекислого натрію та поглинутим окисом сірки. Промивання здійснюють порціями води по $50...70\text{ см}^3$ і вважають завершеним, якщо вода не забарвлюється в рожевий колір.

Розчини в абсорберах перемішують переливаючи з одного в інший за допомогою водоструменевого насоса, груші або повітря. Якщо в процесі перемішування розчин змінить своє забарвлення на рожеве, то дослідження повторюють, але з меншою кількістю палива.

Першим титрують контрольний розчин з продуктами згоряння розчинника, що використовувався для розбавлення палива. До досліджуваного розчину, перемішуючи, додають 0,05 н розчин соляної кислоти, у кількості, що викликає рожеве забарвлення. Потім титрують розчин з продуктами згоряння досліджуваного палива, доки рожеве забарвлення за насиченістю не відповідатиме контрольному розчину. Якщо на титрування використано менше ніж 3 см³ розчину НСІ, то дослідження вважають недійсним і повторюють з меншою кількістю палива.

Обробка результатів. Масову частку сірки S , %, визначають з виразу

$$S = \frac{(V - V_1) K 0,0008}{m} 100, \quad (10)$$

де V і V_1 – відповідно об'єми 0,05 н розчину соляної кислоти, використані для титрування розчину контрольного і розчину після поглинання продуктів згоряння палива, см³; K – поправковий коефіцієнт до титру 0,05 моль/дм³ (0,05 н) розчину соляної кислоти; 0,0008 – маса сірки, еквівалентна 1 см³ 0,05 н розчину соляної кислоти, г; m – маса палива, що згоріло в лампі, г.

За результат визначення масової частки сірки палив приймають середнє арифметичне значення двох паралельних визначень.

Визначення масової частки сірки за допомогою приладу АИСС. Автоматичний вимірювач вмісту сірки АИСС (рис. 18) складається з пробоподавального пристрою та встановлених на ньому датчика і пристрою керування. До комплекта може входити принтер для друкування результатів досліджень. Принцип дії АИСС ґрунтується на збудженні та реєстрації характерного випромінювання атомів сірки, що знаходяться в паливі.

Для проведення досліджень у кювети за допомогою піпетки або медичного



Рис. 18. Загальний вигляд автоматичного вимірювача вмісту сірки АИСС.

шприца наливають досліджуване паливо, опорний та допоміжний калібрувальні зразки однакового об'єму ($\pm 0,5$ мл), але не менше як 3 мл.

Вмикають прилад тумблером на пристрої керування, у результаті чого загориться індикатор ПРОГРІВ, а на цифровому табло розпочнеться відлік часу прогріву. Якщо індикатор не загорівся, натискають на клавішу СКИДАННЯ. Через 7...10 хв прогрів завершиться, про що свідчитиме звуковий сигнал та гасіння індикатора ПРОГРІВ. За наявності несправності загориться індикатор ЗБІЙ і на цифровому табло висвітлиться номер причини E0, що описані в паспорті вимірювача.

Якщо до АИСС підключено принтер, то на цифровому табло загориться запит для введення дати і часу досліджень. Потрібні значення набирають за допомогою цифрової клавіатури. У разі помилки набрані знаки знімаються клавішею “←”. Після набору даних натискають клавішу ВВІД.

Після завершення прогріву і введення дати й часу висвітлюється ВВІД РЕЖИМ. З клавіатури вводять номер режиму 0...4. Якщо приблизна масова частка сірки в паливі невідома, то натискають клавішу 0 – режим оцінки діапазону. Режими 1 і 2 застосовують для палив з діапазоном 0,02...0,1% маси сірки, відповідно 3 і 4 – для 0,1...5,0 % маси. Вибравши режим, натискають клавішу ВВІД. Висвітлюється ВВІД КО 1 і за допомогою клавіатури набирають масову частку сірки опорного зразка, вибраного з табл. 5. Значення масової частки сірки в опорному зразку повинно бути якомога ближчим до очікуваних результатів у досліджуваному паливі, що покращить точність вимірювання.

Таблиця 5. Вибір калібрувальних зразків за вмістом сірки, % маси

Очікуваний вміст сірки	КО 1 (опорний)	КО 2 (допоміжний)
0...0,25	0...0,005	0,15...0,25
0,25...1,0	0,15...0,25	0,3...1,2
1,0...3,0	0,8...1,2	2,8...3,2
>3,0	2,8...3,2	4,5...5,5

Під час виконання режиму оцінки діапазону застосовують опорний зразок з вмістом сірки 0...0,005 % маси. Після введення значення опорного зразка висвітлюється УСТАНОВ КО1 та на цифровому табло з'явиться час з моменту увімкнення приладу або дійсний час.

Після цього встановлюють кювет зі зразком КО1 у відкриту комірку каретки пробоподавального пристрою і натискають клавішу ВВІД. Каретка пробоподавального пристрою автоматично змінить своє положення.

Далі на табло висвітлюється ВВІД КО2 і за аналогією вводять значення додаткового калібрувального зразка, який у режимі оцінки діапа-

зону має містити сірки 0,8...1,2% маси. Калібрування приладу завершується звуковим сигналом, а каретка пробоподавального пристрою автоматично встановлюється у відкрите положення. При підключеному принтері вводять номер проби та її тип. Після цього висвітлюється УСТАНОВ ПРОБА і поточний час.

Кювет з пробкою досліджуваного палива встановлюють у комірку пробозабірника і натискають клавішу ВВІД. Після завершення заміру лунає звуковий сигнал і каретка пробозабірника автоматично висувається та загоряється індикатор РЕЗУЛЬТАТ, а на цифровому табло вказується вміст масової частки сірки у відсотках.

Для виконання наступного заміру натискають клавішу СКИДАННЯ та вводять номер наступної проби і виконують вищеописані операції зі встановлення зразка й отримання результату вимірювань. За необхідності повторного калібрування одночасно натискають клавіші "1" та СКИДАННЯ.

Для покращання ефективності застосування пристрою АИСС у ньому передбачена можливість застосування додаткових режимів, що вмикаються одночасним натисканням клавіш їх порядкового номера і СКИДАННЯ. Ці режими дають змогу здійснювати вимірювання без калібрування, одночасне друкування та виведення на цифрове табло характеристик приладу та проб калібрування, встановлення різних режимів експонування та поточного часу, припинення прогріву.

РОБОТА № 9. ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ СВИНЦЮ В АВТОМОБІЛЬНИХ БЕНЗИНАХ

Загальні відомості. Високої детонаційної стійкості товарних бензинів досягають завдяки застосуванню антидетонаторів – хімічних сполук, які при дуже малій концентрації значно підвищують октанове число (ОЧ). Антидетонатори поділяють на дві групи сполук: металовмісні та органічні. До найефективніших металовмісних антидетонаторів належить *тетраметилсвинець* (ТМС) $Pb(CH_3)_4$. Це високотоксична сполука, яка в продуктах згоряння містить значну концентрацію оксидів свинцю.

З метою підтримання належного екологічного стану та обмеження нагароутворення концентрація свинцю у вітчизняних марках автомобільних бензинів не повинна перевищувати 5 мг/дм³.

Методика виконання роботи. Масову концентрацію свинцю визначають методом (ДСТУ EN 237) екстрагування сполук свинцю розчином монохлориду йоду, з подальшим руйнуванням монохлориду йоду ро-

зчинами аміакату і сірчистоокислого натрію та спектрофотометричним визначенням вмісту свинцю.

Для проведення досліджень та побудови тарувальної кривої потрібно підготувати п'ять розчинів.

Масова концентрація за азотнокислим свинцем розчину № 1 – $0,1 \text{ мг/см}^3$. Його отримують, розчиняючи в мірній колбі місткістю 1000 см^3 з дистильованою водою 1 см^3 азотної кислоти і $1,600 \pm 0,005 \text{ г}$ азотнокислого свинцю. Об'єм розчину доводять до позначки, доливаючи дистильовану воду. Набирають 10 см^3 отриманого розчину в колбу місткістю 100 см^3 і добавляють дистильовану воду до позначки.

Концентрація монохлориду йоду в розчині № 2 – 1 моль/дм^3 . Для його отримання в склянку місткістю 400 см^3 насипають $22,5 \pm 0,5 \text{ г}$ йодного калію та доливають 90 см^3 дистильованої води і 90 см^3 концентрованої соляної кислоти. Після охолодження розчину до температури навколишнього середовища, до нього добавляють $15,0 \pm 0,50 \text{ г}$ йодноватокислого калію і перемішують до утворення прозорого оранжевого розчину. Отриманий розчин переливають у мірну колбу місткістю 200 см^3 і доводять об'єм до позначки, додаючи дистильовану воду.

Розчин № 3 готують змішуванням концентрованого водного аміаку з дистильованою водою в однакових об'ємах.

Розчин № 4 містить тіосульфат натрію масовою концентрацією 100 г/дм^3 . Його отримують розчиненням у мірній колбі місткістю 100 см^3 з дистильованою водою 10 г тіосульфату натрію. Об'єм розчину доводять до позначки, доливаючи дистильовану воду.

Розчин № 5 можна готувати двома способами. У першому випадку приготування здійснюють у мірній колбі місткістю 1000 см^3 , в яку поміщають 700 см^3 дистильованої води, 1 г сульфарсазону та 7 см^3 розчину №3. Об'єм розчину доводять до позначки, доливаючи дистильовану воду. Цим розчином можна користуватися впродовж 15 діб, зберігаючи його в темному посуді.

У другому випадку також готують розчин у мірній колбі місткістю 1000 см^3 , яку заповнюють 700 см^3 дистильованої води, $0,250 \pm 0,005 \text{ г}$ 4-(2-піридил-азо)-резорцину (ПАР) та 10 см^3 концентрованого водного аміаку, а загальний об'єм розчину доводять водою до позначки. Цим розчином можна користуватися впродовж 3 місяців, також зберігаючи його в темному посуді.

Для побудови тарувальної кривої в п'ять склянок місткістю 100 см^3 наливають $1,0$; $2,0$; $3,0$; $4,0$; $5,0 \text{ см}^3$ розчину № 1, що відповідає $0,0001$, $0,0002$, $0,0003$, $0,0004$, $0,0005 \text{ г}$ свинцю. У кожен склянку послідовно додають 5 см^3 розчину № 2 і 10 см^3 розчину № 3, після чого випадає густий чорний осад. По краплі, при постійному перемішуванні, додають

5...10 см³ розчину № 4 до повного розчинення осаду і знебарвлення розчину. За наявності навіть легкого помутніння розчину, його слід переробити.

Отримані розчини окремо переливають у мірні колби місткістю 100 см³ і, сполоснувши склянки дистильованою водою переливають її у ті ж колби та додають піпеткою 5 см³ розчину № 5. Вміст колб перемішують упродовж 30 с і доводять їх об'єм дистильованою водою до позначки.

Підготовлені розчини окремо наливають у кювети фотоелектроколориметра, які попередньо були промиті дистильованою водою та спиртом і висушені на повітрі. Кювети, заповнені до позначки на боковій стінці, по чергово встановлюють в кюветотримач та вимірюють оптичну густину D . За отриманими результатами будують тарувальну криву (рис. 19) залежності оптичної густини від масового вмісту свинцю.

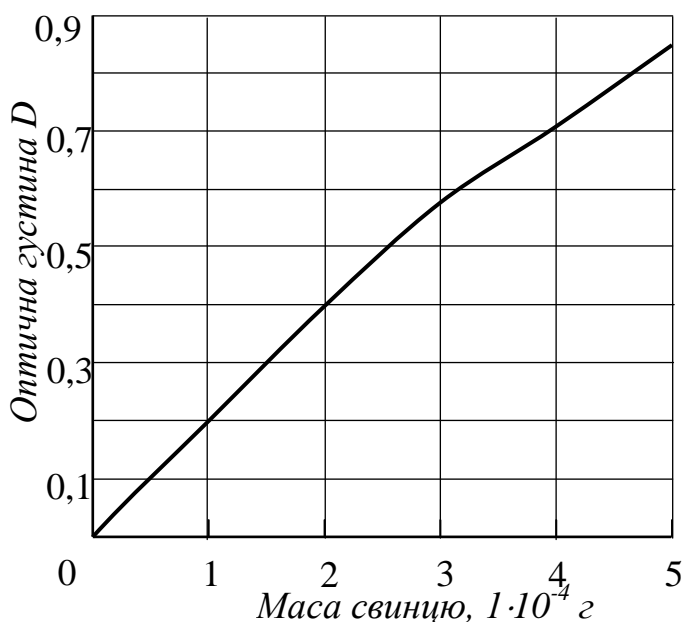


Рис. 19. Тарувальна крива.

Пробу досліджуваного бензину вказаного в табл. 6 об'єму

наливають у ділильну лійку і додають 5 см³ розчину № 2, перемішуючи вміст лійки впродовж 3 хв. Після розшарування розчину нижній шар зливають у склянку місткістю 100 см³. До ділильної лійки додають 2 см³ дистильованої води, перемішують суміш 1...2 хв та після розшарування зливають водну витяжку в склянку. Промивання повторюють 2–3 рази до отримання безбарвного нижнього шару.

У склянку додають 10 см³ розчину № 3, при цьому випадає густий чорний осад. Перемішуючи розчин, по краплях додають 5...10 см³ розчину № 4 до повного розчинення осаду і знебарвлення суміші. Якщо під час додавання розчину № 3 не утворився осад, то додають 3...5 крапель розчину № 4 і продовжують дослідження.

Отриману суміш переливають зі склянки в мірну колбу місткістю 100 см³. Склянку споліскують дистильованою водою, зливаючи її у колбу. До розчину добавляють піпеткою 5 см³ розчину № 5 та перемішують впродовж 30 с і доводять загальний об'єм до позначки, доливаючи дистильовану воду. Цей розчин через 3...5 хв наливають у кювет до

Таблиця 6. Вибір об'єму палива для проведення дослідів

Очікувана концентрація свинцю, г/дм ³	Об'єм проби бензину, см ³
До 0,005	50,0
Від 0,005 до 0,010	10,0
» 0,010 до 0,050	5,0
» 0,050 до 0,150	2,0
» 0,150 до 0,500	0,5
» 0,500 до 1,500	0,2
» 1,500 до 3,000	0,1

позначки на боковій стінці та встановлюють у кюветотримач. Під час встановлення кювет утримують вертикально, беручи руками за верхню частину до позначки. Стежать, щоб на робочих поверхнях кювету не було забруднень або крапель розчинів, що може призвести до неправильного визначення оптичної густини.

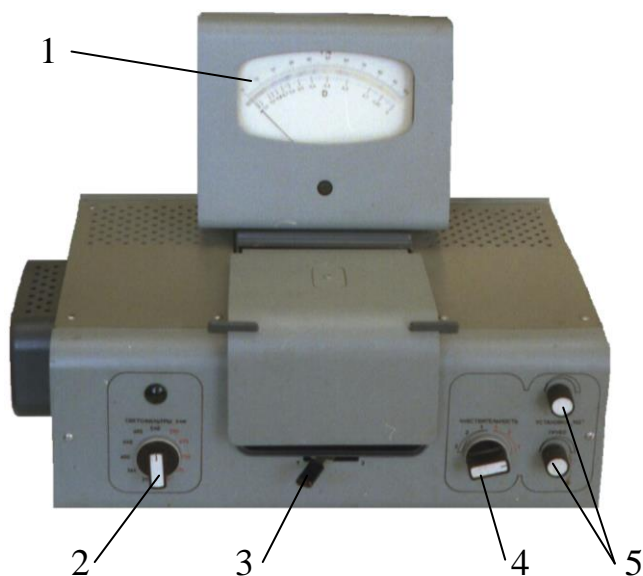


Рис. 20. Загальний вигляд фотоелектроколориметра:

1 – мікроамперметр; 2 – ручка введення світлофільтра у світловий промінь; 3 – важіль перемикання світлового променя на кювет; 4 – ручка чутливості; 5 – ручки точності.

Перед проведенням дослідів перевіряють розташування стрілки мікроамперметра 1 (рис. 20) фотоелектроколориметра, яка повинна знаходитись на нульовій позначці шкали оптичної густини чи коефіцієнта проникливості. За необхідності, стрілку підводять до нуля потенціометром, шліц якого розміщений під шкалою.

Прогрівують колориметр впродовж 15 хв, увімкнувши тумблер живлення та відкривши кришку кюветного відділення. Встановлюють світлофільтр, який підбирають з умови забезпечення максимального значення оптичної густини в широкому діапазоні світлових хвиль для досліджуваної речовини. Колориметр налагоджують на мінімальну чутливість, повертаючи ручку 4 – ЧУТЛИВІСТЬ у положення «1», а ручки 5 – УСТАНОВКА «100» і ГРУБО у крайнє ліве положення. Якщо в процесі дослідження застосовуються світлофільтри 315, 364, 400, 440, 490, 540 нм (ручка 2), що відображені на панелі колориметра чорним кольором, то ручку ЧУТЛИВІСТЬ

встановлюють у положення «1», «2» або «3» також чорного кольору. Для світлофільтрів 590, 670, 750, 870, 980 нм, що відображені червоним кольором, ручку ЧУТЛИВІСТЬ встановлюють відповідно в положення «1», «2», «3» червоного кольору.

У кюветотримачі закріплюють кювети з контрольним розчином та досліджуванним. Важелем 3 спрямовують світловий промінь на кювет з контрольним розчином та за допомогою ручок 4 і 5 встановлюють стрілку міліамперметра на позначці “100”. Переводять важіль 3 в протилежну сторону, спрямовуючи світловий промінь на кювет з досліджуваною речовиною, та записують покази міліамперметра.

Вимірявши оптичну густину розчину досліджуваного бензину не менше трьох разів, знаходять середнє арифметичне значення, за яким, користуючись тарувальною кривою, визначають масовий вміст свинцю.

Обробка результатів. Масову концентрацію свинцю C , г/дм³, у досліджуваному бензині знаходять за формулою

$$C = 1000 \frac{m}{V}, \quad (11)$$

де m – маса свинцю, визначена за тарувальною кривою, г; V – об’єм бензину, взятого для дослідження, см³.

Якщо концентрація свинцю в досліджуваному бензині менша 0,005 г/дм³, то вважають, що він відсутній.

РОБОТА № 10. ВИЗНАЧЕННЯ МАСОВОЇ ЧАСТКИ БЕНЗОЛУ ТА СУМАРНОГО ВМІСТУ АРОМАТИЧНИХ ВУГЛЕВОДНІВ

Загальні відомості. Ароматичні вуглеводні стійкі проти окиснення навіть за високих температур. Вони є цінним компонентом бензинів, оскільки мають високі антидетонаційні властивості, але при цьому мають підвищену схильність до нагароутворення, погіршують сумісність бензину з гумовими і пластмасовими ущільнювачами, тому в товарних бензинах вміст ароматичних вуглеводнів не повинен перевищувати 42 %.

Представником ароматичних вуглеводнів є бензол, що відповідає формулі C₆H₆ і характеризується октановим числом 108, визначеним моторним методом. У процесі згоряння бензол є основним джерелом токсичних речовин відпрацьованих газів, тому його масова частка в бензинах не повинна перевищувати 5 %. З метою поліпшення екологічної ситуації, особливо в містах, планується збільшення обсягів виробництва бензинів з вмістом бензолу до 1 %.

Найбільше бензолу (до 75 %) містять бензини, виготовлені в процесі каталітичного риформінгу. Зниження його вмісту можна досягти вилу-

ченням з сировини риформінгу вуглеводнів з шістьма атомами вуглецю, з яких утворюється бензол, та проведенням процесу каталітичного риформінгу під низьким тиском з наступною перегонкою від реформату фракцій, багатих на бензол.

Масову частку бензолу і сумарний вміст ароматичних вуглеводнів визначають методом (ДСТУ EN 14517) хроматографічного розділення вуглеводнів бензину. Суть методу полягає в хроматографічному розділенні вуглеводнів бензину на високополярній селективній нерухомій фазі, яка забезпечує елюювання бензолу після насичених і олефінових вуглеводнів і визначенні бензолу та сумарного вмісту ароматичних вуглеводнів.

Методика виконання роботи. Для визначення масової частки бензолу і сумарного вмісту ароматичних вуглеводнів використовують хроматографи марок ЛХМ-80, Кристаллюкс-4000 (рис. 21) та ін.

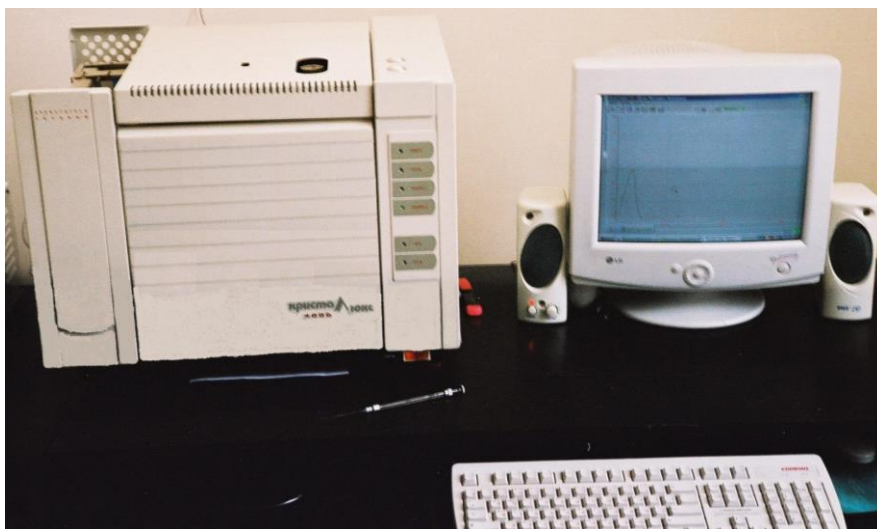


Рис. 21. Хроматограф Кристаллюкс-4000.

Принцип роботи хроматографа полягає в застосуванні газо-адсорбційної і газорідної хроматографії в ізотермічному режимі та режимі лінійного програмування температури роздільних колонок. Проба в рідкому стані вводиться мікрошприцом у випарник, де вона випаровується і разом з газом-носієм надходить у хроматографічну колонку. Завдяки різній сорбції компонентів суміші на поверхні адсорбенту або у зв'язку з різною розчинністю компонентів у нерухомій фазі на поверхні адсорбенту, що заповнює колонку, компоненти рухаються по колонці з різною швидкістю. Визначення кількісної характеристики розділених компонентів здійснюється детектором, який перетворює значення концентрації компонентів в електричний сигнал. За допомогою мікропроцесорного контролера електричний сигнал перетворюється в цифрову фо-

рму та передається в комп'ютер для подальшої обробки згідно з програмним забезпеченням.

Перед проведенням досліджень на хроматографі Кристаллюкс-4000 попередньо очищують колонку. Для цього її заповнюють органічним розчинником (ацетоном, гексаном), який утримують впродовж 1...2 год. Після цього розчин видувають з колонки азотом та утримують колонку в сушильній шафі за температури 220 ± 20 °С впродовж однієї години. Охолодивши колонку, її промивають дистильованою водою та просушують у сушильній шафі впродовж години за тієї ж температури.

Заповнення колонки абсорбентом здійснюють застосовуючи вакуум або під тиском. Для дослідження бензину з температурою кипіння до 205 °С колонку заповнюють $10,0 \pm 0,5$ г абсорбера, з яких 10 % складає нерухома фаза ГЦЭГ і 90 % твердий носій хроматон N-AW-HMDS. Ці речовини розчиняють у 100 см^3 хлороформу. Бензини з температурою випаровування до 215 °С досліджують, заповнюючи колонку $17,0 \pm 0,5$ г абсорбера, з яких 30 % складає нерухома фаза OV-275 і 70 % твердий носій – хромосорб RAW. Їх розчиняють у 100 см^3 ацетону.

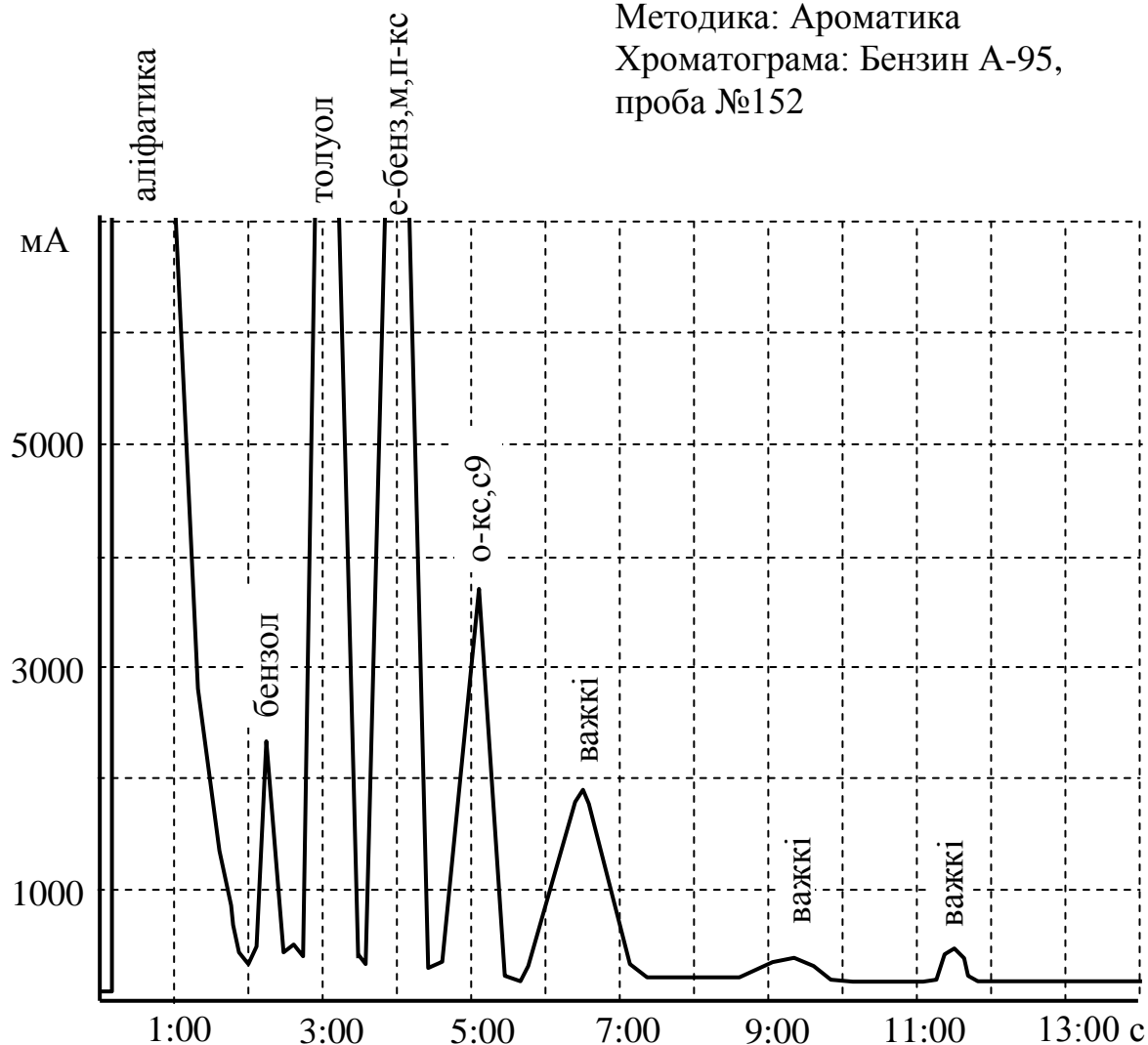
З метою видалення розчинника і стабілізації нерухомої фази заповнену колонку приєднують до випарника хроматографа і здійснюють термообробку впродовж трьох годин при максимальній температурі. Для нерухомої фази ГЦЭГ газоносій нагрівають до 140 °С, а для OV-275 – 160 °С. Після охолодження колонки її з'єднують з детектором. У процесі підготовки хроматографа стежать, щоб газоносій (азот, гелій), водень і повітря подавались магістралями під тиском $0,4 \pm 0,01$ МПа.

Для дослідження концентрації ароматичних вуглеводнів, на підготовленому до роботи хроматографі, за допомогою клавіатури вводять режим роботи, дату аналізу, марку досліджуваного бензину, об'єм та реєстраційний номер проби. За умови виходу пристрою на режим готовності монітор відобразить повідомлення «ГОТОВ».

Набравши в мікрошприц $0,30 \dots 0,50 \text{ мкдм}^3$ досліджуваного бензину, вводять пробу в один з двох випарників і натискають на кнопку «СТАРТ», що розташована біля отвору для введення голки. На моніторі відобразиться повідомлення «АНАЛІЗ» або за наявності якихось несправностей інша інформація, що допомагає усунути недоліки. У разі успішного проведення аналізу на моніторі через деякий час відобразиться хроматограма та кількісна характеристика досліджуваних складників, яку можна занести в пам'ять комп'ютера і надрукувати на принтері (рис. 22).

Отримані хроматограми розраховують за допомогою інтегратора або розрахунковим методом.

Дата дослідження: 25.03.23
 Методика: Ароматика
 Хроматограма: Бензин А-95,
 проба №152



ТАБЛИЦЯ ПІКІВ					
пік	час виходу	площа	висота	кількісна характер.	
				знач.	од. вим.
аліфатика	32,72	863930,90	63205,67	55,1827	%
бензол	2:10,67	21338,05	2325,78	1,3936	%
толуол	3:00,11	274978,30	21860,19	17,8872	%
е-бензол	4:00,39	137334,80	7114,58	9,3103	%
о-ксилол	5:14,79	104272,00	3785,87	7,6818	%
важкі	6:54,39	70652,34	1845,76	5,5372	%
важкі	9:30,44	21143,47	221,45	1,6571	%
важкі	11:58,91	17225,27	278,33	1,3500	%

Рис. 22. Зразок хроматограми дослідження вмісту вуглеводнів.

Обробка результатів. Для встановлення поправкових коефіцієнтів чутливості детектора до вуглеводнів відносно стандарту (бензолу), поправковий коефіцієнт для якого приймають рівним 1, готують три-п'ять калібрувальних сумішей, які імітують досліджуваний бензин. Наприклад, готують суміш такого складу (% маси): алкилат – 50...45; іонан – 4...5; декан – 1...2; бензол – 5...2; толуол – 7...10; етилбензол – 3...4; *n*-ксилол – 5...4; *m*-ксилол – 15...20; *o*-ксилол – 5...4, ароматичний вуглеводень $C_9 - 100 - \sum C_i$, де $\sum C_i$ – сума масових часток попередніх компонентів, %.

Поправковий коефіцієнт чутливості детектора до вуглеводню K_i визначають за формулою

$$K_i = \frac{m_i \cdot S_{ст}}{m_{ст} \cdot S_i}, \quad (12)$$

де m_i , $m_{ст}$ – відповідно маси компонента в калібрувальній суміші і бензолу, вибраного як стандарт, г; S_i , $S_{ст}$ – площі піку компонента у калібрувальній суміші і бензолу, вибраного як стандарт.

Хроматограму бензину розраховують методом внутрішньої нормалізації (сума площ усіх піків на хроматограмі приймається рівною 100% з урахуванням поправкових коефіцієнтів).

Масову частку бензолу X , % визначають за формулою

$$X = \frac{S_2 \cdot K_2}{\sum_{i=1}^n S_i \cdot K_i} 100, \quad (13)$$

де S_2 – площа піку бензолу; K_2 – поправковий коефіцієнт бензолу, рівний 1; $\sum_{i=1}^n S_i \cdot K_i$ – сума площ піків з урахуванням поправкових коефіцієнтів.

Сумарну масову частку ароматичних вуглеводнів X_a , % визначають за формулою

$$X_a = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot K_i - S_1 \cdot K_1}{\sum_{i=1}^n S_i \cdot K_i} 100, \quad (14)$$

де S_1 – площа піку насичених і олефінових вуглеводнів; K_1 – поправковий коефіцієнт чутливості для насичених і олефінових вуглеводнів.

Хроматограф Кристаллюкс-4000 дає змогу в автоматичному режимі провести розрахунки за формулами (12)–(14) і результати подати у вигляді окремої таблиці на хроматограмі (див. рис. 22).

За результат випробувань приймають середнє арифметичне двох послідовних визначень і округлюють до десяткового знака.

Робота № 11. ВИЗНАЧЕННЯ ЦЕТАНОВОГО ЧИСЛА ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО ЗА ЗБІГОМ СПАЛАХІВ

Загальні відомості. На процеси сумішоутворення і згоряння у дизельних двигунах припадає дуже короткий проміжок часу, який відповідає лише 15...20 ° повороту колінчастого вала. Цей час приблизно в 10 разів менший, ніж у бензинових двигунах.

Пальна суміш у дизелях готується безпосередньо в циліндрі. Якість сумішоутворення і згоряння палива залежать від тиску й температури стиснутого повітря, концентрації парів палива в повітрі, однорідності розпилу, випаровуваності і хімічного складу палива. Хімічний склад палива виступає вирішальним чинником, що впливає на температуру самозаймання, період затримки займання і швидкість поширення фронту полум'я.

Період затримки займання в дизелі передує процесу самозаймання. Цей період триває від початку подачі палива в камеру згоряння до моменту початку його займання.

У період затримки займання відбувається низка фізико-хімічних процесів: розпилення палива, перемішування його з повітрям, нагрівання і випаровування. Одночасно з цим протікають складні хімічні реакції багатостадійного окиснення вуглеводнів. У пальній суміші утворюються нестійкі сполуки, що містять кисень – перекиси, гідроперекиси, альдегіди тощо, які дає розкладаються. Цей період супроводжується вивільненням частини (10...15 %) енергії, яку містить паливо, і слабким холодним голубим світінням. У результаті передполумєневих реакцій виділяється тепло, підвищується температура пальної суміші, збільшується швидкість хімічних реакцій, холоднополумєневий процес переходить у гарячий, відбувається самозаймання і горіння палива.

Дизельне пальне складається в основному з парафінових, нафтових і ароматичних вуглеводнів. Найбільш схильні до окиснення і самозаймання парафінові вуглеводні, більш стійкі нафтові і найстійкіші – ароматичні.

Якщо період затримки займання надто великий, то суміш запалюється із запізненням, при цьому в циліндрі дизеля накопичується і одночасно займається велика доза палива. Це спричинює різке наростання тиску, виникають стуки, спостерігається так звана жорстка робота. Як наслідок, збільшується спрацювання деталей, прорив газів у картер двигуна, витрата палива.

Режим роботи двигуна оцінюють за зростанням тиску в камері згоряння на 1 ° повороту колінчастого вала. Якщо тиск зростає на 0,25...0,60 МПа/1°п.к.в., вважають, що двигун працює м'яко, при

0,6...0,8 МПа/1°п.к.в. – жорстко, а понад 0,9 МПа/1 °п.к.в. – дуже жорстко.

Цетанове число (ЦЧ) слугує показником samozаймистості дизельного пального.

Цетанове число дорівнює відсотковому вмісту (за об'ємом) цетану в такій суміші з альфа-метилнафталином, що рівноцінна досліджуваному паливу за samozаймистістю при випробуванні в стандартних умовах.

Сучасні дизельні палива мають цетанове число від 40 до 50. Чим нижче цетанове число, тим жорсткіше працює дизель, більша витрата палива і димність. Чим вище цетанове число – тим нижча швидкість наростання тиску і м'якша робота двигуна. Влітку можна використовувати паливо з цетановим числом 40 і вище, а взимку – не менше 45.

Цетанове число дизельного пального підвищують двома способами: регулюванням вуглеводневого складу або введенням спеціальних присадок.

Методика виконання роботи. Цетанове число дизельного пального визначають за методом збігу спалахів (ДСТУ ISO 5165) на одноциліндровій установці ИДТ-90 (рис. 23) або аналізаторами цетанового числа ЦКМ-1, IGT (ignition quality tester).



а)



б)

Рис. 23. Устаткування для визначення цетанового числа дизельного пального: а) ИДТ-90; б) IGT

У табл. 7 наведені умови, яких необхідно дотримуватися під час визначення цетанових чисел на моторній установці.

Таблиця 7. Режим роботи двигуна під час визначення цетанового числа

Показник	Значення
Частота обертання колінчастого вала двигуна, хв^{-1} , (об./хв)	900±10
Ступінь стиску	змінний від 7 до 23
Температура, °С: оливи в картері двигуна охолоджувальної рідини води, що охолоджує форсунку повітря на впуску у двигун	50...65 100±2 38±3 65±1
Тиск впорскування палива, Па	$(104\pm 0,4) \cdot 10^5$
Кут випередження впорскування палива, град до в.м.т.	13
Витрата палива, мл/хв	13±0,5

Під час визначення цетанового числа використовують первинне і вторинне еталонне паливо.

Первинне еталонне паливо – це суміш цетану і альфа-метилнафталіну. Займистість цетану прийнята за 100 одиниць, а альфа-метилнафталіну – за 0. Цетан під час згоряння в дизелі дає невеликий період затримки займання, забезпечуючи м'яку роботу двигуна. Альфа-метилнафталін – дуже важко окиснюється і займається, дає великий період затримки займання і дуже жорстку роботу двигуна.

Вторинне еталонне паливо – це суміш газойлю прямої перегонки з парафінних малосірчистих нафт і зеленої оливи, очищеної сірчаною кислотою.

Випробування полягає в порівнянні самозаймистості досліджуваного дизельного пального і еталонного палива. Самозаймистість досліджуваного дизельного пального визначають таким чином. Двигун запускають після попереднього підігріву картерної оливи до 55...60 °С. Прогрівають і встановлюють робочий режим двигуна на товарному дизельному пальному при ступені стиску, який забезпечує самозаймання палива, потім у паливний бак заливають досліджуване дизельне пальне і роботу моторної установки переключають на нього.

Під час роботи двигуна на досліджуваному паливі зміною положення рейки паливного насоса високого тиску встановлюють витрату палива $13\pm 0,5 \text{ см}^3/\text{хв}$. Регулюючи зазор між контактами індикатора впорскування і положення мікрометричного гвинта паливного насоса, встановлюють кут випередження впорскування 13° до в.м.т.

Встановлюють *критичний ступінь стиску* – найменший ступінь стиску, за якого двигун працює без пропусків самозаймання.

Далі остаточно налагоджують індикатори впорскування і займання, обладнані неоновими лампочками. Спочатку досягають того, щоб лампочки індикатора на ободі маховика випромінювали суцільні смуги світла. Потім регулюють індикатори до появи зрізаного кінця світлової смуги неонові лампочки.

Встановлюють ступінь стиску збігу спалахів неонових ламп, при цьому зрізані кінці світлових смуг індикаторів впорскування і займання повинні знаходитись на одному рівні. Таке положення двох світлових смуг із зрізаними кінцями на ободі маховика свідчить про збіг спалахів індикаторів впорскування і займання. У такому випадку різниця між моментом впорскування і займання становитиме 13° повороту колінчастого вала.

Порівняння досліджуваного дизельного пального з еталонними сумішами полягає в підборі двох сумішей з цетану і альфа-метилнафталіну. Одна суміш повинна давати збіг спалахів неонових ламп при більшому ступені стиску, інша – при меншому, ніж ступінь стиску збігу спалахів, знайдена для досліджуваного дизельного пального. Ці суміші повинні відрізнятися не більше ніж на чотири цетанові одиниці. Визначають ступені стиску збігу спалахів для досліджуваного палива і еталонних сумішей поперемінно не менше 3 разів.

Обробка результатів. Вміст цетану x , % за об'ємом, у первинній еталонній суміші цетану і альфа-метилнафталіну, еквівалентній за самозаймистістю досліджуваному дизельному пальному, знаходять за формулою

$$A = A_1 + (A_2 - A_1) \frac{a_1 - a}{a_1 - a_2}, \quad (15)$$

де A_1 – вміст цетану, % за об'ємом, у первинній еталонній суміші, яка забезпечує збіг спалахів при більшому ступені стиску, ніж досліджуване дизельне пальне (суміш з меншим цетановим числом); A_2 – те ж саме для суміші, яка забезпечує збіг спалахів при меншому ступені стиску, ніж досліджуване дизельне пальне (суміш з більшим цетановим числом); a – середнє арифметичне показів ступеня стиску при збігу спалахів для досліджуваного дизельного палива; a_1 – те ж саме для суміші цетану і альфа-метилнафталіну, що відповідає A_1 ; a_2 – те ж саме для суміші цетану і альфа-метилнафталіну, що відповідає A_2 .

Досліджуване дизельне пальне порівнюють із вторинними еталонними сумішами за тією ж методикою і в тій самій послідовності, що і з сумішами цетану і альфа-метилнафталіну. Результати визначення цетанових чисел за збігом спалахів вказують у цілих одиницях.

Робота № 12. ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕМАТИЧНОЇ В'ЯЗКОСТІ НАФТОПРОДУКТІВ

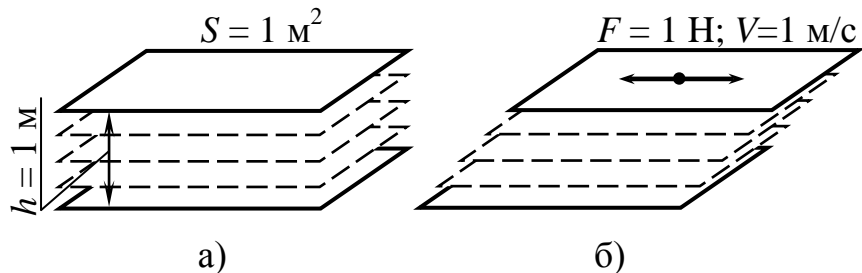
Загальні відомості. Властивість рідини чинити опір течії (переміщенню одного її шару відносно іншого) під дією зовнішньої сили називається в'язкістю. Фізична суть в'язкості – це внутрішнє тертя між частинками рідини, зумовлене силами молекулярного зчеплення.

В'язкість визначають для ньютонівських рідин, в яких напруження зсуву пропорційне швидкості деформації. Їх в'язкість не залежить від дотичного напруження і градієнта швидкості. Зовнішньою ознакою в'язкості є ступінь рухомості рідини: чим менша в'язкість, тим рідина рухоміша, і навпаки. Розрізняють динамічну, кінематичну і умовну в'язкості.

Динамічна в'язкість η – коефіцієнт внутрішнього тертя (відношення діючого дотичного напруження до градієнта швидкості). Вона є мірою опору рідини течії.

За одиницю динамічної в'язкості в системі СІ прийнято в'язкість такої рідини, яка чинить опір в 1 Н взаємному переміщенню двох шарів рідини площею 1 м², що віддалені на 1 м один від одного і рухаються з відносною швидкістю 1 м/с. Одиницею вимірювання динамічної в'язкості є Паскаль-секунда (Па·с). На практиці використовують мПа·с = 10⁻³Па·с, а також сантипуаз (сП = мПа·с). Ілюстративне тлумачення фізичного змісту 1 Па·с показано на рис. 24.

Рис. 24. Схема взаємного переміщення шарів рідини:
а) стан спокою; б) початок руху.



Динамічну в'язкість η найчастіше визначають аналітично як добуток кінематичної в'язкості ν на густину ρ за тієї ж температури:

$$\eta = \nu \cdot \rho. \quad (16)$$

Кінематична в'язкість ν – питомий коефіцієнт внутрішнього тертя. Вона є мірою опору рідини течії під дією сил тяжіння.

Метод визначення кінематичної в'язкості (EN ISO 3104) полягає у вимірюванні часу перетікання певного об'єму досліджуваного нафтопродукту через капіляр під дією сили тяжіння. Чисельно її значення дорівнює добутку часу перетікання рідини на сталу пристрою для визначення в'язкості.

Одиницею вимірювання кінематичної в'язкості в системі СІ є $\text{м}^2/\text{с}$. На практиці використовують $\text{мм}^2/\text{с} = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, а також сантистокс ($\text{сСт} = \text{мм}^2/\text{с}$).

Умовна в'язкість $^{\circ}\text{ВУ}$ показує, у скільки разів в'язкість нафтопродукту при температурі вимірювання більша або менша від в'язкості дистильованої води при температурі 20°C .

В'язкість нафтопродуктів суттєво залежить від температури, тому прийнято її визначати для дизельного пального при температурі 40°C , а для олив – при мінус 18, 40, 50 і 100°C .

В'язкість дизельного пального істотно впливає на роботу двигуна. Якщо пальне має високу в'язкість, ускладнюється його фільтрація, погіршується розпилення, що призводить до неповного згоряння. При малій в'язкості порушується дозування палива, дальність струменя розпилу виявляється недостатньою внаслідок значного розсіювання, погіршуються умови змащування плунжерних пар. Тому значення кінематичної в'язкості дизельного пального при 40°C повинно бути в межах 1,5...4,5 сСт.

Бензини мають низьку в'язкість і дуже полого в'язкісно-температурну характеристику, що зумовлює їх добрі прогонні властивості, але низькі протизношувальні. Останнє несуттєве для карбюраторних двигунів, оскільки в них відсутні пари тертя, проте в інжекторних системах виступає негативним чинником. Для покращання протизношувальних властивостей бензинів до них додають присадки.

Методика виконання роботи. Для визначення кінематичної в'язкості використовують скляні капілярні віскозиметри, в яких малий коефіцієнт температурного розширення (табл. 8).

Для визначення кінематичної в'язкості користуються термостатами «Термотон-01М» (рис. 25, а), VIS-T (рис. 25, б), VIS-T-S-1(2), KRIOVIS-T, ЛТН-02М, ТКВ чи іншими аналогічного типу.

Як баню для віскозиметра в термостаті «Термотон-01М» використовують прозору циліндричну посудину 1 (рис. 25, в) з кришкою 3, на якій закріплені виконавчі елементи: мішалка 5, нагрівальний елемент 6, охолоджувач 7, віскозиметр 2 (2 шт.). Температуру рідини в бані контролюють за термометром 4. Нафтопродукт у віскозиметрі занурюють не менше ніж на 20 мм нижче рівня рідини в бані і на 20 мм над дном бані. Необхідна температура рідини в бані підтримується електронним регулятором температури.

Як теплоносії використовують такі рідини: технічний етиловий спирт – для температури від -60 до $+15^{\circ}\text{C}$; дистильовану воду – для температури від $+15$ до $+60^{\circ}\text{C}$; гліцерин або розчин гліцерину з водою

(1:1), оливу вазелінову медичну, оливу парфумерну або інші оливи з аналогічними теплофізичними характеристиками – для температури понад +60 °С.

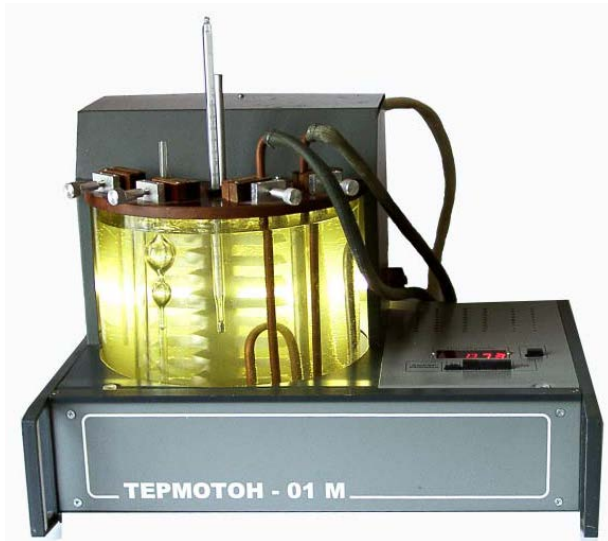
Таблиця 8. Віскозиметри, що використовуються для різних діапазонів в'язкості

Тип віскозиметра	Діапазон в'язкості*, мм ² /с
Віскозиметри для прозорих рідин	
Каннон-Фенске**	0,5...20000
Цайтфукс	0,6...3000
BS з V-подібною трубкою**	0,9...10000
BS/V/M-мініатюрний	0,2...100
SIL**	0,6...10000
Каннон-Маннінг, півмікро	0,4...20000
Пінкевич	0,6...17000
ВПЖ-4, ВПЖТ-4**	0,6...10000
ВПЖ-2, ВПЖТ-2**	0,6...30000
Віскозиметри з висячим рівнем (для прозорих рідин)	
BS/IP/SL**	3,5...100000
BS/IP/SL(S)**	1,05...10000
BS/IP/MSL	0,6...3000
Уббелоде**	0,3...100000
Фітцсіманс	0,6...1200
Атлантик**	0,75...5000
Каннон-Уббелоде (А), Каннон-Уббелоде** (В)	0,5...100000
Каннон-Уббелоде, півмікро	0,4...20000
ДИН Уббелоде	0,35...50000
ВПЖ-1 (ВПЖТ-1)*	0,6...30000
Віскозиметри зі зворотним потоком для прозорих і непрозорих рідин	
Каннон-Фенске – непрозорий	0,4...20000
Цайтфукс з перехресними трубками	0,6...100000
BS/IP/PF з V-подібною трубкою і зворотним потоком	0,6...300000
Ланц-Цайтфукс зі зворотним потоком	60...100000
ВНЖ, ВНЖТ	0,6...30000

Примітки:

*Віскозиметри розраховані на час витікання більше 200 с, в іншому разі вводять поправку на кінетичну енергію.

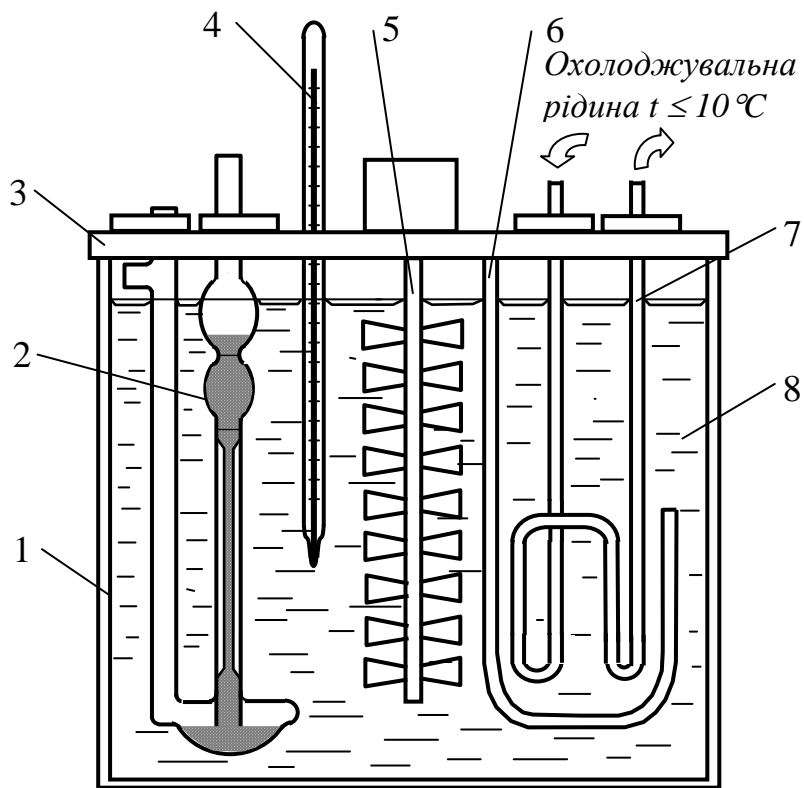
**Час витікання віскозиметрів має бути лише не менше 200 с.



а)



б)



в)

Рис. 25. Обладнання для визначення кінематичної в'язкості нафтопродуктів:

а) загальний вигляд термостата «Термотон-01М»; б) загальний вигляд термостата VIS-T; в) схема робочої камери термостата: 1 – скляний посуд; 2 – віскозиметр; 3 – кришка; 4 – термометр; 5 – мішалка; 6 – нагрівальний елемент; 7 – охолоджувач; 8 – теплоносій.

Термостат дає змогу підтримувати в межах позитивних температур такі фіксовані режими: +20, +40, +50, +100 °С. Похибка підтримання те-

температури не більша $\pm 0,01$ °С. Об'єм робочої камери $0,0095$ м³. Живлення термостата здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В. Споживана потужність не перевищує 1300 В·А.

Перед проведенням дослідів підбирають віскозиметр з межами вимірювання, які відповідають очікуваному значенню в'язкості досліджуваного нафтопродукту. Прилад повинен бути чистим, без відкладень неорганічних солей та органічних речовин. Як розчинник використовують бензин, нейтральний ефір, ацетон, толуол тощо. Періодично віскозиметр очищають соляною кислотою і хромовою сумішшю, промивають дистильованою водою та ацетоном, а потім сушать сухим чистим повітрям.

Пробу нафтопродукту фільтрують через сито, скляний або паперовий фільтри. За наявності в пробі нафтопродукту води або механічних домішок проводять зневоднення прожареною крупнокристалічною сіллю та очищення паперовим фільтром.

Визначення кінематичної в'язкості з використанням термостата «Термотон-01М» зводиться до такого. Органи управління повинні бути встановлені: перемикач ВИБІР РЕЖИМУ у положення « 20 °С» (дизельне пальне), кнопка звукової сигналізації у вимкнене положення (кнопка відпущена). Тумблер МЕРЕЖА встановлюють у верхнє положення. При цьому через $2...3$ с повинен засвітитись цифровий індикатор температури. Для увімкнення лампи підсвічування робочого об'єму натискають на $1...3$ с і відпускають кнопку « \odot » на задній панелі термостата. Якщо цифровий індикатор температури впродовж 5 хв показує необхідну температуру, то вважається, що термостат вийшов на робочий режим. Підтримання робочого режиму здійснюється за допомогою нагрівального елемента 6 та охолоджувача 7 , через який пропускають охолоджувальну рідину. У затискачах кришки робочої камери закріплюють віскозиметр з нафтопродуктом.

Термостат VIS-T призначений для високоточного підтримання температури під час вимірювання в'язкості рідин за допомогою скляних віскозиметрів ВПЖ і Уббелоде, а також для термостатування інших об'єктів з високою точністю. Термостат містить ванну з подвійними прозорими стінками зі скла. У регуляторі використаний кварцовий датчик температури з високою роздільною здатністю. Діапазон підтримання температури $+15...+100$ °С з точністю $\pm 0,01$ °С. Об'єм ванни 30 л. Споживана потужність 2 кВт.

Робота з віскозиметрами найбільш розповсюджених типів здійснюється таким чином.

Віскозиметр Каннон-Фенске. Для заповнення його досліджуваним нафтопродуктом на трубку 2 (рис. 26, а) надівають гумову трубку, трубку 1 занурюють у нафтопродукт і засмоктують його за допомогою гумової

груші або водоструменевого насоса (медичний шприц) до позначки M_2 , стежачи, щоб у рідині не утворювались бульбашки повітря. Виймають віскозиметр з посудини і повертають у нормальне положення. На кінець трубки 1 надівають гумову трубку. Віскозиметр встановлюють у баню і витримують у ній 30 хв, при цьому розширення 3 повинно знаходитись нижче рівня рідини в бані. Потім нафтопродукт засмоктують у розширення 3, приблизно на 5 мм вище позначки M_1 . З'єднавши трубку 1 з атмосферою, замірюють час переміщення меніска нафтопродукту від позначки M_1 до M_2 .

Віскозиметр Пінкевича (ВПЖТ-4) і ВПЖТ-2. На відповідну трубку 3 (рис. 26, б і в) надівають гумову трубку. Далі, затиснувши пальцем коліно 2 і, перевернувши віскозиметр, занурюють коліно 1 у нафтопродукт та засмоктують його (за допомогою гумової груші, водоструменевого насоса чи іншим способом) до позначки M_2 , стежачи, щоб у рідині не утворювались бульбашки повітря. Виймають та перевертають віскозиметр. Знімають з кінця коліна 1 надлишок нафтопродукту і надівають на нього гумову трубку. Віскозиметр встановлюють у баню так, щоб розширення 4 було нижче рідини-теплоносія. Після витримки у бані впродовж 15 хв нафтопродукт засмоктують у коліно 1 приблизно до 1/3 висоти розширення 4. З'єднавши коліно 1 з атмосферою, замірюють час переміщення меніска нафтопродукту від позначки M_1 до M_2 .

Віскозиметр ВПЖТ-1 (BS/IP/SL). Досліджуваний нафтопродукт наливають у віскозиметр через трубку 1 (рис. 26, г) так, щоб його рівень розмістився між позначками M_3 і M_4 . На кінці трубок 2 і 3 надівають гумові трубки, при цьому перша з них повинна бути обладнана краном (затискачем), друга – краном і гумовою грушею. Потім віскозиметр встановлюють вертикально в бані і стежать, щоб рівень рідини-теплоносія був на декілька сантиметрів вищий від розширення 4. При заданій температурі віскозиметр витримують не менше 15 хв. Потім, закривши трубку 2, засмоктують грушею нафтопродукт вище позначки M_1 , приблизно до середини розширення 4, і закривають кран, який з'єднаний з трубою 3. Якщо в'язкість нафтопродукту менша $500 \text{ мм}^2/\text{с}$, спочатку відкривають кран на трубці 3, а потім звільнюють затискач на трубці 2 (для більш в'язких нафтопродуктів – навпаки). Замірюють час пониження рівня нафтопродукту в трубці 3 від позначки M_1 до M_2 . Важливо, щоб до моменту підходу рівня рідини до позначки M_1 у розширенні 5 утворився «висячий рівень», а в капілярі не було бульбашок повітря.

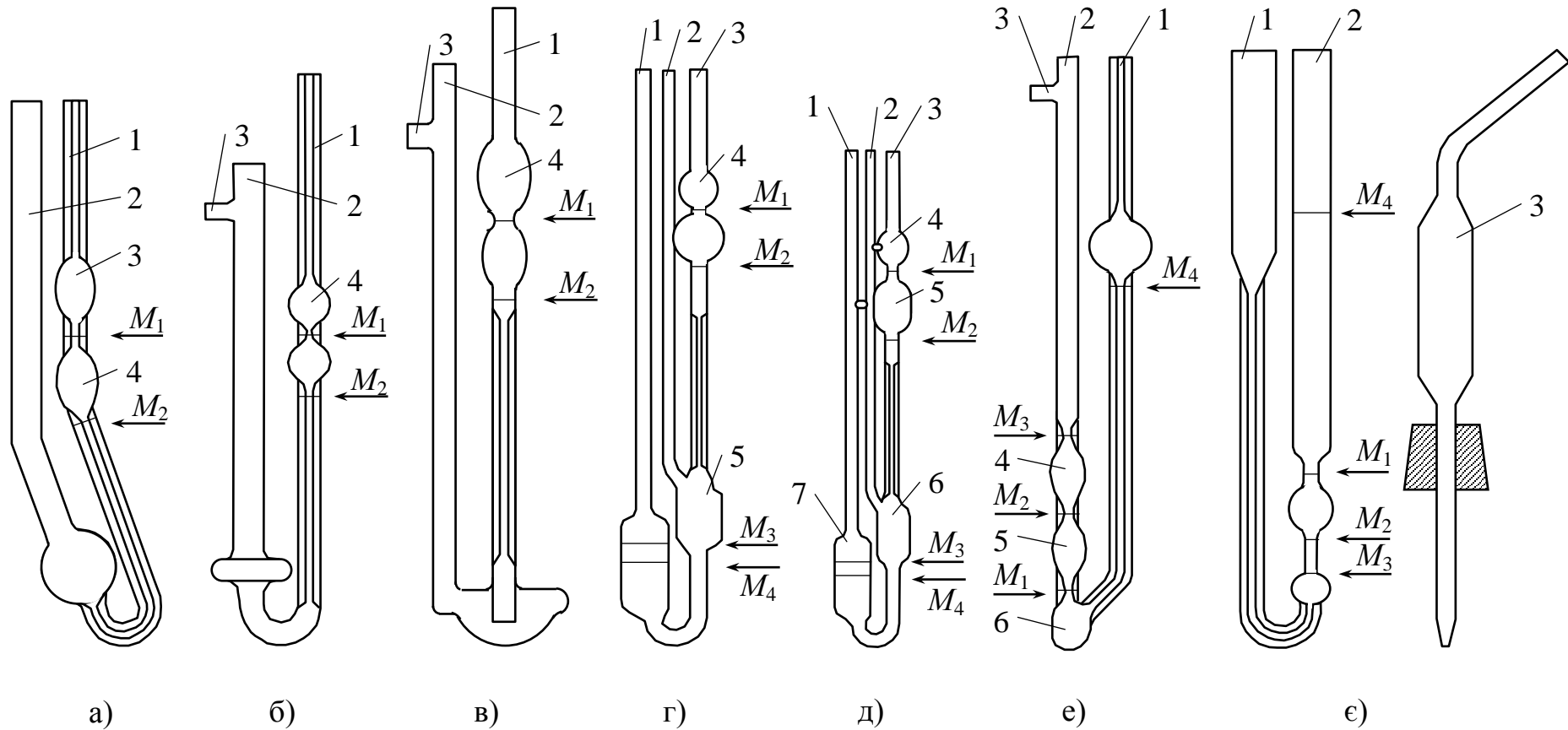


Рис. 26. Віскозиметри:

а) віскозиметр Каннон-Фенске: 1 і 2 – трубки; 3 і 4 – розширення; M_1 і M_2 – позначки; б) віскозиметр Пінкевича (ВПЖТ-4): 1 і 2 – коліна; 3 – трубка; M_1 і M_2 – позначки; в) віскозиметр ВПЖТ-2: 1 і 2 – коліна; 3 – трубка; 4 – розширення; M_1 і M_2 – позначки; г) віскозиметр ВПЖТ-1 (BS/IP/SL): 1, 2 і 3 – трубки; 4 і 5 – розширення; $M_1...M_4$ – позначки; д) віскозиметр Уббелоде: 1, 2 і 3 – трубки; 4 – розширення; 5, 6 і 7 – посудини; $M_1...M_4$ – позначки; е) віскозиметр ВНЖТ (Каннон-Фенске-Опакв): 1, 2 і 3 – трубки; 4, 5 і 6 – резервуари; $M_1...M_4$ – позначки; є) віскозиметр BS/IP/PF: 1 і 2 – трубки; 3 – піпетка з упором; $M_1...M_4$ – позначки.

Віскозиметр Уббелоде. Віскозиметр повертають на кут 30° від вертикального положення, при цьому посудина 7 (рис. 26, д) повинна бути під капіляром. Через трубку 1 наливають пробу до позначки M_4 . Пізніше віскозиметр повертають у нормальне положення, стежачи за тим, щоб рівень рідини не перевищив позначку M_3 . Віскозиметр встановлюють у баню і витримують 20 хв. На трубку 3 надівають гумову трубку, трубку 2 закривають пальцем і засмоктують нафтопродукт до половини розширення 4. Потім трубку 2 відкривають, нафтопродукт із неї перетікає в посудину 6, при цьому повинен утворитись «висячий рівень». Звільнюють трубку 3 і замірюють час переміщення меніска нафтопродукту від позначки M_1 до M_2 .

Віскозиметр ВНЖТ (Каннон-Фенске-Опакв). На відповідну трубку 3 (рис. 26, е) надівають гумову трубку. Затиснувши пальцем трубку 2 і перевернувши віскозиметр, засмоктують нафтопродукт до позначки M_4 . Далі віскозиметр повертають у нормальне положення і надівають на кінець коліна 1 гумову трубку довжиною 8...15 см з краном (затискачем). Відкривають кран, заповнюють нафтопродуктом приблизно половину резервуара 6 і знову закривають кран. Віскозиметр встановлюють у баню на 20 хв, відкривають коліно 1 і, користуючись двома секундомірами, замірюють час переміщення меніска від позначки M_1 до M_2 і від позначки M_2 до M_3 . За часом наповнення резервуара 5 розраховують в'язкість нафтопродукту, час наповнення резервуара 4 – контрольний.

Віскозиметр VS/IP/PF. Його встановлюють у баню таким чином, щоб позначка M_4 (рис. 26, е) була на 3 см вища рівня рідини в бані, а капіляр займав вертикальне положення. Піпеткою 3 в трубку 1 крапають пробу нафтопродукту. Як тільки рівень нафтопродукту стане приблизно на 5 мм нижче позначки M_3 , закривають трубку 2 і припиняють наповнення. Потім пробу доливають до позначки M_4 і витримують у бані 20...30 хв. Звільняють трубку 2, доводять рівень проби до позначки M_3 і знову закривають трубку 2. Піпеткою з запобіжним упором виставляють нафтопродукт точно по позначці M_4 . Далі звільняють трубку 2 і замірюють час переміщення меніска від позначки M_2 до M_1 .

Обробка результатів. Під час визначення кінематичної в'язкості нафтопродуктів за допомогою віскозиметрів типу Освальда і віскозиметрів з висячим рівнем час витікання фіксують не менше трьох раз, а, використовуючи віскозиметри зі зворотним протоком, – не менше двох.

Кінематичну в'язкість ν , $\text{мм}^2/\text{с}$, досліджуваного нафтопродукту визначають за формулою

$$\nu = C \cdot \tau, \quad (17)$$

де C – стала віскозиметра, $\text{мм}^2/\text{с}^2$ (вказується в його паспорті); τ – середнє арифметичне значення часу витікання нафтопродукту, с.

Якщо час витікання менший за 200 с і за умови, якщо стала віскозиметрів менша $1 \text{ мм}^2/\text{с}^2$, вводять поправку на кінетичну енергію. Тоді кінематичну в'язкість визначають за формулою

$$\nu = C \cdot \tau - E/\tau^2, \quad (18)$$

де E – коефіцієнт кінетичної енергії, $\text{мм}^2 \cdot \text{с}$, який визначають з виразу

$$E = \frac{1,66 \cdot L \cdot V^{3/2}}{(CD)^{1/2}}, \quad (19)$$

де V – об'єм рідини вимірювального резервуара, мм^3 ; L – довжина капіляра, мм; D – діаметр капіляра, мм.

Робота № 13. ОЦІНКА НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО

Загальні відомості. Низькотемпературні властивості дизельного пального є однією з найважливіших його характеристик, що відображають текучість палива за низьких температур. Сила їх прояву залежить від наявності парафінових вуглеводнів, які з пониженням температури кристалізуються. Низькотемпературні властивості оцінюють температурами помутніння, застигання і граничною температурою фільтрованості.

Температура помутніння – це температура за якої паливо втрачає прозорість, змінюється його фазовий склад, оскільки разом з рідкою фазою з'являється тверда – мікрокристалики парафіну, церезину і льоду.

Температура застигання – це температура, за якої паливо повністю втрачає текучість.

Гранична температура фільтрованості – це температура, за якої паливо, після охолодження в певних умовах, здатне ще проходити через фільтр з установленою швидкістю.

У разі помутніння дизельне пальне не втрачає текучості, оскільки розміри кристаликів такі, що вони проходять скрізь фільтрувальні елементи тонкої очистки, утворюючи на них тонку парафінову плівку. Для надійної подачі палива у двигун у зимовий період ця температура повинна бути на $3...5 \text{ }^\circ\text{C}$ нижчою від тієї, за якої воно використовується.

Температура застигання визначає можливість використання палива при даній температурі і входить в умовне позначення зимових дизельних палив. З пониженням температури кристали парафіну утворюють просторову решітку, всередині якої знаходяться рідкі вуглеводні палива. За такого стану кристалічна решітка настільки міцнішає, що паливо

втрачає текучість і набуває холодцеподібного вигляду. Для забезпечення надійної роботи системи живлення дизельного двигуна найнижча температура навколишнього середовища має бути на 10...15 °С вищою від температури застигання.

Водночас, температури помутніння і застигання не завжди відтворюють реальну картину поведінки дизельного пального в зимових умовах його використання. Точніше прогонну здатність дизельного пального характеризує гранична температура фільтрованості, яка нижча від температури помутніння, але вища за температуру застигання.

На місці виготовлення низькотемпературні властивості дизельних палив покращують або видаленням твердих вуглеводнів при депарафінізації, або додаванням присадок – депресорів. У виробничих умовах цього досягають розбавлянням дизельних палив реактивним паливом, низькооктановим бензином чи освітлювальним гасом у регламентованих пропорціях.

Методика виконання роботи. Температури застигання, помутніння (ДСТУ ISO 3015) і граничної температури фільтрованості (ДСТУ EN 116) визначають за допомогою спеціальних пристроїв.

Температуру застигання найчастіше визначають за допомогою апаратів ЛЗН-75 (рис. 27, а), АТЗ (рис. 27, б), а також апарата ЛАЗ-93М, пристрою ТТЗ. Робочий вузол для визначення температури застигання (рис. 27, в) містить пробірку 2, в яку заливають досліджуване дизельне пальне, розміщену у скляній пробірці-муфті 1. Зверху пробірку-муфту закривають корком 3. Робочий вузол розміщують в охолоджувальній бані. Під час проведення дослідів пальне перемішують мішалкою 5, а температуру вимірюють термометром 4.

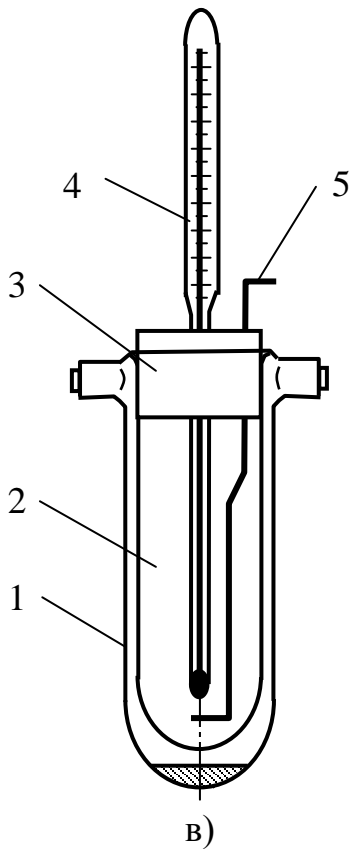
Залежно від необхідного температурного режиму застосовують такі охолоджувальні суміші (у пристроях без автономної холодильної установки):

для отримання температур від 0 до –20 °С в посудину засипають по чергово шар кухонної солі і шар снігу або подрібненого до 3 см льоду в пропорції 1:2;

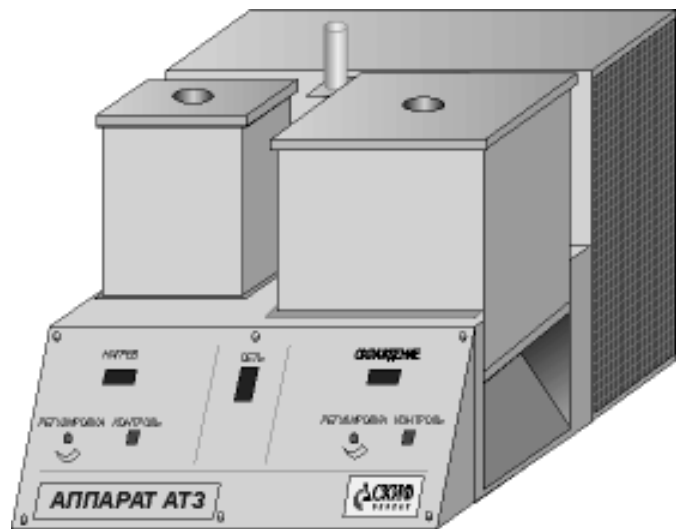
для отримання температур нижче –20 °С у термоізоляційну посудину (термос) наливають етиловий спирт на 2/3 його висоти. Потім за допомогою дерев'яної або фарфорової ложки малими порціями вносять твердий диоксид вуглецю, спостерігаючи за тим, щоб спирт не розбризкувався.

Перед випробуванням досліджуване паливо зневоднюють, збовтуючи його впродовж 10...15 хв свіжопрожареним і подрібненим сульфатом натрію або зернистим хлористим кальцієм. Далі паливо відстоюють і фільтрують. Наповнивши пробірку зневодненим паливом, закривають її

корком із термометром. Кулька термометра повинна бути дещо вище від дна пробірки. Пробірку встановлюють в пробірку-муфту, в яку попередньо заливають 0,5...1 см³ сірчаної кислоти для попередження появи роси на стінках пробірки.



а)



б)

Рис. 27. Обладнання для визначення температури застигання:

а) загальний вигляд апарата ЛЗН-75; б) загальний вигляд апарата АТЗ; в) схема робочого вузла: 1 – пробірка-муфта; 2 – пробірка; 3 – корок; 4 – термометр; 5 – мішалка.

Зібраний робочий вузол опускають в охолоджувальну баню у вертикальному положенні. Потім, розпочинаючи від температури, яка на 9 °С вища передбачуваної температури застигання дизельного пального, через кожні 3 °С виймають пробірку з пробірки-муфти і, нахиливши пробірку, спостерігають за текучістю пального. За температуру застигання приймають температуру, при якій пальне досягає такого стану, що не змінює положення меніска при нахиленні пробірки на кут 90 °.

Апарат ЛЗН-75 дає змогу за рахунок використання зовнішніх холодоагентів досягнути температури всередині бані до $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ і визначати температуру застигання нафтопродуктів від -60 до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Позитивні температури отримують підігрівом від нагрівального елемента апарата потужністю 150 Вт.

Необхідності у використанні охолоджувальних сумішей позбавлений апарат АТЗ, обладнаний автономною холодильною установкою. Для низькозастигаючих нафтопродуктів передбачене використання охолоджувальної бані з мінімальною температурою $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$, для високозастигаючих – нагрівальної з максимальною температурою $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Точність підтримання температури в банях $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Споживана потужність не більше 500 Вт.

Температуру помутніння визначають за допомогою установки ЛТЗ (рис. 28, б), апаратів ЛАЗ-93М, АТЗ (див. рис. 27, б). Для визначення температури помутніння дизельного пального використовують скляну пробірку з подвійними стінками (рис. 28, а), внутрішній діаметр якої 25–33 мм, а зовнішній – 35–43 мм. На внутрішній стінці пробірки виконано кільцеву позначку на висоті 40 мм від дна. Якщо проміжок між стінками пробірки з'єднаний з атмосферою (бічні трубки не запаяні), у нього наливають $0,5\text{...}1,0\text{ см}^3$ сірчаної кислоти для попередження появи роси на стінках. Пробірку закривають корком, в якому закріплений термометр 3 і мішалка 1.

Помутніння дизельного пального спостерігають у пристрої ЛТЗ (рис. 28, б) із дзеркальним відбиванням світла. Пристрій виконаний у вигляді металевого ящика, розділеного перегородкою на дві частини. Кожна частина, своєю чергою, розділюється на два відсіки перегородкою з отвором-щілиною для проходження відбитого світла. Ящик оснащений кришкою з двома вмонтованими електролампами по 100–150 Вт, які при закритті кришок розміщуються в крайніх відсіках, і з двома отворами для опускання пробірок з досліджуваним паливом у середні відсіки ящика. Передня стінка ящика має два отвори для спостереження за паливом. Бокові і задня стінки ящика мають вентиляційні щілини. На дно ящика встановлені дерев'яні підставки з виїмками для надання стійкості пробіркам. Світло через щілини з матовими склами падає на пробірки з паливом. В освітленій пробірці добре видно появу каламуті.

Досліджуване паливо зневоднюють і профільтровують. Використовують дві пробірки з подвійними стінками. У них заливають до позначки досліджуване дизельне паливо, температура якого $18\text{...}20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Одну з пробірок використовують для випробування, другу вставляють у пристрій з дзеркальним відбиванням і використовують як прозорий еталон. Пробірки закривають корковими пробками з термометром і мішалкою.

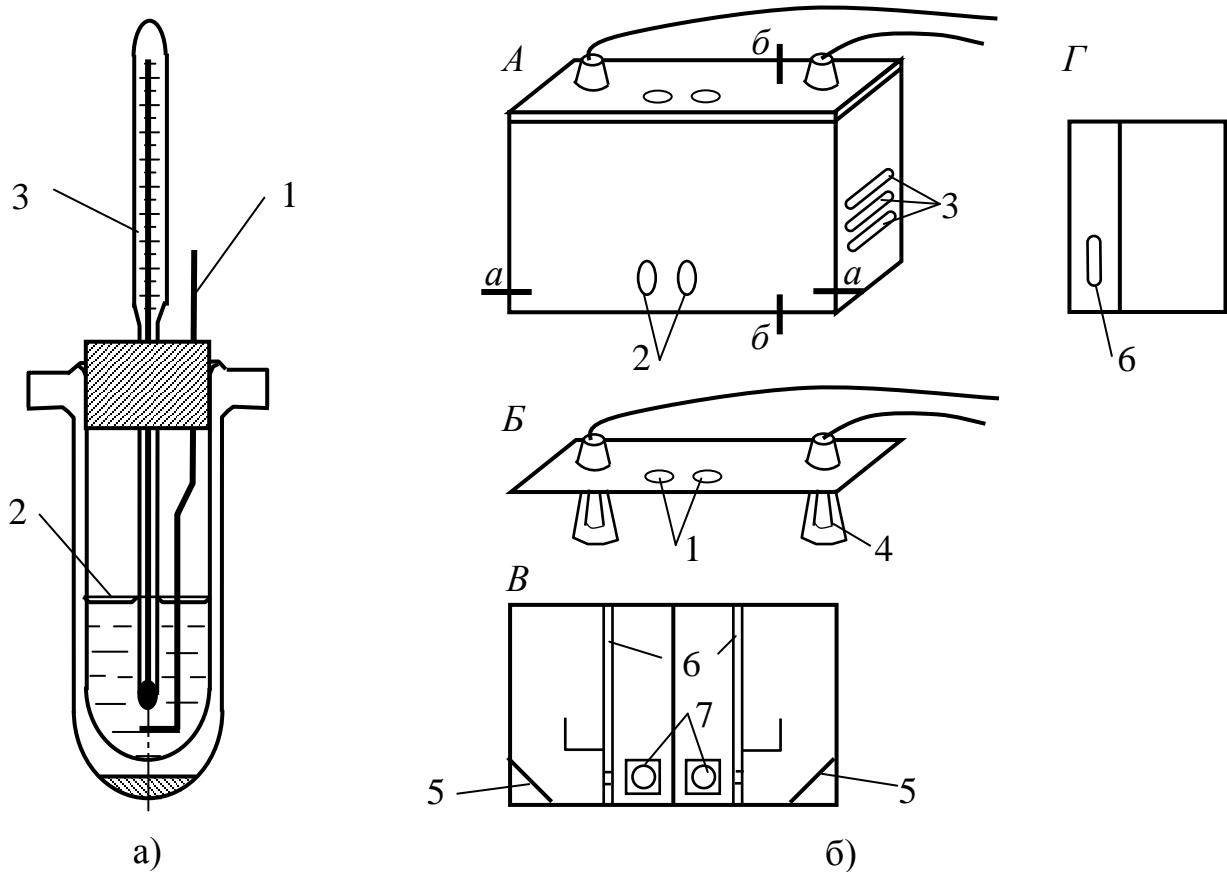


Рис. 28. Пристрій ЛТЗ для визначення температури помутніння:

а) пробірка: 1 – мішалка; 2 – позначка; 3 – термометр; б) схема пристрою ЛТЗ: А – загальний вигляд; Б – кришка; В – розріз вздовж *аа*; Г – розріз вздовж *бб*; 1 – отвори для опускання пробірок; 2 – отвори для спостереження; 3 – вентиляційні щілини; 4 – електролампи; 5 – дзеркала; 6 – щілини для проходження світла; 7 – підставка для встановлення пробірок.

Термометр встановлюють так, щоб його ртутний резервуар розміщувався в пробірці на відстані 15 мм від дна і на рівній відстані від стінок. Пробірку з досліджуванним паливом нагрівають у водяній бані до температури 50 °С. У посудину для охолоджувальної суміші пристрою ЛТЗ (на рис. 28, б не показана) наливають етиловий спирт і встановлюють пробірку з паливом. Рівень суміші повинен бути на 30...40 мм вищим від рівня палива в пробірці. Температуру охолоджувальної суміші зменшують, додаючи тверду вугільну кислоту так, щоб температура суміші постійно була на 15 °С нижчою від температури палива.

Паливо під час охолодження перемішують мішалкою зі швидкістю від 60 до 200 переміщень (одне переміщення – опускання мішалки до дна і піднімання до рівня палива) за хвилину. За 5 °С до передбачуваної температури помутніння пробірку виймають з охолоджувальної суміші, протирають ззовні спиртом, а потім вставляють у пристрій із дзеркальним відбиванням світла та вмикають лампи. Через оглядові вікна спо-

стерігають за станом палива, порівнюючи з прозорим еталоном. Ця операція повинна займати не більше ніж 12 с. Після кожного спостереження вимикають лампи.

При доброму освітленні лабораторії пробірку з паливом закріплюють на штативі поряд з прозорим еталоном паливом, а пристрій з дзеркальним відбиванням світла не використовують.

Якщо прозорість досліджуваного палива не змінилася порівняно з еталоном, то пробірку знов опускають в охолоджувальну суміш і спостереження продовжують через кожен 1 °С доти, доки паливо не стане відрізнитися від еталона. За температуру помутніння приймають температуру, за якої паливо стає каламутним.

За результат досліджень приймають середнє арифметичне значення двох паралельних вимірювань.

Граничну температуру фільтрованості дизельного пального визначають за допомогою апарата ТФХФ та приладу ПАФ.

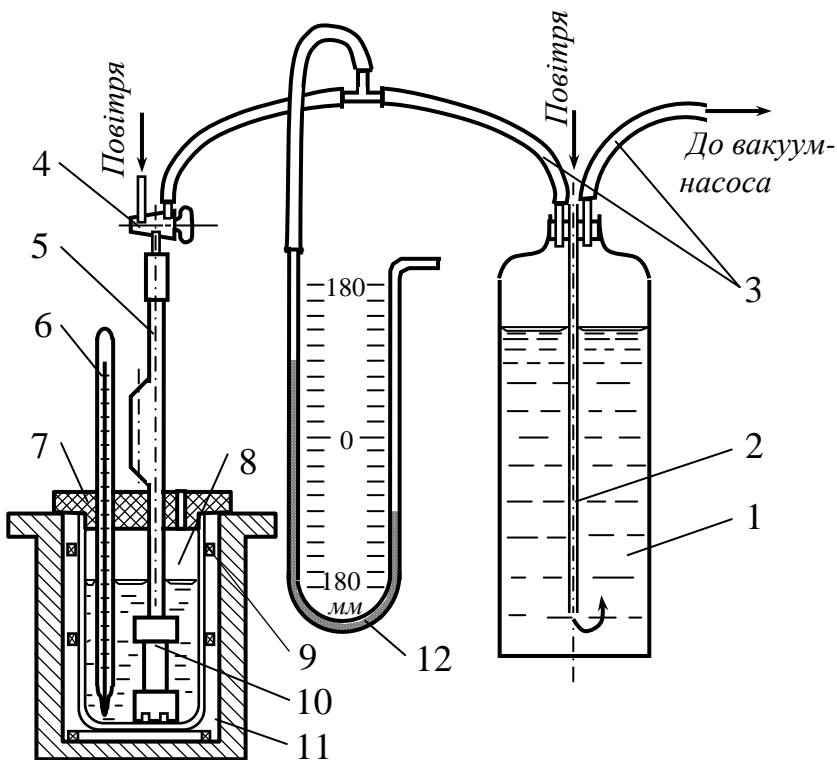
Конструктивно апарат ТФХФ (рис. 29, а) містить: охолоджувальну баню, компресорну систему охолодження, системи індикації і регулювання температури охолоджувальної бані, вакуумну систему. Охолоджувальна баня виконана у вигляді теплоізоляційного корпусу, всередині якого розміщений мідний кожух. Зовні кожуха розміщені випарник (охолоджувач) і нагрівник. У порожнині мідної трубки, впаяної в кожух, вмонтовано температурний датчик.

Усередину кожуха вставляють вимірювальну посудину 8 (рис. 29, б) з досліджуваним паливом, відокремлену від кожуха дротяним каркасом з ізоляційними кільцями. На вимірювальній посудині зроблено кільцеву позначку, що відповідає об'єму 45 см³. Вимірювальна посудина 8 закривається пробкою 7, в якій є три отвори: для піпетки 5, термометра 6 і з'єднання з атмосферою. Піпетка – скляна ємність з калібрувальною позначкою на висоті 149±0,5 мм, що відповідає об'єму 20±0,2 см³. Піпетка 5 щільно з'єднується з фільтром 10.

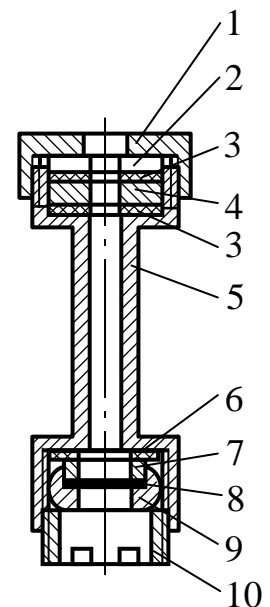
Фільтр (рис. 29, в) складається з: латунного корпусу 5 з різьбовим отвором, у якому в оправці 9 розміщена фільтрувальна сітка 8 (з'єднання ущільнюється прокладкою 6 з оливостійкої пластмаси), латунної гайки 1 з натискним 2 і проміжним 4 кільцями та ізоляційними прокладками 3 для щільного з'єднання верхньої частини корпусу фільтра з нижньою частиною піпетки. Фільтрувальна сітка 8 має діаметр 15 мм, виготовлена з бронзового дроту з розміром отворів 45 мкм (діаметр дроту повинен бути 32 мкм). Латунний циліндр 10 із зовнішньою різьбою вкручується в отвір корпусу 5 для стискання сітки 8 між оправкою 9 та прокладкою 6 і кільцем 7. У нижній частині циліндр 10 має чотири канавки, які забезпечують стікання проби палива у вимірювальну посудину.



а)



б)



в)

Рис. 29. Апарат ТФХФ для визначення граничної температури фільтрованості: а) загальний вигляд; б) схема апарата: 1 – регулятор вакууму; 2 – трубка рівня; 3 – трубки; 4 – триходовий запірний кран; 5 – піпетка; 6 – термометр; 7 – пробка; 8 – вимірювальна посудина; 9 – ізоляційний каркас; 10 – фільтр у зборі; 11 – охолоджувальна баня; 12 – манометр; в) фільтр: 1 – гайка; 2 – кільце натискне; 3 – прокладка; 4 – кільце проміжне; 5 – корпус; 6 – прокладка ізоляційна; 7 – кільце натискне; 8 – сітка фільтрувальна; 9 – оправка; 10 – циліндр з різью.

Вакуумна установка (рис. 29, б) містить: вакуумний насос, регулятор вакууму 1, трубку рівня 2, з'єднувальні трубки 3; U-подібний манометр 12; триходовий запірний кран 4.

Регулятор вакууму – скляний бутель місткістю 5 дм³, наповнений на $\frac{3}{4}$ водою і закупорений пробкою з трьома отворами для скляних трубок. Дві трубки не повинні занурюватись у воду. Глибина занурення третьої трубки, з'єднаної з атмосферою, встановлюється таким чином, щоб перепад тиску на манометрі становив 200 мм водяного стовпчика.

Система охолодження охолоджувальної бані складається з мотор-компресорного відділення, конденсатора з примусовим охолодженням, теплообмінників, випарника, ресиверів, реле тиску, двох електромагнітних клапанів, фільтра-осушника, з'єднувальних трубопроводів.

На панелі управління розміщений вимикач МЕРЕЖА для підключення установки до кола живлення, кнопка з вмонтованим світлодіодом ВІДІГРІВ включення нагрівника охолоджувальної бані, вимикач ВАКУУМ для включення вакуумного насоса, цифровий індикатор температури охолоджувальної бані, ручка РЕГУЛЮВАННЯ потенціометра для встановлення заданого значення температури, кнопка КОНТРОЛЬ, при натисканні якої цифровий індикатор перемикається в режим індикації заданої температури.

Перед випробуванням установку підготовлюють до роботи, а досліджуване дизельне паливо зневоднюють, збовтуючи його впродовж 10...15 хв свіжопрожареним і подрібненим сульфатом натрію або зернистим хлористим кальцієм. Далі паливо відстоюють і фільтрують. Наповнивши вимірювальну посудину до позначки, що відповідає 45 см³ зневодненим паливом, закривають її пробкою з термометром, піпеткою та фільтром. Нижня частина фільтра має бути на дні вимірювальної посудини, термометр розміщуватись паралельно піпетці, а нижній його кінець не доходить до дна посудини на $1,5 \pm 0,2$ мм. Кулька термометра не повинна торкатись ні стінок вимірювальної посудини, ні фільтра.

Встановивши вимірювальну посудину в дротяний каркас, їх разом опускають в охолоджувальну баню та приєднують до піпетки трубопроводом. Натиснувши на кнопку КОНТРОЛЬ, ручкою РЕГУЛЮВАННЯ задають температуру охолоджувальної бані мінус $34 \pm 0,5$ °С.

Якщо температура помутніння досліджуваного дизельного пального відома, визначення граничної температури фільтрованості розпочинають з температури, яка вища від температури помутніння не менше ніж на 5 °С. Після досягнення вказаної температури запірним краном з'єднують фільтр з розрідженням (200 мм вод. ст.), вмикають секундомір і стежать, як паливо наповнюватиме піпетку. Як тільки паливо дійде до позначки на піпетці, зупиняють секундомір і запірним краном з'єднують піпетку з

атмосферою, дозволяючи паливу стекти у вимірювальну посудину. Випробовування проводять послідовно, охолоджуючи паливо на 1 °С. Температуру, при якій припиняється протікання палива через фільтр (у прямому чи зворотному напрямі) або час наповнення піпетки перевищує 60 с, приймають за граничну температуру фільтрованості.

Якщо за температури мінус 20 °С не припиняється протікання палива крізь фільтр, подальші вимірювання через кожен градус проводять, задавши температуру охолоджувальної бані мінус 51 ± 1 °С. Якщо ж паливо продовжує протікати крізь фільтр за температури мінус 35 °С, температуру охолоджувальної бані налагоджують на мінус 67 ± 2 °С.

Робота на приладі ПАФ відрізняється від вищевикладеної методики отриманням негативних температур за допомогою зовнішніх холодоагентів (сухий лід, рідкий азот тощо). Діапазон зміни температури підтримується в межах $-45 \dots 0$ °С.

За результат досліджень приймають середнє арифметичне значення двох вимірювань.

Робота № 14. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ СПАЛАХУ

Загальні відомості. За температуру спалаху прийнято вважати таку температуру, за якої нафтопродукт, що нагрівається в точно визначених умовах, виділяючи необхідну кількість парів і змішуючись з повітрям, спалахує від піднесеного вогню. Цей показник дає змогу оцінити вогнебезпечність дизельного пального і моторних олив та втрати на випаровування в процесі зберігання.

Для визначення температури спалаху існує дві стандартні лабораторні методики – за допомогою закритого (ДСТУ ISO 2719) і відкритого (ДСТУ 4333) тиглів. Дизельне та реактивне паливо випробовують у закритому, а моторні оливи, як правило, у відкритому тиглі.

Температура спалаху в закритому тиглі літнього дизельного пального для автотракторних двигунів повинна бути не нижчою за 40 °С, зимового – не нижче 35 °С. Для тепловозних і суднових двигунів, а також для газових турбін цей показник становить не нижче 62 °С (літнє паливо) і не нижче 40 °С (зимове паливо).

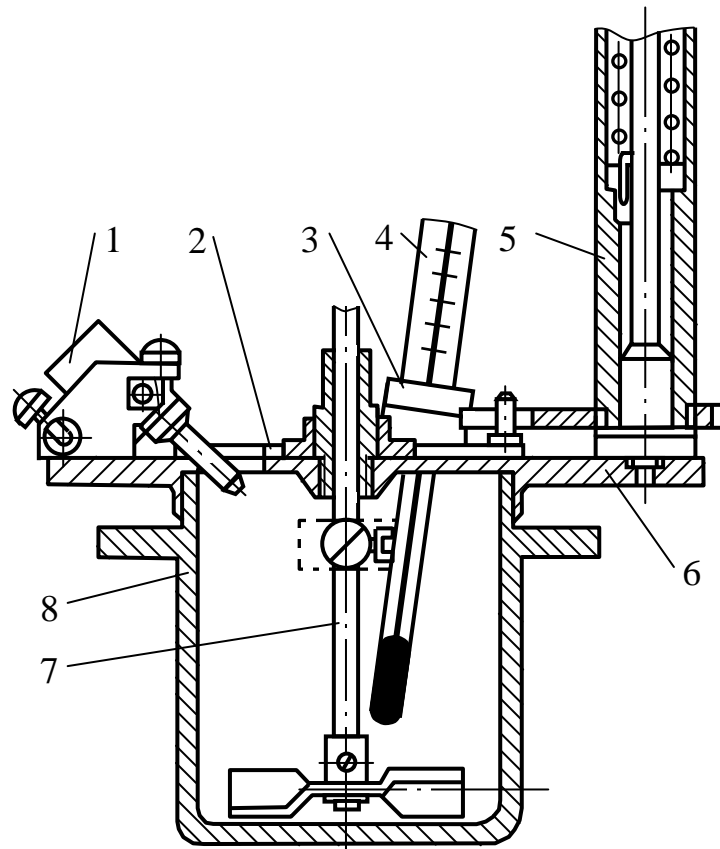
Методика виконання роботи. Температуру спалаху в закритому тиглі визначають за допомогою пристроїв типу ТВЗ (рис. 30, а), АТВ-21 (рис. 30, б). Закритий тигель 8 пристроїв (рис. 30, в) являє собою латунний резервуар циліндричної форми з позначкою всередині для контролю наповнення палива.



а)



б)



в)

Рис. 30. Обладнання для визначення температури спалаху в закритому тиглі:

а) загальний вигляд пристрою ТВЗ; б) загальний вигляд пристрою АТВ-21; в) закритий тигель: 1 – запальний механізм; 2 – заслінка; 3 – перехідна муфта; 4 – термометр; 5 – пружинний механізм; 6 – кришка; 7 – мішалка; 8 – тигель.

На кришці 6 тигля, що закриває циліндр, змонтовано мішалку 7 парів нафтопродукту та повітря, пружинний механізм 5 переміщення заслінки, обойму 3 з термометром 4 і механізм запалювання 1. Тигель розміщується в повітряній бані, нагрів якої здійснюється блоком електронагрівника. Тигель з гнізда бані виймають за допомогою тримача.

Три отвори трапециподібної форми у кришці закриваються заслінкою 2. Обертаючи рукоятку, заслінкою 2 відкриваються отвори в кришці 6, а голка механізму запалювання 1 нахиляється в отвір. У вихідне положення заслінка і голка повертаються під дією пружинного механізму 5, вмонтованого в рукоятку.

Дизельне пальне та пальна суміш у пристрої ТВЗ перемішуються лопатками мішалки, привід якої здійснюється через гнучкий трос від електродвигуна з частотою обертання 90...120 об./хв. Тиск газу, який підводиться до запального пристрою, не повинен перевищувати 50 кПа (0,5 кгс/см²). Напруга живлення від мережі змінного струму частотою 50 Гц – 220 В; споживана потужність не більше 600 В·А.

На передній панелі корпусу пристрою ТВЗ (рис. 30, а) розміщені: ручка регулятора блока управління нагрівом НАГРІВ з покажчиком, що дозволяють налаштувати робочу температуру в межах від 30 до 300 °С, ручка газового крана ГАЗ, а також два клавішні вимикачі МЕРЕЖА і МІШАЛКА.

Перед проведенням дослідів пробу палива збовтують упродовж 5 хв, після чого охолоджують до температури, яка нижча від передбачуваної температури спалаху дизельного пального (різниця до 17 °С).

Якщо у дизельному пальному міститься вода, його зневоднюють свіжопрожареним хлористим натрієм, хлористим кальцієм або сірчано-кислим натрієм і фільтрують. Для вимірювань беруть верхній шар дизельного пального.

Пристрій встановлюють на столі чи у витяжній шафі, захистивши з трьох сторін екраном від потоків повітря. Освітлення має бути дещо зменшене, для того щоб спалах був візуально чіткий.

Резервуар тигля і кришку промивають бензином і висушують. Тигель повинен мати температуру досліджуваного палива, а повітряна ванна – температуру навколишнього середовища.

Дизельне пальне наливають у тигель до кругової позначки. Закривають циліндричний резервуар тигля кришкою і вставляють у гніздо повітряної ванни пристрою. Газовим краном ГАЗ полум'я голки запального механізму регулюють так, щоб воно набуло кулястої форми діаметром 3...4 мм. Вмикачем МЕРЕЖА вмикають живлення пристрою, а вмикачем МІШАЛКА – привід мішалки. Наростання температури дизельного пального не повинно перевищувати 1...2 °С за хвилину, регу-

лювання якого здійснюють ручкою НАГРІВ. При надто інтенсивному нагріванні швидко зростає тиск парів палива, утворюється багата пальна суміш, яка вже не запалюється від піднесеного вогню, оскільки кількість повітря, що надходить через отвори, є недостатньою.

Починають випробування, коли температура палива стає на 20°C нижчою від очікуваної температури спалаху. У момент випробування перемішування припиняють і, відкривши на 1 с рукояткою отвір у кришці, опускають полум'я в паровий простір тигля. Якщо спалах не відбувся, паливо продовжують нагрівати і перемішувати, повторюючи операцію запалювання після кожного збільшення температури на 1°C .

За температуру спалаху приймають показ термометра під час першої чіткої появи синього полум'я над поверхнею нафтопродукту. Після першого спалаху випробування продовжують, повторивши запалювання після нагрівання палива на 1°C . У тому разі, якщо повторний спалах не відбувся, визначення температури спалаху проводять вже з новою порцією досліджуваного нафтопродукту.

Визначення температури спалаху в закритому тиглі на пристрої АТВ-21. Управління роботою автоматичного пристрою АТВ-21 (рис. 30, б) здійснюється одноплатною мікро-ЕОМ, яка забезпечує виконання таких операцій: вимірювання температури згідно із заданою програмою; автоматичну фіксацію і запам'ятовування температури спалаху; визначення та запам'ятовування середньоарифметичного значення температури спалаху після проведення заданої кількості дослідів; зупинку процесу випробування після завершення дослідів. Методика проведення дослідів відповідає вищевикладеній. Пристрій забезпечує коректування результатів визначення температури спалаху на барометричний тиск у діапазоні від 630 до 800 мм рт. ст. і на використання електричної іскри замість газового запалювання. Пристрій працює у двох режимах: експрес-методу для випробування продукту з невідомою температурою спалаху; за методом ДСТУ ISO 2719 для визначення температури спалаху продуктів з необхідною точністю.

Обробка результатів. Отриману температуру спалаху нафтопродукту зводять до стандартних умов, розраховуючи поправку на барометричний тиск за формулою

$$\Delta t = \frac{101,325 - p}{3,3} 0,9$$

або

$$\Delta t = 0,0362(760 - p'), \quad (20)$$

де p і p' – фактичний барометричний тиск, відповідно кПа і мм рт. ст.

Температуру спалаху з поправкою вираховують алгебраїчним сумуванням знайденої температури і поправки.

За результат випробувань приймають середнє арифметичне двох послідовних вимірювань.

Робота № 15. ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ МЕРКАПТАНОВОЇ СІРКИ ТА СІРКОВОДНЮ В ДИЗЕЛЬНОМУ ПАЛЬНОМУ

Загальні відомості. Меркаптани та сірководень належать до групи активних речовин, що викликають корозію металів, навіть за низьких температур. Крім того, меркаптани серед сірчистих сполук характеризуються найбільшою нагароутворювальною здатністю. Їх присутність сприяє прискореному окисненню нестабільних сполук дизельного палива (ненасичених компонентів хімічних способів переробки нафти) і, як наслідок, пришвидшує утворення відкладень. Вміст меркаптанової сірки в дизельному пальному не повинен перевищувати 0,01%.

Масову частку меркаптанової сірки та сірководню в паливі визначають за допомогою потенціометра типу рН-121 (рис. 31) з ціною поділки шкали не більше 5 мВ, укомплектованого сульфід-срібними або хлорсрібними електродами марок ЕВЛ-1М1, ЕВЛ-1М3, чи сурм'яними типу ЕСТ-1.



Вміст меркаптанової сірки розраховують за об'ємом азотнокислого аміаку срібла, використаного для титрування палива, що не містить сірководню.

Рис. 31. Обладнання для визначення масової частки меркаптанової сірки та сірководню.

Вміст сірководню розраховують за різницею об'ємів азотнокислого аміаку срібла, використаного для титрування до і після відокремлення з палива сірководню.

Методика виконання роботи. Для приготування азотнокислого аміаку срібла в літрову мірну колбу наливають 100 см^3 розчину азотнокислого срібла концентрацією $0,1 \text{ моль/дм}^3$ та доливають 25 см^3 водного аміаку. Перемішуючи розчин, додають дистильовану воду до літрової позначки. Приготовлений розчин зберігають у посуді з темного скла і в темному місці.

У склянці місткістю $30 \dots 50 \text{ см}^3$ зважують $0,166 \text{ г}$ йодного калію з похибкою не більше $0,0002 \text{ г}$ і акуратно пересипають в 100 см^3 колбу з дистильованою водою. Рівень розчину доводять водою до 100 см^3 позначки при температурі $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

У склянку для титрування повільно наливають 5 см³ розчину йодного калію за допомогою піпетки або бюретки і доливають 45...50 см³ дистильованої води. У приготовлений розчин занурюють електроди на глибину не менше ніж 10 мм, встановлюють мішалку, частота обертання якої 400...500 об/хв, і перемішують розчин упродовж 5 хв.

У бюретку наливають розчин 0,01 моль/дм³ азотнокислого аміакату срібла до однієї з позначок і встановлюють її над склянкою з розчином йодного калію та зануреним електродом. Записують значення початкового потенціалу сульфідсрібного електрода та проводять титрування, додаючи по 0,2 см³ розчину азотнокислого аміакату срібла. Після добавлення кожної порції записують новий потенціал. Якщо різниця в зміні потенціалу від одного добавлення перевищує 5...7 мВ, то починають добавляти по 0,1 см³ розчину азотнокислого аміакату срібла. Титрування продовжують, поки різниця в зміні потенціалу від однієї добавки не буде перевищувати 5...7 мВ. Потім зменшують порцію розчину азотнокислого аміакату срібла до 0,02 см³ і титрують до стрибка потенціалу.

Досягнувши зміни потенціалу, добавляють ще 2–3 порції по 0,02 см³ та продовжують титрування порціями 0,1 см³ до забезпечення зміни потенціалу на однакову величину.

Завершенням титрування вважають точку в області найбільш різкої зміни потенціалу (стрибок потенціалу) під час мінімальної добавки титрувального розчину. Для створення однакових умов дослідження титрування проводять рівномірно, але за нетривалий проміжок часу. Титрування проводять 3–4 рази і для підрахунку беруть середнє арифметичне не менше ніж трьох об'ємів 0,01 моль/дм³ розчину азотнокислого аміакату срібла, затраченого для титрування.

Під час використання сурм'яного електрода в процесі титрування добавляють розчин азотнокислого аміакату срібла по каплях. Завершенням титрування вважають точку, за якою при добавленні 0,02 см³ розчину азотнокислого аміакату срібла починається зміщення потенціалу в область додатних значень потенціалу.

Титр 0,01 моль/дм³ розчину азотнокислого аміакату срібла, виражений в грамах меркаптанової сірки на 1 см³, обчислюється з виразу

$$T_1 = \frac{5 C 0,1931}{V}, \quad (21)$$

де 5 – об'єм розчину йодного калію, використаного для титрування, см³; C – концентрація йодного калію в розчині, C=0,166 г/см³; 0,1931 – коефіцієнт перерахунку йодного калію на меркаптанову сірку; V – об'єм розчину азотнокислого аміакату срібла, використаного для титрування, см³.

Титр 0,01 моль/дм³ розчину азотнокислого аміакату срібла, виражений в грамах сірководню на 1 см³, обчислюється з виразу

$$T_2 = \frac{5C0,0965}{V}, \quad (22)$$

де 0,0965 – коефіцієнт перерахунку йодного калію на сірководень.

Для проведення дослідження в склянку наливають порцію палива, яку за об'ємом або масою підбирають згідно з очікуваною масовою часткою меркаптанової сірки (табл. 9) з точністю до 0,0002 г.

Таблиця 9. Вибір порції палива

Масова частка меркаптанової сірки, %	Кількість палива	
	мл	г
Більше 0,05	1,0	0,7...0,9
0,01...0,05	2,0	1,4...1,7
0,005...0,01	5,0	3,5...4,5
0,003...0,005	10,0	7...9
До 0,003	20,0	14...17

У склянку з порцією досліджуваного палива додають 35...75 см³ розчинника до повного розчинення палива. Розчинник готують розбавленням 2,7 г тригідрату оцтовокислого натрію у 20 см³ води та подальшим додаванням 600 см³ 96 %-го етилового спирту і 1 см³ толуолу.

У приготувану суміш занурюють електроди і мішалку, перемішують 5 хв та вимірюють початкове значення потенціалу. Якщо потенціал сульфідсрібного електрода мінус 400 мВ і більше (в сторону зменшення абсолютного значення), а сурм'яного мінус 500 мВ і більше, то це вказує на відсутність сірководню. З бюретки додають 0,02 см³ розчину азотнокислого аміаку срібла. Якщо потенціал не змінюється або змінюється незначно (до 5 мВ), то титрування проводять, збільшивши дозу розчину до 0,2 см³, як описано вище. Зі збільшенням потенціалу понад 5 мВ, титрування продовжують з додаванням щоразу по 0,02 см³ титрувального розчину до стрибка потенціалу. Додають ще 2–3 порції по 0,02 см³ та збільшують їх до 01 см³ розчину азотнокислого аміаку срібла і додають, поки зміна потенціалу від однакових добавок не буде постійною.

Під час використання сурм'яного електрода титрування проводять по краплях до першого зміщення потенціалу в область додатних значень. Зміна потенціалу в область від'ємних значень до уваги не береться.

За наявності в паливі сірководню його очищують додаванням у рівних об'ємах розчину сірчаноокислого або хлористого кадмію. Суміш збовтують у ділильній лійці впродовж 2...3 хв і надають можливість відстоятись. Якщо з'явиться осад жовтого кольору, то це свідчить про наявність у паливі сірководню. Нижній водний розчин зливають і додають до палива свіжий розчин сірчаноокислого або хлористого кадмію та знову

збовтують. Цей процес продовжують, поки не буде утворюватись жовтий осад. Після цього паливо фільтрують через паперовий фільтр.

За наявності в паливі елементної сірки в процесі дослідження може спостерігатись два стрибки потенціалу. У такому разі кількість азотнокислого аміаку срібла, використаного для титрування меркаптанової сірки, розраховують від нульового об'єму до другого стрибка потенціалу.

Обробка результатів. Масову частку меркаптанової сірки S , %, визначають з виразу

$$S = \frac{V_1 T_1 100}{m}, \quad (23)$$

де V_1 – об'єм розчину $0,01$ моль/дм³ азотнокислого аміаку срібла, використаного для титрування меркаптанової сірки в паливі, що не містить сірководню, або очищеного сірчанокислим чи хлористим кадмієм; T_1 – титр розчину азотнокислого аміаку срібла, виражений в грамах меркаптанової сірки на 1 см³; m – маса палива, г.

Масову частку сірководню S_1 , %, визначають з виразу

$$S_1 = \frac{(V_2 - V_1) T_2 100}{m}, \quad (24)$$

де V_2 – об'єм розчину $0,01$ моль/дм³ азотнокислого аміаку срібла, використаного для титрування палива (неочищеного) від нульового об'єму до другого стрибка потенціалу; T_2 – титр $0,01$ моль/дм³ розчину азотнокислого аміаку срібла, виражений в грамах сірководню на 1 см³.

За результат досліджень приймають середнє арифметичне значення двох дослідів, розбіжність між якими не повинна перевищувати $0,0002\%$.

Робота № 16. ВИЗНАЧЕННЯ ЙОДНОГО ЧИСЛА ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО

Загальні відомості. До складу дизельного пального разом з парафіновими, нафтовими і ароматичними вуглеводнями входять також малостійкі ненасичені вуглеводні. Їх наявність зумовлена додаванням продуктів каталітичного крекінгу до дизельного пального. Ненасичені вуглеводні легко окиснюються і схильні до реакцій ущільнення (полімеризації), тобто з'єднання двох, трьох і більше молекул на місці подвійного чи потрійного зв'язку.

У зв'язку з малою хімічною стійкістю і здатністю до утворення високомолекулярних смолистих асфальтових з'єднань ненасичені вуглеводні небажані в нафтопродуктах, особливо в оливах. Невисока стабіль-

ність ненасичених вуглеводнів палива є причиною утворення в ньому смол під час зберігання.

Вміст ненасичених вуглеводневих сполук визначається за допомогою йодного числа. *Йодне число* – це кількість, г, йоду, який здатний приєднатися до ненасичених вуглеводнів, що знаходяться у 100 г нафтопродукту.

Для визначення йодних чисел і масової частки ненасичених вуглеводнів у паливі існує два методи – А і Б. Суть методів полягає в обробці досліджуваного нафтопродукту спиртовим розчином йоду і титруванні вільного йоду розчином тіосульфату натрію. Масову частку ненасичених вуглеводнів визначають за йодним числом і середньою молекулярною масою досліджуваного нафтопродукту.

Методика виконання роботи. Визначення за методом А. Перед проведенням дослідів відібране дизельне пальне, яке містить вологу, фільтрують або видаляють вологу сушильною речовиною. Потім готують розчин йоду за допомогою розчинення 20,0 г металевого йоду в 1000 см³ ацетону.

У конічній колбі місткістю 250 см³ зважують від 0,08 до 0,1 г біхромату калію. Додають 80 см³ дистильованої води до розчинення і швидко додають ще 10 см³ 20 %-го розчину йодистого калію і 5 см³ розбавленої сірчаної кислоти. Закривають колбу, збовтують і ставлять у темне місце. Через 5 хв до вмісту колби додають 1...2 см³ розчину крохмалю і титрують розчином тіосульфату натрію.

Фактор тіосульфату натрію визначають за формулою

$$F = \frac{m}{0,0049037 \cdot V}, \quad (25)$$

де m – маса біхромату калію, г; 0,0049037 – кількість біхромату калію, еквівалентна 1 см³ розчину точно 0,1 моль/дм³ (0,1 н) тіосульфату натрію, г; V – об'єм тіосульфату, витраченого на титрування, см³.

Зважують у склянках необхідну кількість нафтопродукту з похибкою не більше 0,0004 г залежно від передбачуваного йодного числа (табл. 10).

Пробу досліджуваного палива можна відбирати за допомогою ампули, крапельниці або піпетки. У першому випадку ампулу спочатку зважують і нагрівають над полум'ям газового пальника або спиртівки. Потім кінчик капіляра ампули швидко занурюють у досліджуване паливо, налите в склянку для зважування. З метою створення всередині ампули достатнього розрідження кульку ампули охолоджують льодом або твердою вуглекислою. Заповнену ампулу знову зважують і за різницею визначають масу палива.

Таблиця 10. Дані для відбору проби дизельного пального для визначення йодного числа

Метод визначення	Передбачуване йодне число, г йоду на 100 г палива	Маса проби палива, г
А	До 5	2,0...4,0
	Від 5 до 10	1,0...2,0
	Більше 10	0,2...0,4
Б	До 1	5,0...10,0
	Від 1 до 5	1,0...5,0
	Більше 5	0,5...1,0

У другому випадку досліджуване паливо наливають у крапельницю і зважують. Потім у конічну колбу наливають 15 см³ ацетону і з крапельниці відраховують 13...15 крапель палива. Після цього крапельницю знову зважують і за різницею визначають масу палива.

У разі відбору проби палива піпеткою для вимірювання маси палива у грамах попередньо визначають його густину при температурі випробувань і потім перемножують на взятий об'єм.

Далі в конічній колбі з притертою пробкою місткістю 500 см³ встановлюють склянку з паливом і наливають туди 15 см³ ацетону.

Якщо пробу палива відбирали в ампулу, то в колбу наливають 5 см³ ацетону, опускають туди ампулу з паливом і розбивають її скляною паличкою, після чого обмивають паличку і стінки колби 10 см³ ацетону.

У колбу за допомогою бюретки додають 25 см³ розчину йоду-І, 150 см³ дистильованої води і, швидко заклавши пробкою, збовтують не менше 5 хв, потім ставлять у темне місце. Через 5 хв додають 20...25 см³ розчину йодистого калію і титрують розчином тіосульфату натрію. Коли рідина у колбі набуде світло-жовтого кольору, додають 1...2 см³ розчину крохмалю і продовжують титрувати до зникнення синювато-фіолетового забарвлення.

Для визначення йодного числа проводять контрольний дослід у цій же послідовності і з тими ж реактивами, але лише в колбу не вставляють паливо.

Визначення за методом Б. Зважують пробу досліджуваного палива, масу якого вибирають залежно від передбачуваного йодного числа палива (табл. 10). Розчин йоду-ІІ готують таким чином. Спочатку 25 г йоду розчиняють в 500 см³ ацетону. Окремо розчиняють 30 г хлорної ртуті (отрута) в 500 см³ ацетону. Обидва розчини фільтрують, змішують у скляній тарі і додають 50 см³ соляної кислоти. Розчин зберігають у темному місці.

У дві конічні колби місткістю 500 см³ наливають по 10 см³ хлороформу. В одну з них вставляють пробу досліджуваного палива, друга –

контрольна (без палива). В обидві колби за допомогою піпетки додають по 10 см³ розчину йоду-ІІ. Колби швидко закривають притертими пробками, попередньо змоченими розчином йодистого калію, і обережно збовтують. Обидві колби залишають у темному місці на 1 год, після чого додають 20 см³ розчину йодистого калію і 150 см³ дистильованої води.

Після цього розчин у колбах титрують 0,1 н розчином тіосульфату натрію до появи світло-жовтого забарвлення, потім додають 1...2 см³ розчину крохмалю і продовжують титрувати до зникнення синювато-фіолетового забарвлення.

Обробка результатів. Йодне число X досліджуваного палива (г йоду на 100 г палива) для обох методів вираховують за формулою

$$X = \frac{(V - V_1) \cdot F \cdot 0,01269}{m} \cdot 100, \quad (26)$$

де V і V_1 – об'єми 0,1 н розчину тіосульфату натрію, витрачені на титрування в контрольному досліді і досліджуваного палива відповідно, см³; F – фактор 0,1 н розчину тіосульфату натрію; 0,01269 – кількість йоду, еквівалентна 1 см³ 0,1 н розчину тіосульфату натрію, г; m – маса досліджуваного палива, г.

Масова частка ненасичених вуглеводнів X_1 , % у дизельному пальному

$$X_1 = \frac{X \cdot M}{254}, \quad (27)$$

де X – йодне число дизельного пального, г йоду на 100 г палива; M – середня молекулярна маса ненасичених вуглеводнів палива (з довідкової літератури); 254 – молекулярна маса йоду.

За результат випробувань для обох методів приймають середнє арифметичне значення для двох послідовних дослідів з точністю до десятих.

Робота № 17. ВИЗНАЧЕННЯ КОКСОВАНОСТІ 10%-ГО ЗАЛИШКУ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО ЗА КОНРАДСОНОМ

Загальні відомості. Однією з важливих експлуатаційних характеристик дизельного пального є його здатність підтримувати чистоту двигуна та паливної апаратури. Як відомо, згораючи, паливо утворює твердий нагар темного забарвлення на стінках камери згорання та випускних клапанах, а також тверді відкладення жовтуватого кольору на прецизійній парі форсунок.

Відкладений нагар на стінках камери згорання погіршує відведення тепла в систему охолодження, а на тарілках клапанів призводить до їх

закоксовування і, як наслідок, нещільного прилягання тарілок до сідел. У результаті зменшується компресія двигуна та падає потужність.

Найбільші порушення в роботі двигунів пов'язані з відкладеннями на форсунках, які викликають погіршення розпилення, викривлення струменя палива, зависання голок розпилювачів. У цьому разі погіршується сумішоутворення, паливо згоряє не повністю, що призводить до диміння, втрати потужності та перевитрати палива.

Нагароутворення у двигунах залежить від низки показників дизельного пального: коксованості, вмісту фактичних смол і сірки, фракційного складу, кількості ненасичених і ароматичних вуглеводнів, зольності.

Коксованість – це властивість палива при нагріванні без доступу повітря утворювати вуглецевий осад (кокс). Коксованість визначають для 10 %-го залишку після попередньої перегонки дизельного пального. Значення вказаного показника для дизельних палив не повинно перевищувати 0,3 %, в іншому разі прискорюються нагароутворювальні процеси у двигуні.

Методика виконання роботи. Коксованість дизельного пального за методом Конрадсона (ДСТУ EN ISO 10370) визначають у спеціальному пристрої ТЛ-1 або автоматичному апараті АСР-М3 (рис. 32). Тиглі і кришки пристрою виконані з корозійно- та термостійкої сталі.

Для отримання 10 %-го залишку дизельного пального здійснюють його перегонку. Зі 100 см³ досліджуваного палива переганяють 89% дистилляту і припиняють нагрів. Ще 1 см³ додається після стікання палива зі стінок холодильника. Вмикають нагрів і в конічну колбу збирають решту дистилляту. Сюди ж зливають теплий залишок з перегінної колби.

Для кожного вимірювання коксованості переганяють не менше як два рази по 100 см³ дизельного пального, збираючи залишок в одну і ту ж конічну колбу. Вміст колби ретельно перемішують і використовують для подальшого аналізу.

Перед випробуванням низький фарфоровий тигель впродовж двох годин прожарюють на пальнику або у муфельній пічці, потім охолоджують 1...2 хв на повітрі і 1 год в ексікаторі та зважують на аналітичній вазі з похибкою не більше ніж 0,0002 г. У доведений до сталої маси тигель додають 10 г 10 %-го залишку палива, зваженого з похибкою не більше 0,01 г. Почергово вставляють один тигель у другий: фарфоровий 1, внутрішній 3 і зовнішній 4; на дні зовнішнього тигля насипаний пісок. Тиглі 3 і 4 закривають кришками. Піску на дні зовнішнього тигля повинно бути стільки, щоб кришка внутрішнього тигля щільно прилягала зсередини до кришки зовнішнього тигля (18...24 см³).

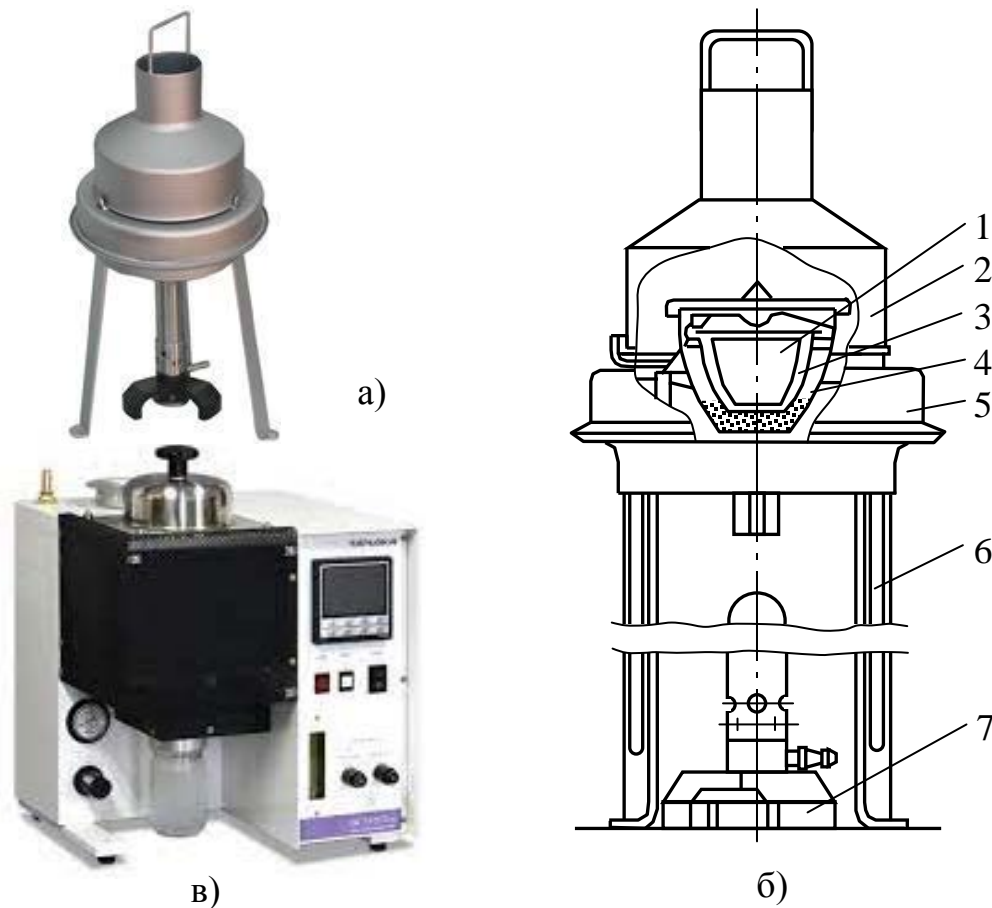


Рис. 32. Пристрої для визначення коксованості нафтопродуктів:
 а) загальний вигляд ТЛ-1; б) схема ТЛ-1: 1 – фарфоровий низький тигель; 2 – ковпак; 3, 4 – внутрішній і зовнішній тиглі; 5 – муфель; 6 – триніжка; 7 – газовий пальник; в) автоматичний апарат АСР-МЗ

Усю систему тиглів розміщують у пустотілому муфелі 5, центрують за допомогою лапок, приварених до зовнішнього тигля, і закривають ковпаком 2, який забезпечує рівномірний розподіл тепла. Пристрій на триніжці 6 розміщують у витяжній шафі, в якій не повинно бути сильної тяги повітря.

Під дном зовнішнього тигля розміщують пальник 7. Полум'я пальника має бути високим, не кіптявим і відрегульованим таким чином, щоб нагрівання тигля до моменту початку горіння парів 10 %-го залишку дизельного пального тривало 12 ± 2 хв. Коли над верхнім циліндром ковпака виникне дим, пари палива підпалюють. Полум'я пальника суттєво зменшують (за необхідності пальник відводять убік) і регулюють таким чином, щоб висота полум'я над ковпаком не перевищувала 50 мм. У разі зникнення полум'я над ковпаком посилюють нагрів тиглів. Коли горіння парів палива припиниться і не спостерігається більше утворення синього диму над ковпаком, період горіння вважають завершеним. Цей період повинен тривати 13...14 хв.

Після закінчення горіння (не спостерігається синій дим) посилюють полум'я пальника, нагріваючи нижню частину зовнішнього тигля до червоного жару; тигель прожарюють 7 хв. Потім припиняють нагрів, через 3 хв знімають ковпак і кришку зовнішнього тигля, а ще через 15 хв виймають фарфоровий тигель і ставлять його в ексикатор. Охолоджують його 30...40 хв, після чого зважують з похибкою не більше 0,0002 г.

Обробка результатів. Коксованість x , %, 10 %-го залишку дизельного пального визначають за формулою

$$x = \frac{m}{m_1} 100, \quad (28)$$

де m , m_1 – відповідно маси коксового і 10 %-го залишку, г.

За результат випробувань приймають середнє арифметичне значення результатів двох паралельних дослідів.

Робота № 18. ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ФІЛЬТРОВАНОСТІ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО

Загальні відомості. Надійність роботи дизельної паливної апаратури залежить від прогонної здатності дизельного пального – можливості проходження через фільтрувальні елементи системи живлення. Фільтри грубої очистки палива спроможні затримувати механічні домішки розміром понад 50...60 мкм, а тонкої – понад 2...5 мкм. У разі їх забруднення зменшується або зовсім припиняється циклова подача, падає тиск впорскування палива. Головними чинниками, що впливають на прогонні властивості палива, є його в'язкість, низькотемпературні властивості, а також забрудненість механічними домішками й водою.

Зважаючи на важливе значення фільтрації для забезпечення чистоти палива, у стандарти на палива для швидкохідних дизельних двигунів уведено показник якості – коефіцієнт фільтрованості, значення якого не повинно перевищувати трьох одиниць.

Коефіцієнт фільтрованості визначають за зміною пропускної здатності фільтра в разі послідовного проходження скрізь нього регламентованої кількості палива за допомогою пристроїв УОФТ, ПФДТ-4М; він характеризує чистоту дизельного пального. Наявність у паливі смолистих сполук, води, мил нафтеноних кислот погіршує цей показник.

Методика виконання роботи. Пристрій УОФТ для визначення коефіцієнта фільтрованості містить корпус 5 (рис. 33, а), в якому розміщене фільтрувальне з'єднання, що складається з оправи 4 фільтра, фільтра 6, сідла 8, двох гумових прокладок 3 і 9. У металевій оправі 2 закріплена скляна градуйована трубка 1 з нанесеними на ній рисками A , B і C , що

обмежують об'єми по 2 мл, а в корпусі 5 – трубка з одноходовим скляним краном 7. Фільтром 6 слугує фільтрувальний папір марки БФДТ з тонкістю відсіювання, що не перевищує 3 мкм і товщиною $0,33 \pm 0,03$ мм.

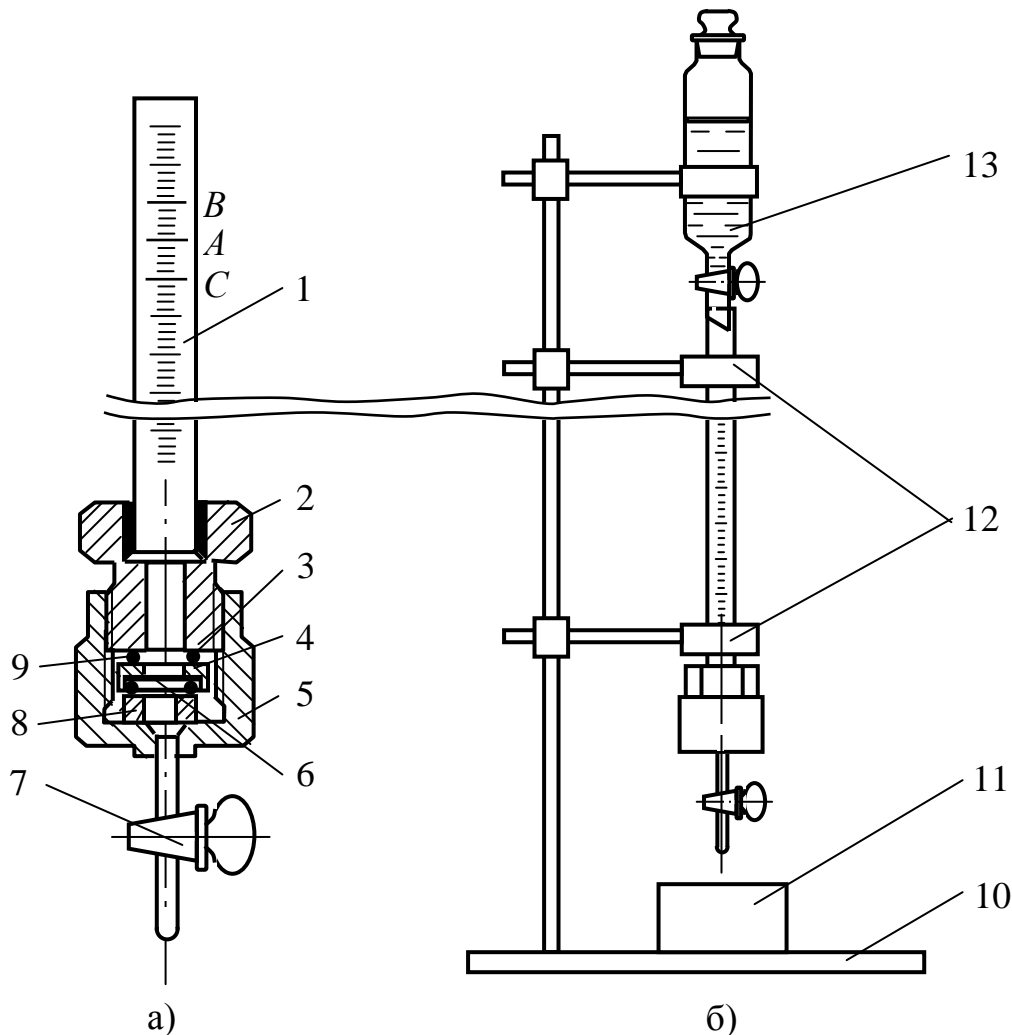


Рис. 33. Пристрій УОФТ для визначення коефіцієнта фільтрованості: а) пристрій; б) загальний вигляд установки: 1 – скляна градуйована трубка; 2 – металева оправа; 3, 9 – прокладки; 4 – оправа фільтра; 5 – корпус; 6 – фільтр; 7 – скляний кран; 8 – сідло фільтра; 10 – штатив; 11 – скляна склянка; 12 – затискач; 13 – ділильна лійка.

Перед випробуванням пробу дизельного пального перемішують впродовж 2...3 хв, потім 250 см^3 проби наливають у сухий чистий скляний посуд. Установку для визначення коефіцієнта фільтрованості складають за схемою рис. 33, б.

Перед встановленням паперового фільтра пристрій промивають досліджуваним дизельним паливом. Далі в оправу фільтра вставляють гумову прокладку, паперовий фільтр діаметром 17 мм (світлою стороною назустріч потоку) і сідло фільтра (насінками догори). Оправу фільтра у зборі встановлюють в корпус пристрою сідлом униз і на неї вкладають

другу гумову прокладку. Зібраний пристрій разом з ділильною лійкою 13 встановлюють вертикально за допомогою затискачів 12 у штативі 10. Під пристроєм розміщують скляну склянку 11 для відбору відфільтрованого дизельного пального. Дослідження проводять при температурі навколишнього середовища. Дизельне паливо попередньо витримують за цієї температури впродовж 15 хв.

Спочатку скляний кран 7 перекривають і в ділильну лійку наливають 50 см^3 досліджуваного палива. Потім заповнюють ним скляну градуйовану трубку на $0,3 \dots 0,5 \text{ см}^3$ вище верхньої позначки *B*, після чого в ділильну лійку 13 знову заливають паливо до рівня 50 см^3 .

Паливо витримують у пристрої впродовж 2 хв, далі відкривають скляний кран 7 і вимірюють час протікання 2 см^3 дизельного пального від верхньої позначки *B* до позначки *A*. Продовжуючи фільтрування, у скляну градуйовану трубку 1 з ділильної лійки 13 заливають нову порцію палива ($4 \dots 5 \text{ см}^3$). Його слід залити не пізніше того моменту, коли рівень палива опуститься ще на 2 мл і досягне позначки *C*. Після досягнення рівнем верхньої позначки *B* знову заміряють час витікання 2 мл дизельного пального від позначки *B* до позначки *A*. Під час визначення коефіцієнта фільтрованості проводять десять замірів.

Обробка результатів. Поточне значення коефіцієнта фільтрованості знаходять як відношення часу t_n , с, фільтрації кожних наступних 2 мл палива до часу t_1 , с, фільтрації перших 2 мл:

$$K_n = t_n/t_1. \quad (29)$$

Коефіцієнт фільтрованості K_1 дизельного пального першого заміру рівний одиниці. Час фільтрації вимірюють з похибкою, що не перевищує 1 с.

За підсумковий коефіцієнт фільтрованості досліджуваного палива приймають відношення часу t_{10} витікання останніх 2 мл палива до часу t_1 витікання перших 2 мл:

$$K = t_{10}/t_1. \quad (30)$$

За результат досліджень приймають середнє арифметичне двох паралельних дослідів.

Робота № 19. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОТИ ЗГОРЯННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО

Загальні відомості. Будь-яке паливо складається з горючої і негорючої (баласт) частин.

Горюча частина містить різноманітні вуглеводні та інші сполуки, до яких входять вуглець, водень, кисень, азот, сірка.

Негорюча частина в рідкому паливі – це зола (утворюється після згоряння) і волога. Ця частина зменшує теплову цінність палива. Крім того, зола прискорює абразивне спрацювання деталей, а волога – корозію.

Паливо, яке подається у двигун внутрішнього згоряння та містить, крім горючої частини (C, H, O, N, S), вологу W і золу A , називають робочим. Елементарний склад робочого палива описують рівнянням:

$$C^p + H^p + O^p + N^p + S^p + A^p + W^p = 100 \% . \quad (31)$$

Іноді теплоту згоряння палива перераховують на горючу масу, яка не містить вологи і золи та описується рівнянням

$$C^g + H^g + O^g + N^g + S^g = 100 \% . \quad (32)$$

Теплова цінність палива характеризується його питомою теплотою згоряння.

Питома теплота згоряння Q , кДж/кг або кДж/м³, – це кількість теплоти, яка виділяється під час повного згоряння 1 кг рідкого або твердого, або одиниці об'єму газоподібного палива. Її можна визначити двома методами – розрахунковим і дослідним.

Для розрахункового методу необхідно знати елементарний склад палива. Згідно із законом Г. І. Геса, теплота згоряння залежить лише від початкових і кінцевих продуктів згоряння і не залежить від проміжних реакцій. Тому теплота згоряння палива дорівнює сумарній теплоті згоряння окремих її складових. Але оскільки паливо – це не механічне поєднання різних елементів, а суміш складних органічних сполук, на руйнування яких затрачається частина теплоти, тому при його згорянні виділяється дещо менше теплоти. Вода, утворена від згоряння водню палива, перетворюється на пару, і на цей процес витрачається певна кількість теплоти. Під час згоряння 1 кг водню палива утворюється 9 кг води. Тому розрізняють вищу Q_v і нижчу Q_n питому теплоту згоряння.

Вища питома теплота згоряння палива виділяється під час повного згоряння 1 кг рідкого чи твердого палива або 1 м³ газоподібного палива, якщо утворена водяна пара сконденсується.

Нижча питома теплота згоряння палива виділяється під час повного згоряння 1 кг або 1 м³ палива без урахування теплоти, затраченої на випаровування вологи, утвореної під час згоряння водню, і вологи, що міститься в паливі.

Таким чином, якщо в продуктах згоряння палива вода перебуває у стані рідини, то виділяється вища теплота згоряння, якщо у стані пари – то нижча.

Зв'язок між нижчою і вищою теплотою згоряння описують рівнянням

$$Q_H = Q_B - 25(9H + W), \quad (33)$$

де $25(9H + W)$ – кількість теплоти, яка затрачається на пароутворення води палива і викидається з продуктами згоряння в атмосферу; $9H$ – маса води, утвореної під час згоряння одиниці маси водню; H і W – вміст у паливі водню і води, %; 25 – коефіцієнт, який вказує, що під час винесення в атмосферу 1 кг пари забирається 2512 кДж теплоти, за умови що вода перебуває в пароподібному стані і випускні гази охолоджені до 20 °С (у формулі (33) 2512 розділено на 100, оскільки H і W підставлені у відсотках).

На практиці найчастіше для визначення теплоти згоряння застосовують формули Д. І. Менделєєва, які для твердих і рідких палив мають такий вигляд

$$Q_B = 339C + 1256H - 109(O - S); \quad (34)$$

$$Q_H = 339C + 1030H - 109(O - S) - 25W, \quad (35)$$

де постійні коефіцієнти відображають теплоту згоряння окремих елементів, розділену на 100; C , H , O і S – вміст різних елементів у паливі, %.

Методика виконання роботи. Для визначення теплоти згоряння дослідним методом (ГОСТ 21261) використовують калориметричну установку. Суть методу полягає у спалюванні наважки досліджуваного дизельного пального в калориметричній бомбі (при постійному об'ємі) в середовищі стиснутого кисню і розрахунку кількості теплоти, що виділилась під час згоряння.

Калориметрична бомба – товстостінна циліндрична посудина, виготовлена з нержавіючої сталі і закрита кришкою 6 (рис. 34). Остання кріпиться до корпусу 1 накидною гайкою 3. У канали кришки для впуску і випуску газів вкручені штуцери 4 з ковпачками 5. Трубка 2 призначена для заповнення бомби киснем, одночасно вона слугує електродом. Випускний штуцер оснащений голчастим вентилям. У кришці 6 закріплено струмопровідний стрижень 7 із кільцем для утримання чашки 8. Бомба самоущільнюється тиском газу; під час гідравлічних випробувань вона повинна витримувати тиск 10 МПа.

Бомбу розміщують у калориметрі (рис. 35), який складається з калориметричної посудини 6 і кожуха 7. Калориметрична посудина 6 – циліндр, виконаний з тонкого старанно відполірованого листа. Кожух 7 – двостінна оболонка, яка захищає посудину від повітряних потоків і коливань температури навколишнього середовища.

У чашку 8 (див. рис. 34) наливають 0,5...0,8 г досліджуваного дизельного пального. Між електродами 2 і 7 закріплюють запальний дріт (залізний, нікелевий, константановий або мідний) діаметром 0,05...0,2 мм, витягнутий у середній частині відрізка і не скручений у спіраль. Чашку 8 з наважкою розміщують у кільці струмопровідного стрижня 7, а витяг-

нуту середню частину відрізка дроту занурюють у нафтопродукт. У бомбу наливають 1 см^3 дистильованої води.

Між бомбою та кисневим балоном включають редуктор з манометром і наповнюють калориметричну бомбу до тиску $3,0 \text{ МПа}$. Бомбу 2 (див. рис. 35) встановлюють на дно калориметричної посудини 6, яку заповнюють дистильованою водою до повного занурення бомби; ковпачки бомби повинні виступати над водою. До струмопровідних частин бомби приєднують провідники. Посудину з водою і бомбою ставлять в оболонку калориметра на ізоляційну підставку 8. Температуру води у калориметрі заміряють термометром 5 з ціною поділки $0,01 \text{ }^\circ\text{C}$. Покази термометра 5 знімають за допомогою оптичного пристрою 3 (короткофокусної спостережної труби, що переміщується на штативі, не змінюючи свого горизонтального положення, і забезпечує відлік показів термометра з похибкою не більше ніж $0,001 \text{ }^\circ\text{C}$). Циркуляція води у посудині 6 здійснюється за допомогою мішалки 1.

Випробування ділять на три періоди: *початковий*, який передує спалюванню палива і слугує для обліку теплообміну калориметричної системи з навколишнім середовищем в умовах початкової температури випробувань; *головний*, в якому відбувається згоряння палива, передача виділеної теплоти калориметричній системі і вирівнювання температури всіх її частин; *кінцевий*, який слугує для обліку теплообміну калориметричної системи з навколишнім середовищем в умовах кінцевої температури випробувань.

Вмикають нагрівальний пристрій оболонки і встановлюють її температуру від $27,5$ до $28 \text{ }^\circ\text{C}$. Цю температуру підтримують постійною

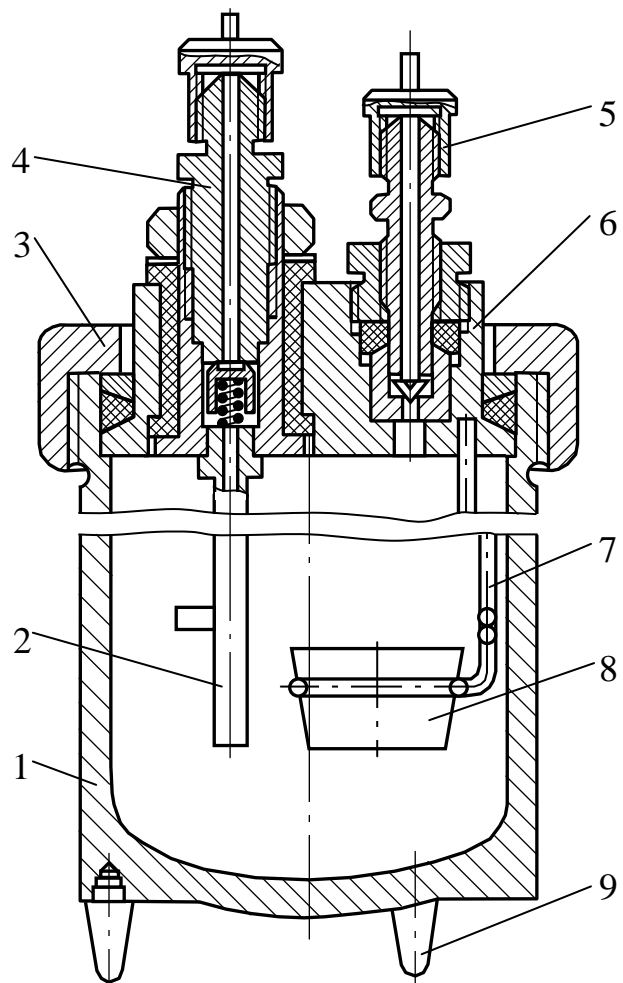


Рис. 34. Калориметрична бомба:

1 – циліндричний корпус; 2 – трубка для заповнення бомби киснем, яка одночасно є електродом; 3 – накидна гайка; 4 – штуцер; 5 – ковпачок; 6 – кришка; 7 – струмопровідний стрижень; 8 – чашка; 9 – ніжки.

впродовж усього випробування. Якщо використовується калориметр без підігріву, то вимірювання проводять за кімнатної температури.

Температура води у калориметричній посудині перед встановленням її у калориметр має бути дещо нижчою $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

У початковий період після відзначення нульового (висхідного) відліку температури роблять п'ять замірів за шкалою термометра з інтервалом в 1 хв. Під час відліку температур використовують секундомір.

Після досягнення температури калориметра близько $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ в момент, який відповідає хвилинному відліку температури (п'ятий замір), замикають коло електричного струму, з'єднаного з клемми бомби. Відбувається запалювання палива. Після цього розпочинається головний період, в якому відлік температури проводять через кожні 0,5 хв. Інтервал між останнім відліком у початковий період і першим відліком у головному періоді є першим інтервалом головного періоду.

Головний період закінчується з настанням рівномірної зміни температури води у калориметричній посудині. Інтервал з рівномірною зміною температури відносять до кінцевого періоду. За останнім відліком головного періоду настає перший півхвилинний інтервал кінцевого періоду. Всього у кінцевому періоді проводять десять замірів температури через кожні 0,5 хв.

Після завершення випробування вимикають калориметр, виймають термометр, знімають кришку калориметра, від'єднують провідники від бомби, виймають бомбу з води і витирають її ззовні. Пізніше відкручують ковпачок з випускного штуцера і випускають газ, відкручують накидну гайку і знімають кришку. Оглядають внутрішню поверхню бомби на предмет наявності сажових відкладень. За їх наявності дане вимірю-

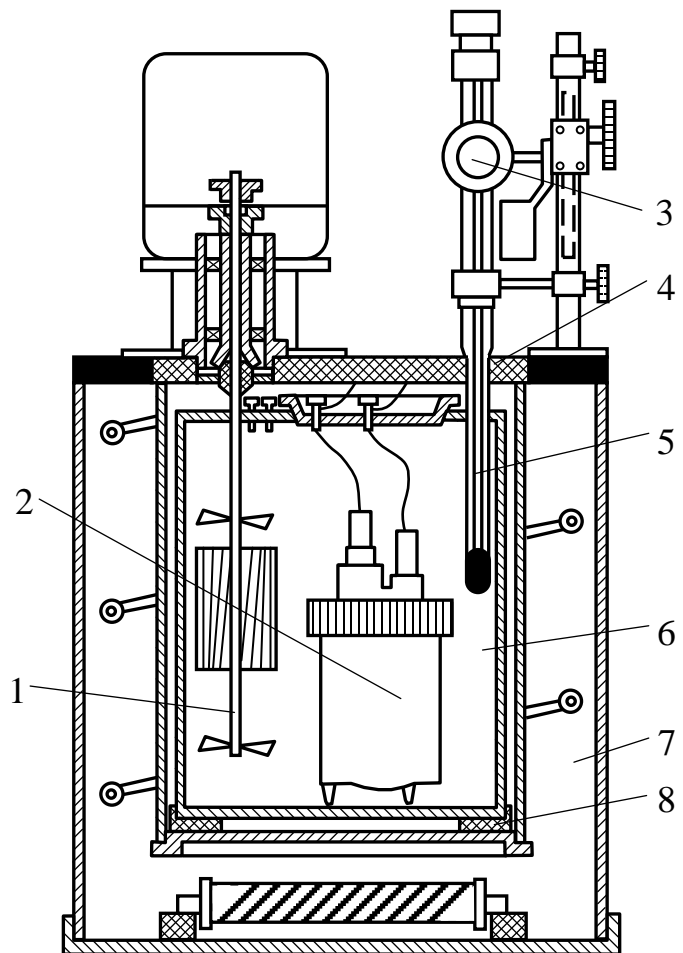


Рис. 35. Калориметр:

- 1 – мішалка; 2 – калориметрична бомба;
- 3 – оптичний пристрій; 4 – кришка; 5 – термометр;
- 6 – калориметрична посудина;
- 7 – кожух калориметра; 8 – ізолятори.

вання питомої теплоти згоряння вважають недійсним і його повторюють з іншою наважкою палива. В іншому разі виливають рідину з бомби, внутрішню частину промивають водою і ретельно витирають.

Обробка результатів. Приклад запису результатів випробування дизельного пального з ртутним термометром змінного наповнення наведено в табл. 11

Таблиця 11. Результати випробування дизельного пального

Номер відліку	Покази термометра, поділки шкали	Період	Номер відліку	Покази термометра, поділки шкали	Період
0	1,225	Початковий	16	2,757	Кінцевий
1	–		17	2,765	
2	1,226		18	2,771	
3	–		19	2,776	
4	1,227		20	2,780	
5	–		21	2,781	
6	1,228		22	2,782	
7	–		23	2,783	
8	1,229		24	2,784	
9	–	25	2,785		
10	1,230 (Запал.)	Головний	26	2,786	
11	1,236		27	2,787	
12	2,350		28	2,788	
13	2,710		29	2,789	
14	2,730		30	2,790	
15	2,742				

Питому теплоту згоряння Q_6 , кДж/кг, досліджуваного нафтопродукту у бомбі вираховують за формулою

$$Q_6 = \frac{C(t_2 - t_1 + \Delta t) - qm_1}{m}, \quad (36)$$

де C – теплоємність калориметричної системи (знаходять для кожної установки дослідним шляхом), кДж/°С; t_1 і t_2 – відповідно кінцева і початкова температура головного періоду, град. за шкалою термометра; Δt – поправка до показів термометра, яка враховує теплообмін калориметра з навколишнім середовищем; q – питома теплота згоряння запального дроту, кДж/кг; m_1 – маса дроту для запалювання, кг; m – наважка досліджуваного нафтопродукту, кг.

Поправку Δt до показів термометра вираховують за формулою

$$\Delta t = \frac{v_1 + v_2}{2} z_1 + v_2 z_2, \quad (37)$$

де v_1 і v_2 – середні швидкості зміни показів термометра за один інтервал у початковому і кінцевому періодах; z_1 – кількість інтервалів головного періоду зі швидким підвищенням температури (0,3 °С і більше за 0,5 хв). До z_1 включа-

ють перший інтервал головного періоду незалежно від підвищення температури за цей інтервал; z_2 – кількість інтервалів головного періоду, не включених до z_1 .

Якщо загальна кількість інтервалів головного періоду становить z , то

$$z_2 = z - z_1. \quad (38)$$

Питома теплота згоряння дроту q , кДж/кг: залізного – 6690; нікелевого – 3240; константанового – 3240; мідного – 2510.

Під час розрахунку вищої питомої теплоти згоряння Q_B у знайдене значення Q_6 вносять поправки на теплоту утворення і розчинення сірчаної і азотної кислот, отриманих із продуктів згоряння.

Вища питома теплота згоряння досліджуваного дизельного пального

$$Q_B = Q_6 - (\beta S + \alpha), \quad (39)$$

де β – коефіцієнт, який враховує питому теплоту утворення сірчаної кислоти з двоокису сірки і розчинення цієї кислоти у воді (він дорівнює 94 кДж/кг на 1% сірки, що перетворилась у сірчану кислоту); S – вміст сірки у паливі, %; α – коефіцієнт, який враховує теплоту утворення і розчинення у воді азотної кислоти (для палива високооборотних двигунів $\alpha = 50$ кДж/кг).

Нижча питома теплота згоряння

$$Q_H = Q_B - 25(9H + W).$$

Остаточний результат випробування заокруглюють з похибкою до 40 кДж/кг.

Приклад розрахунку. Вихідні дані для розрахунку:

$$C = 14,5 \text{ кДж/}^\circ\text{C}; t_1 = 1,230 \text{ поділки}; t_2 = 2,780 \text{ поділки}; m_1 = 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ кг}; \\ q = 6690 \text{ кДж/кг}; m = 0,5 \cdot 10^{-3}; z_1 = 3; z_2 = 7.$$

Середні швидкості зміни показів термометра

$$v_1 = (1,225 - 1,230):10 = -0,0005; \\ v_2 = (2,780 - 2,790):10 = -0,001.$$

Поправка до показів термометра, яка враховує теплообмін з навколишнім середовищем

$$\Delta t = \frac{-0,0005 - 0,001}{2} 3 - 0,001 \cdot 7 = -0,0093.$$

Питома теплота згоряння палива

$$Q_6 = \frac{14,5(2,780 - 1,230 - 0,0093) - 6690 \cdot 0,01 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 44540 \text{ кДж/кг}.$$

Вміст сірки у дизельному пальному – 0,2%.

Вища питома теплота згоряння дизельного пального

$$Q_B = 44540 - (94 \cdot 0,2 + 50) = 44470 \text{ кДж/кг}.$$

Вміст водню у дизельному пальному становить 13%, вміст води дорівнює нулю.

Нижча питома теплота згоряння

$$Q_H = 44470 - 25(9 \cdot 13 + 0) = 41540 \text{ кДж/кг}.$$

РОЗДІЛ 3 ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТВЕРДОГО І ГАЗОПОДІБНОГО ПАЛИВ

Робота № 20. ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГОСТІ ТВЕРДОГО ПАЛИВА (КАМ'ЯНОГО ВУГІЛЛЯ)

Загальні відомості. Найчастіше з твердих палив використовують кам'яне вугілля, сланці і торф. На відміну від рідкого, тверде паливо містить більшу кількість внутрішнього (кисень) і зовнішнього (вода, мінеральні солі) баласту. Баласт суттєво зменшує теплову цінність палива. До баласту належить зовнішня і гігроскопічна (внутрішня) волога.

Зовнішня волога $W^{ЗВ}$ зазвичай перебуває на поверхні палива, і для її видалення достатньо витримати паливо на повітрі з температурою 20...30°C.

Робоча волога W^P – сума зовнішньої і гігроскопічної вологи. Робоча вологість твердих палив (бурого вугілля, сланців, торфу, деревини) не повинна перевищувати 25...30 %, оскільки використання вологого палива економічно не вигідне, а іноді й неможливе.

Гігроскопічну вологу $W^Г$ визначають лабораторним методом. Суть методу полягає в доведенні наважки повітряно-сухої аналітичної проби твердого палива до рівноважного стану з навколишнім середовищем за відносної вологості повітря 58...62 % і температури 15...25 °C та подальшому визначенні вмісту вологи в наважці за температури 105...110 °C.

Методика виконання роботи. У попередньо зважені на аналітичній вазі з похибкою не більше 0,0002 г склянки (бюкси) насипають з приготовленої аналітичної проби наближено по 2 г кам'яного вугілля. Пізніше склянки зі знятими кришками ставлять в ексікатор, в який залитий водний розчин сірчаної кислоти густиною 1,285...1,302 г/см³ (для підтримання в ексікаторі відносної вологості повітря 58...62 %). Для доведення вологи палива до рівноважного стану з навколишнім середовищем склянки витримують в ексікаторі протягом однієї доби (виконує лаборант напередодні заняття). Склянки з паливом виймають з ексікатора, відразу закривають кришками і знову зважують на аналітичній вазі з тією ж похибкою. За різницею зважувань визначають масу наважки *a*.

Після цього, відкривши кришки, склянки встановлюють у попередньо нагріту до 105...110 °C сушильну шафу. Температуру підтримують постійною протягом усього досліду. Склянки витримують у шафі не менше 30 хв під час випробування кам'яного вугілля і антрациту та не менше ніж 60 хв під час випробування бурого вугілля.

Склянки з висушеним паливом виймають із шафи, відразу закривають кришки і охолоджують спочатку на повітрі 2 хв і близько 20 хв в ексікаторі з плавким хлористим кальцієм. Далі склянки знову зважують.

Обробка результатів. За різницею мас склянок з вологим і висушеним паливом визначають масу вологи, що випарувалася.

Вміст гігроскопічної вологи $W^п$, %, визначають за формулою

$$W^п = b100/a, \quad (40)$$

де b , a – відповідно маси вологи, що випарувалась і наважки палива, г.

Результати визначення гігроскопічної вологи підраховують з похибкою не більше ніж 0,01%, а кінцевий результат заокруглюють до десятих часток відсотка. Розбіжність між результатами двох паралельних вимірювань не повинна перевищувати 0,3%. В іншому разі проводять третє вимірювання. Кінцевий результат підраховують як середнє арифметичне двох найближчих вимірювань.

Визначивши гігроскопічну $W^п$ і знаючи зовнішню $W^{зв}$ вологу (її визначають висушуванням палива на повітрі до постійної маси), підраховують робочу вологу, $W^р$, %:

$$W^р = W^{зв} + W^п(100 - W^{зв})/100. \quad (41)$$

У різних видів кам'яного і бурого вугілля, а також торфу вміст робочої вологи коливається в широких межах (5...60 %). Використання палива з великою вологістю (баластом) не вигідне, оскільки волога не лише зменшує корисну частку палива, а й відбирає частину тепла, що виділяється під час згоряння на нагрівання і пароутворення.

Робота № 21. ВИЗНАЧЕННЯ ЗОЛЬНОСТІ ТВЕРДОГО ПАЛИВА (КАМ'ЯНОГО ВУГІЛЛЯ)

Загальні відомості. Зола – залишок, отриманий під час спалювання у тиглі певної наважки палива. Тверде паливо, на відміну від рідкого, містить значну кількість золи.

Зола у твердому паливі може бути первинного (внутрішнього) і вторинного (зовнішнього) походження.

Первинна зола утворюється в результаті спалювання палива з різноманітних мінеральних домішок, що містяться в ньому.

Вторинну золу отримують зі сторонніх мінеральних домішок, що потрапили в паливо під час його добування, транспортування і зберігання.

Кількість внутрішньої золи в паливі залежить від його складу: чим більша мінеральна частина, тим більше золи. Зола належить до баласту, і

великий її вміст у паливі є небажаним, оскільки при цьому суттєво погіршується теплова цінність палива. Крім того, під час спалювання твердого палива в пічках теплових установок швидко накопичується шлак, що вимагає регулярного їх очищення.

Вміст золи в кам'яному вугіллі і торфі коливається в широких межах (5...25 % і більше).

Для визначення зольності твердого палива існує три методи обзолення: повільне, прискорене з природною вентиляцією і прискорене з подачею у муфельну піч кисню. Далі опишемо два з них.

Суть методу визначення зольності полягає в повному спалюванні наважки твердого палива і подальшому прожарюванні зольного залишку.

Методика виконання роботи. Повільне обзолення. Аналітичну пробу палива (кам'яне, буре вугілля, сланець) подрібнюють у порошок і просіюють через сито (900 отворів на 1 см^2). У попередньо зважені і прожарені прямокутні фарфорові човники насипають наважки масою по $1 \pm 0,1\text{ г}$ і розміщують їх у холодній муфельній печі.

Під час обзолення кам'яного вугілля й антрациту температуру муфельної печі підвищують спочатку протягом 30 хв до $500\text{ }^\circ\text{C}$ і впродовж наступних 30...60 хв до $800\text{...}830\text{ }^\circ\text{C}$. Обзолюючи буре вугілля і сланці, муфельну пічку розігрівають спочатку впродовж 30 хв до $250\text{ }^\circ\text{C}$, наступні 30 хв – до $500\text{ }^\circ\text{C}$, а потім протягом 2 год – до $800\text{...}830\text{ }^\circ\text{C}$.

При кінцевій температурі зольний залишок проби кам'яного вугілля прожарюють протягом 1,5 год, бурого вугілля і сланцю – протягом 1 год.

Після завершення прожарювання човники із зольним залишком виймають з пічки і охолоджують на повітрі до температури навколишнього середовища, пізніше зважують з похибкою, що не перевищує $0,0002\text{ г}$.

Прискорене обзолення з подачею в муфельну піч кисню.

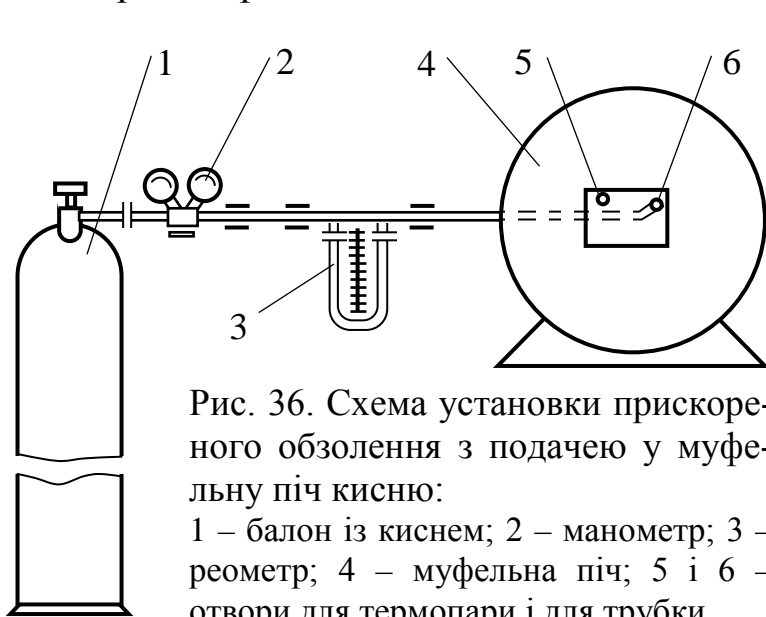


Рис. 36. Схема установки прискореного обзолення з подачею у муфельну піч кисню:

1 – балон із киснем; 2 – манометр; 3 – реометр; 4 – муфельна піч; 5 і 6 – отвори для термопари і для трубки.

Муфельну піч 4 (рис. 36) розігрівають до температури $850\text{...}875\text{ }^\circ\text{C}$. Після досягнення вказаної температури, на рівні пази пічки на підставці встановлюють керамічну пластину, розміри якої дещо менші за розміри робочого простору печі. На пластині розмішують човники з наважками палива. У такому положенні їх витримують під час

обзолення кам'яного і бурого вугілля протягом 3 хв, а під час обзолення сланцю – 5 хв. Після цього пластину з човниками повільно просувають у муфельну піч із швидкістю 2 см/хв, зачиняють дверцята і з балона 1 через редуктор подають кисень із швидкістю 3 л/хв. Замір подачі кисню здійснюють реометром 3.

Тривалість обзолення і температуру у муфельній печі залежно від виду досліджуваного палива вибирають за табл. 12.

Таблиця 12. Умови обзолення різних видів палива

Вид палива	Температура у муфельній печі, °С	Тривалість обзолення, хв, у човнику	
		№ 2	№ 3
Вугілля:			
кам'яне	800...830	25	20
буре	800...830	15	10
Горючий сланець	850...875	20	15

Після відліку вказаного у табл. 12 часу припиняють подачу кисню, пластину з човниками виймають з муфельної печі, охолоджують на повітрі та зважують човники разом зі зольним залишком.

Обробка результатів. Аналітичну зольність $A^п$, %, досліджуваного палива підраховують за формулою

$$A^п = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100, \quad (42)$$

де m_1 , m_2 , m_3 – відповідно маси прожареного човника, човника із наважкою досліджуваного палива і човника з залишком після обзолення наважки палива, г.

За результат випробувань приймають середнє арифметичне двох паралельних вимірювань.

Для перерахунку результатів визначення зольності $A^п$ аналітичної проби на зольність іншого стану палива, наприклад сухого, одночасно з цієї ж проби беруть наважки для визначення вмісту вологи $W^п$ в аналітичній пробі.

Визначивши вміст вологи $W^п$ в аналітичній пробі, підраховують зольність $A^с$, %, у сухому стані палив

$$A^с = \frac{A^п}{100 - W^п} \cdot 100. \quad (43)$$

Зольність аналітичної проби перераховують на зольність $A^р$ робочої маси палива за формулою

$$A^р = \frac{A^п \cdot (100 - W^р)}{100 - W^п}, \quad (44)$$

де $W^р$ – робоча волога палива, %, яка визначається за формулою (41).

Значення вологи аналітичної проби W^L і зовнішньої $W^{ЗВ}$ досліджуваного палива можна взяти з попередньої роботи.

Робота № 22. ВИЗНАЧЕННЯ МАСОВОЇ ЧАСТКИ СІРКОВОДНЮ У СКЛАДІ ГАЗОПОДІБНОГО ПАЛИВА

Загальні відомості. Широке використання газоподібного палива для двигунів внутрішнього згорання зумовлене його специфічними перевагами перед рідким: зниженням токсичності відпрацьованих газів; збільшенням моторесурсу двигуна на 35...40%; виникненням можливості підвищення потужності (на 15%) і покращанням паливної економічності (на 12%) завдяки вищій детонаційній стійкості; поліпшенням розподілу пальної суміші між циліндрами двигуна.

Найчастіше як газове паливо для ДВЗ використовують стиснуті і зріджені гази.

Стиснуті гази – це гази з низькою критичною температурою, які залишаються в газоподібному стані при тиску до 20 МПа (метан, оксид вуглецю, водень, етилен). Впроваджено дві марки стиснутого газу для газобалонних автомобілів – А і Б. Вони різняться вмістом метану (А – 95 ± 5 , Б – 90 ± 5 %) і азоту (А – 0...4, Б – 4...7 %). Інші компоненти становлять не більше: етан – 4 %, пропан – 1,5 %, бутан – 1,0 %, пентан – 0,3 %, двооксид вуглецю – 1,0 %, кисень – 1,0 %.

До суттєвих недоліків автотранспортних засобів, що працюють на стиснутому газі, можна зарахувати: зменшення корисної вантажопідйомності (на 14...18%), збільшення трудомісткості технічного обслуговування і ремонту (на 12...15%), зменшення пробігу.

Зріджені гази – це гази з відносно високою критичною температурою, які при підвищенні тиску до 1,0...1,5 МПа переходять у рідкий стан (пропан-бутанові вуглеводні). Для автомобільного транспорту випускають дві марки: ПА – пропан автомобільний, рекомендується використовувати для температур до мінус 20...35° С і ПБА – пропан-бутан автомобільний, рекомендується використовувати для температур до мінус 20 °С.

Зріджені гази з відносно невисоким тиском можна зберігати і транспортувати у звичайних цистернах, балонах та інших ємностях. Водночас вони є токсичними (вуглеводні C_3 і C_4) і надзвичайно пожежонебезпечними.

Небажаним елементом у складі газового палива є сірководень через його корозійну активність. Стандартами на стиснуті і зріджені гази вміст сірководню обмежений до 0,02...0,05 г/м³, а згідно у ДСТУ EN 589:2017 - відсутній.

Масову частку сірководню в газі визначають різними лабораторними методами (ДСТУ EN ISO 8819 або ДСТУ 2298:2018). Найпростіший із них – кадмієвий. Суть його полягає у видаленні сірководню з газу розчином оцтовокислого кадмію з подальшим розкладанням у кислому середовищі утвореного сірчистого кадмію і йодометричному визначенні виділеного сірководню.

Методика виконання роботи. Прилад для визначення наявності сірководню в газовому паливі містить: дві склянки Дрекселя 7 (рис. 37) місткістю по 250 см^3 ; аспіратор 2, який використовують також для заміру об'єму газу, що пройшов через вбирачі за час аналізу; манометр 3 і термометр 4, що закріплені в пробці верхнього бутля аспілятора. Аспіратор і вбирачі з'єднані скляною трубкою з краном 5; нижній і верхній бутлі аспілятора – гнучким шлангом із краном 1.

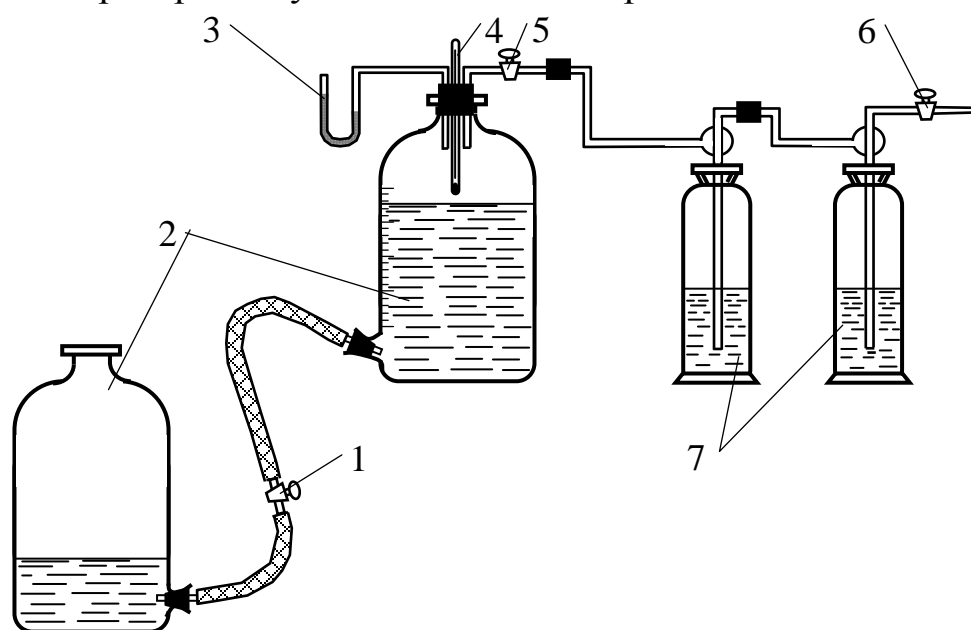


Рис. 37. Прилад для визначення наявності сірководню в газовому паливі: 1, 5 і 6 – крани; 2 – аспіратори; 3 – манометр; 4 – термометр; 7 – склянки Дрекселя.

Перед проведенням дослідів зібраний прилад перевіряють на герметичність. Для цього в один вбирач наливають 100 см^3 дистильованої води, перекривають кран 6 та трубку манометра 3 і, відкривши крани 1 і 5, опускають бутель аспілятора (без пробки). Прилад вважається герметичним, якщо бульбашки повітря не проходять через вбирач з водою і не змінюється рівень води у верхньому бутлі аспілятора.

Після перевірки герметичності приладу в склянки Дрекселя наливають по 50 см^3 5 %-го розчину оцтовокислого кадмію (до 1 л готового розчину оцтовокислого кадмію додають 10 см^3 80 %-ої оцтової кислоти). Прилад готовий до роботи.

Приєднують місткість з пробєю газу (або газову магістраль) до приладу, відкривають крани 1, 5 і 6, пропускаючи досліджуваний газ так, щоб розчин оцтовокислого кадмію в другому вбирачі залишався прозорим, а тиск в аспіраторі – постійним (рідина в трубках манометра перебувала на одному рівні).

Якщо концентрація сірководню в газі мала, то через прилад пропускають декілька десятків літрів досліджуваного газу і для вимірювання його об'єму після вбирачів вмикають газовий лічильник типу ГСБ. Після пропускання проби газу крани 6 і 1 закривають, вимірюють об'єм води, що витекла з верхнього бутля аспіратора, вимірюють барометричний тиск, температуру і тиск газу.

Розчин оцтовокислого кадмію з поглиненим сірководнем зливають із склянок Дрекслея в конічну колбу. До неї додають 25 см³ титрованого 0,05 н розчину йоду і 10 см³ 10 %-го розчину соляної кислоти, швидко закривають пробкою, збовтують і ставлять на 3...5 хв у темне місце. Потім у колбу наливають дистильовану воду, розбавляючи у два рази розчин оцтовокислого кадмію.

Вміст колби титрують 0,05 н розчином тіосульфату натрію спочатку до світло-жовтого забарвлення, пізніше доливають у колбу 1...2 см³ 0,5 %-го розчину крохмалю і продовжують титрувати до зникнення синювато-фіолетового забарвлення.

Обробка результатів. Масу поглиненого сірководню X , г, визначають за формулою

$$X = 0,00085 (V_1 - V_2), \quad (45)$$

де 0,00085 – кількість сірководню, еквівалентна 1 см³ 0,5 н розчину йоду, г; V_1 – об'єм 0,05 н розчину йоду, витраченого на поглинання сірководню, см³; V_2 – об'єм 0,05 н розчину тіосульфату натрію, використаного на титрування йоду, см³.

Вміст сірководню X_1 , % за об'ємом, у досліджуваному газі вираховують за формулою

$$X_1 = \frac{X \cdot 22,414 \cdot 1000 \cdot 100}{34(V_0 + V_3)} = \frac{65923,5 \cdot X}{V_0 + V_3}, \quad (46)$$

де 22,414 – об'єм 1 моля сірководню за нормальних умов, л; 34 – молекулярна маса сірководню; V_0 – об'єм взятого для аналізу газу, приведенного до нормальних умов, см³; V_3 – поправка на кількість сірководню, поглиненого розчином оцтовокислого кадмію, см³;

$$V_0 = \frac{V_t(B-w)T_0}{P_0 \cdot T} = \frac{V_t(B-w)273,2}{101325(273,2 + t)}, \quad (47)$$

де V_t – об'єм досліджуваного газу за температури t і тиску B , см^3 ; B – барометричний тиск, Па; w – тиск водяної пари за температури досліджуваного газу, Па; t – температура газу, $^{\circ}\text{C}$;

$$V_3 = 0,5535 V_4, \quad (48)$$

де 0,5535 – об'єм сірководню, який відповідає 1 см^3 0,05 н розчину йоду, см^3 ; V_4 – об'єм 0,05 н розчину йоду, витрачений на титрування сірководню, см^3 .

Робота № 23. ВИЗНАЧЕННЯ ГУСТИНИ ГАЗУ

Загальні відомості. Густина – це маса об'єму газу, виражена в $\text{кг}/\text{м}^3$ ($\text{кг}/\text{л}$, $\text{г}/\text{мл}$). Знання густини газу необхідне під час експлуатації газових родовищ, під час контролю роботи окремих газових установок, де вимагається визначення маси або об'єму газу, під час різноманітних технічних розрахунків, а також для підрахунку дво- або багатокомпонентного газу. Цей показник має вагомий значення для здійснення обліку газу та вплив на його теплотворну здатність.

Для характеристики газу іноді ще користуються поняттям відносної густини газу за повітрям – відношення маси газу до маси такого ж об'єму повітря за однакових умов. Відносна густина – величина безрозмірна, яка показує, наскільки газ легший або важчий за повітря, маса якого прийнята за одиницю.

За відносною густиною газу легко підрахувати масу 1 л газу у грамах, перемножуючи значення відносної густини на 1,293, тобто на густину сухого повітря в $\text{кг}/\text{м}^3$ або $\text{г}/\text{л}$ при 0°C і 101325 Па (760 мм рт. ст.).

Основою природного газу є метан з нижньою теплотою згоряння $35,8 \text{ МДж}/\text{м}^3$ і густиною $0,5546 \text{ кг}/\text{м}^3$ при температурі 20°C і тиску 101,325 кПа. Густина стиснутого природного газу для автомобілів повинна бути в межах $0,56\text{--}0,62 \text{ кг}/\text{м}^3$. У супутньому газі нафтових родовищ значний вміст важчих вуглеводнів, які характеризуються вищою теплотою згоряння. Зокрема, етан має нижчу теплоту згоряння $59,85 \text{ МДж}/\text{м}^3$ та густину $1,046 \text{ кг}/\text{м}^3$, а пропан і н-бутан відповідно $86,53$, $114,27 \text{ МДж}/\text{м}^3$ і $1,549$, $2,071 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Суть методу (ДСТУ EN ISO 3993:2014) визначення густини полягає у зважуванні скляного пікнометра з осушеними повітрям і досліджуванним газом при однакових температурах та тиску.

Методика виконання роботи. Пробу газу з газопроводу або іншої місткості відбирають у пікнометр способом сухого продування. Також застосовують двокранові пробовідбірники. Проби в пікнометр відбирають з пробовідбірної лінії, виготовленої зі сталевий, мідної або латунної трубки з внутрішнім діаметром 2...4 мм. Їх довжина повинна бути яко-

мога меншою. Перед відбором проби лінію продувають упродовж 1...2 хв досліджуваним газом через трійник, до якого також приєднують установку для відбору газу в пікнометр (рис. 38). Тиск у пробовідбірній лінії повинен перевищувати атмосферний не більше ніж на 9807 Па (1000 мм вод. ст.), а температура газу бути не нижча, ніж у газопроводі.

Для відбору досліджуваного газу в пробовідбірник його встановлюють вертикально і приєднують до пробовідбірної лінії. Відкривши кран пробовідбірної лінії, плавно відкривають вхідний кран пробовідбірника, щоб газ поступово заповнював об'єм. Коли тиск вирівнюється, повільно відкривають вихідний кран пробовідбірника і продувають його газом так, щоб тиск у пробовідбірнику підтримувався на рівні тиску газу в газопроводі. Для продування використовують об'єм газу, у 10...15 разів більший за об'єм пробовідбірника. Після продування закривають вихідний кран пробовідбірника, потім вхідний і кран пробовідбірної лінії та від'єднують пробовідбірник. Герметичність пробовідбірника перевіряють зануренням його у воду.

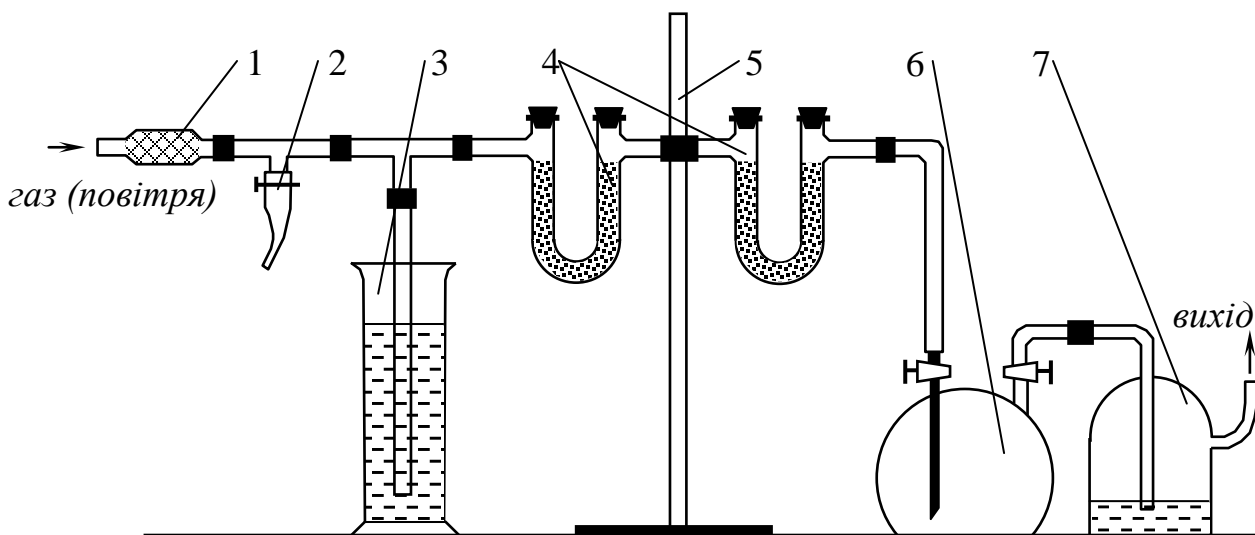


Рис. 38. Схема установки для заповнення пікнометра:

1 – трубка з гігроскопічною ватою; 2 – гвинтовий затискач; 3 – маностат; 4 – U-подібні трубки; 5 – штатив; 6 – пікнометр; 7 – склянка (лічильник бульбашок).

Температура газу, що відбирається з пробовідбірника у пікнометр, має бути не нижчою, ніж під час відбору проб з трубопроводу або іншої місткості.

Заповнення пікнометра типу ПГ об'ємом 100 або 200 см³, здійснюють на установці (див. рис. 38), зібраній за допомогою гумових або поліетиленових муфт. На початку установки закріплюють пряму 1 або U-подібну трубку з гігроскопічною ватою. Як правило, U-подібні трубки 4 заповнюють хлористим кальцієм, просушеним в муфельній печі впродовж 2...3 год за температури 500...600 °С. У циліндр маностата 3 з капі-

лярною трубкою діаметром 2...4 мм наливають вазелінову або трансформаторну оливу на висоту 150...200 мм. Склянку для промивання газу 7 (лічильник бульбашок) об'ємом 25...100 см³ також заповнюють оливою так, щоб капіляр трубки був занурений на 1 мм.

Визначення маси пікнометра 6 з досліджуванним газом та з осушеним повітрям здійснюють однаково, але в установці застосовують U-подібні трубки з хлористим кальцієм окремо для газу і повітря. Для перекачування газу з пробовідбірника не допускається використання витискальних рідин. Газ, що виходить з лічильника бульбашок, повинен потрапляти у витяжну шафу.

Для заповнення пікнометра газом чи осушеним повітрям здійснюють його продування на установці впродовж 10...15 хв з об'ємною швидкістю 100...200 см³/хв, що регулюється гвинтовим затискачем 2. Після продування спочатку закривають кран на виході пікнометра, а потім на вході, та від'єднують його від установки. U-подібну трубку ізолюють від навколишнього повітря. Пікнометр переносять на аналітичну вагу, утримуючи його за закінчення відвідних трубок кранів. Через 20...30 хв пікнометр приєднують до склянки для промивання газів, відкривають кран і вирівнюють тиск з атмосферним. Закривши кран, від'єднують пікнометр та зважують його з похибкою, що не перевищує 0,0001 г. Одночасно в місці розташування ваги вимірюють температуру і барометричний тиск навколишнього середовища.

Для визначення об'єму пікнометра в кубічних дециметрах його заповнюють дистильованою водою кімнатної температури. Стежать, щоб на внутрішніх стінках пікнометра, у відвідних трубках і каналах кранів не залишалось бульбашок повітря. Закривши крани, надлишок води забирають фільтрувальним папером і зважують пікнометр з похибкою не більше ніж 0,01 г.

Обробка результатів. Об'єм пікнометра V , дм³, визначають з виразу

$$V = \frac{m - m_n}{\rho - 1,205 K}, \quad (49)$$

де m , m_n – відповідно маса пікнометра з дистильованою водою та зі сухим повітрям, г; ρ – густина дистильованої води за температури дослідження, кг/м³ (табл. 13); 1,205 – густина сухого повітря за температури 20°C і тиску 101,325 кПа; K – коефіцієнт для доведення густини сухого повітря та досліджуваного газу до умов дослідження, який знаходять за формулою

$$K = \frac{293 P}{101,325(273 + t)}, \quad (50)$$

де P – барометричний тиск, кПа; t – температура навколишнього середовища під час зважування пікнометра зі сухим повітрям, °C.

За результат визначення місткості пікнометра приймають середнє арифметичне двох замірів, розбіжність між якими не повинна перевищувати 0,001 дм³. Цей показник перевіряють періодично, не рідше одного разу на півріччя.

Густину газу ρ_{20} , кг/м³, за температури 20°C і тиску 101,325 кПа визначають з виразу

$$\rho_{20} = \frac{m_r - m_{\Pi}}{KV} + 1,205, \quad (51)$$

де m_r – маса пікнометра з досліджуваним газом, г.

Для перерахунку густини досліджуваного газу при температурах 0 і 15°C застосовують вирази:

$$\rho_0 = \rho_{20} / 1,293,$$

$$\rho_{15} = \rho_{20} / 1,0174.$$

Таблиця 13. Густина дистильованої води ρ (кг/м³) при атмосферному тиску 101,325 кПа і температурі від 0 до 30°C

Температура, °C	0,0°C	0,2°C	0,4°C	0,6°C	0,8°C
1	2	3	4	5	6
0	999,839	999,852	999,865	999,877	999,888
1	999,898	999,908	999,917	999,925	999,933
2	999,940	999,946	999,952	999,956	999,961
3	999,967	999,967	999,969	999,971	999,972
4	999,972	999,972	999,971	999,969	999,967
5	999,964	999,960	999,956	999,951	999,946
6	999,940	999,934	999,926	999,919	999,910
7	999,901	999,892	999,882	999,871	999,860
8	999,848	999,836	999,823	999,809	999,795
9	999,781	999,765	999,750	999,734	999,717
10	999,699	999,682	999,663	999,644	999,625
11	999,605	999,584	999,563	999,542	999,520
12	999,497	999,474	999,451	999,426	999,402
13	999,377	999,351	999,325	999,299	999,272
14	999,244	999,216	999,188	999,159	999,129
15	999,099	999,069	999,038	999,007	998,975
16	998,943	998,910	998,877	998,843	998,809
17	998,775	998,740	998,704	998,668	998,632
18	998,595	998,558	998,520	998,482	998,444
19	998,405	998,366	998,326	998,286	998,245
20	998,204	998,162	998,120	998,078	998,035
21	997,992	997,949	997,905	997,860	997,816
22	997,770	997,725	997,679	997,632	997,585
23	997,538	997,491	997,443	997,394	997,345

Продовження таблиці 13

1	2	3	4	5	6
24	997,296	997,247	997,197	997,146	997,096
25	997,045	996,993	996,941	996,889	996,836
26	996,783	996,730	996,676	996,622	996,568
27	996,513	996,458	996,402	996,346	996,290
28	996,233	996,176	996,119	996,061	996,003
29	995,945	995,886	995,827	995,767	995,707
30	995,647	995,586	995,526	995,464	995,403

РОЗДІЛ 4 ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ОЛИВ

Робота № 24. ОЦІНКА В'ЯЗКІСНО-ТЕМПЕРАТУРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МОТОРНОЇ ОЛИВИ

Загальні відомості. До найважливіших експлуатаційних показників мастильних олів належать їх в'язкісні властивості. Показник в'язкості є основою класифікації моторних, трансмісійних, гідравлічних та інших типів олів. Від в'язкості моторної оливи залежить якість мащення тертьових поверхонь деталей, їх спрацювання, ефективність охолодження, ущільнення вузлів, легкість запуску двигуна.

В'язкість змінюється залежно від температури: чим нижча температура, тим вона більша і навпаки. Інтенсивність зміни в'язкості залежить від хімічного складу олів. Відносно мало змінюється вона у парафінових вуглеводнів, найбільше в ароматичних, нафтонові займають проміжне положення. Чим менше в'язкість змінюється з підвищенням чи зниженням температури, тим краще олива веде себе в експлуатації. Ступінь зміни в'язкості оливи залежно від температури оцінюють індексом в'язкості.

Індекс в'язкості (IV) – відносна величина, яка показує ступінь зміни в'язкості оливи залежно від температури порівняно з еталонними олівами. За еталон вибрані дві серії олів різної в'язкості. Оливи першої серії незначно змінюють свою в'язкість при зміні температури, тобто мають пологі в'язкісно-температурну криву. Індекс в'язкості цих олів прийнятий за 100 одиниць. Друга серія характеризується дуже крутою в'язкісно-температурною кривою. Їх індекс прийнятий за 0 (нуль).

Залежно від марки оливи та її призначення індекс в'язкості є в межах 80–130.

В'язкість моторних олів з високим індексом при зміні температури змінюється незначно, а олів з низьким індексом – суттєво. Моторні оливи з вищим індексом в'язкості мають кращі техніко-експлуатаційні властивості. Для підвищення індексу в'язкості до моторної оливи додають в'язкісні присадки.

Оливи, що містять в'язкісну присадку, називають загущеними. До малов'язкої мінеральної оливи додають в'язкісну присадку і отримують моторну оливу, в'язкість якої при 100 °С збільшена за рахунок дії присадки, а в'язкість при 0 °С приблизно така ж, як і в малов'язкої незагущеної мінеральної оливи.

Загущені оливи мають добрі в'язкісно-температурні властивості і текучість за низьких температур. Вони сприяють легкому і швидкому запуску двигуна взимку, утворюють невелику кількість нагару і зменшують втрати потужності на тертя, що сприяє економії палива.

Методика виконання роботи. Для визначення індексу в'язкості олив користуються термостатом «ТЕРМОТОН-01М» (див. рис. 25), який призначений для забезпечення теплового режиму віскозиметрів під час визначення в'язкості нафтопродуктів у межах позитивних температур (+20, +40, +50, +100°C), або іншим термостатом аналогічного типу.

Для аналітичного розрахунку індексу в'язкості вимірюють кінематичну в'язкість досліджуваної моторної оливи при 40 і 100 °С, а для його визначення за номограмою – при 50 і 100 °С.

Перед проведенням вимірювань перемикач ВИБІР РЕЖИМУ встановлюють у положення «+40 °С», кнопку звукової сигналізації (на задній панелі) – у вимкнене положення (кнопка відпущена). Тумблер МЕРЕЖА встановлюють у верхнє положення. При цьому через 1–3 с засвічується цифровий індикатор температури. Після виходу термостата на робочий режим (цифровий індикатор температури протягом не менше 5 хв показує температуру +40 °С) одним з двох віскозиметрів, закріплених у вікні кришки робочої камери, визначають кінематичну в'язкість згідно з методикою, викладеною у лабораторній роботі № 12. Цим же віскозиметром визначають кінематичну в'язкість за температури +50°C. Аналогічні дії проводять, користуючись другим віскозиметром, вивівши термостат на температурний режим +100 °С.

Обробка результатів. Для визначення індексу в'язкості існує кілька методів. Найпоширеніша у світовій практиці система Діна та Левіса. У вітчизняній практиці *IB* визначають за формулою

$$IB = \frac{v_1 - v_{40}}{v_1 - v_2} 100, \quad (52)$$

де v_1 – кінематична в'язкість еталонної оливи за температури 40 °С з $IB=0$, що має при 100°C таку ж кінематичну в'язкість, як досліджувана олива, мм²/с (приймається з таблиці 13); v_{40} – кінематична в'язкість досліджуваної оливи при температурі 40°C, мм²/с; v_2 – кінематична в'язкість еталонної оливи при температурі 40°C з $IB=100$, що має при 100°C таку ж кінематичну в'язкість, як досліджувана олива, мм²/с (приймається з табл. 14).

За цією формулою вираховують *IB*, якщо кінематична в'язкість оливи при 100 °С є в межах 2...70 мм²/с. Індекс в'язкості моторної оливи заокруглюють до цілого числа.

Якщо для виміряного значення кінематичної в'язкості досліджуваної оливи при 100°C в табл. 14 не вказані v_1 і v_2 , але воно (v_{100}) лежать у

діапазоні наведених значень, то v_1 і v_2 , мм²/с, можна розрахувати за виразами:

$$v_1 = 824,48 \cdot 10^{-3} v_{100}^2 + 9172,16 \cdot 10^{-3} v_{100} - 26560,93 \cdot 10^{-3};$$

$$v_2 = 244,35 \cdot 10^{-3} v_{100}^2 + 7261,08 \cdot 10^{-3} v_{100} - 14197,95 \cdot 10^{-3},$$

де v_{100} – кінематична в'язкість досліджуваної оливи при 100°C, мм²/с.

Таблиця 14. Значення кінематичної в'язкості олив при 100°C, мм²/с (сСт)

v_{100}	v_1	v_2	v_{100}	v_1	v_2	v_{100}	v_1	v_2
6	57,97	38,19	9,4	132,8	75,73	12,8	225,7	118,7
6,1	59,74	39,17	9,5	135,3	76,91	12,9	228,8	120,1
6,2	61,52	40,15	9,6	137,7	78,08	13	231,9	121,5
6,3	63,32	41,13	9,7	140,1	79,27	13,1	235	122,9
6,4	65,18	42,14	9,8	142,7	80,46	13,2	238,1	124,2
6,5	67,12	43,18	9,9	145,2	81,67	13,3	241,2	125,6
6,6	69,16	44,24	10	147,7	82,87	13,4	244,3	127
6,7	71,29	45,35	10,1	150,3	84,08	13,5	247,4	128,4
6,8	73,48	46,44	10,2	152,9	85,3	13,6	250,6	129,8
6,9	75,72	47,51	10,3	155,4	86,51	13,7	253,8	131,2
7	78	48,57	10,4	158	87,72	13,8	257	132,6
7,1	80,25	49,61	10,5	160,6	88,95	13,9	260,1	134
7,2	82,39	50,69	10,6	163,2	90,19	14	263,3	135,4
7,3	84,53	51,78	10,7	165,8	91,4	14,1	266,6	136,8
7,4	86,66	52,88	10,8	168,5	92,65	14,2	269,8	138,2
7,5	88,85	53,98	10,9	171,2	93,92	14,3	273	139,6
7,6	91,04	55,09	11	173,9	95,19	14,4	276,3	141
7,7	93,2	56,2	11,1	176,6	96,45	14,5	279,6	142,4
7,8	95,43	57,31	11,2	179,4	97,71	14,6	283	143,9
7,9	97,72	58,45	11,3	182,1	98,97	14,7	286,4	145,3
8	100	59,6	11,4	184,9	100,2	14,8	289,7	146,8
8,1	102,3	60,74	11,5	187,6	101,5	14,9	293	148,2
8,2	104,6	61,89	11,6	190,4	102,8	15	296,5	149,7
8,3	106,9	63,05	11,7	193,3	104,1	15,1	300	151,2
8,4	109,2	64,18	11,8	196,2	105,4	15,2	303,4	152,6
8,5	111,5	65,32	11,9	199	106,7	15,3	306,9	154,1
8,6	113,9	66,48	12	201,9	108	15,4	310,3	155,6
8,7	116,2	67,64	12,1	204,8	109,4	15,5	313,9	157
8,8	118,5	68,79	12,2	207,8	110,7	15,6	317,5	158,6
8,9	120,9	69,94	12,3	210,7	112	15,7	321,1	160,1
9	123,3	71,1	12,4	213,6	113,3	15,8	324,6	161,6
9,1	125,7	72,27	12,5	216,6	114,7	15,9	328,3	163,1
9,2	128	73,42	12,6	219,6	116	16	331,9	164,6
9,3	130,4	74,57	12,7	222,6	117,4			

З достатньою точністю IV можна визначити також за допомогою номограми (рис. 39) за даними значеннями кінематичної в'язкості за температури 50 і 100 °С.

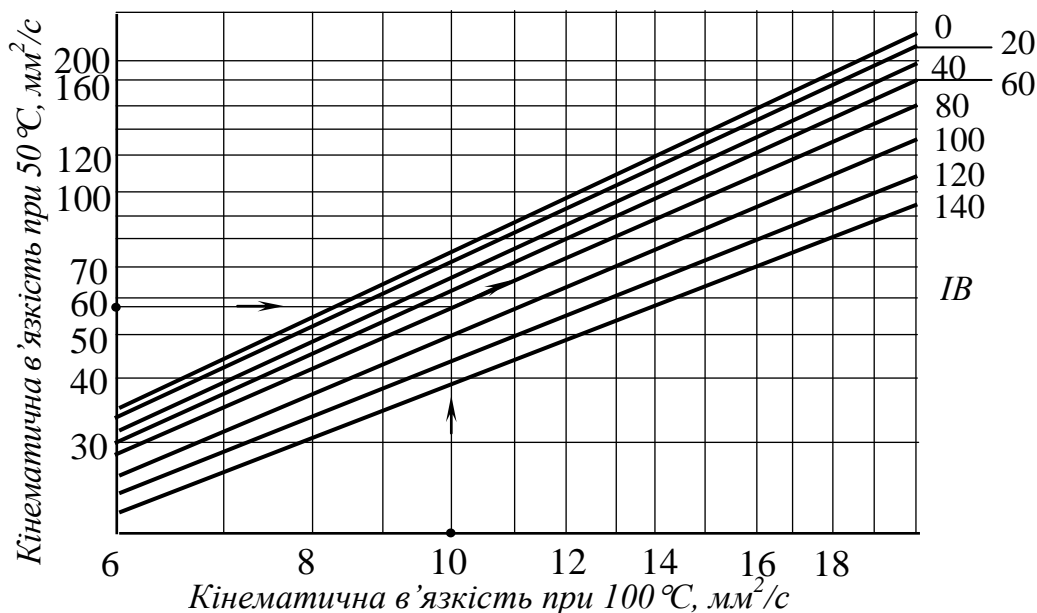


Рис. 39. Номограма для визначення індексу в'язкості оливи.

Приклад розрахунку. У результаті проведених випробувань було встановлено, що в'язкість досліджуваної моторної оливи при температурі 40 °С становить 95,35 мм²/с, при 50 °С – 57,85 мм²/с, а при 100 °С – 10 мм²/с.

Користуючись табл. 14, знаходимо $v_1 = 147,7$, $v_2 = 82,87$ мм²/с. Тоді

$$IV = [(147,7 - 95,35) / (147,7 - 82,87)] 100 = 80,7.$$

Індекс в'язкості заокруглюють до цілого числа: $IV = 81$.

Індекс в'язкості, визначений за допомогою номограми: $IV = 80$.

Робота № 25. ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ЧИСТОТИ МОТОРНОЇ ОЛИВИ

Загальні відомості. Один з важливих показників працездатності олив – вміст нерозчинних домішок. Від цього показника залежать протизношувальні властивості олив, їх схильність до утворення відкладень на деталях двигуна й оливоочисниках.

Ступінь чистоти олив визначають способом Папок і Зусевої (ДСТУ 9032:2020). Спосіб полягає в розчиненні досліджуваної оливи бензином-розчинником марки БР-1 для гумової промисловості з подальшим фільтруванням розчину через мембранні (нітроцелюлозні) фільтри. Ступінь чистоти оцінюють за кількістю фільтрацій і осадів на мембранних фільтрах.

Кількість фільтрацій встановлюють за кількістю мембранних фільтрів, необхідних для фільтрування розчину оливи за умови заміни їх через кожні 5 хв. Кількість осадів, мг на 100 г оливи, що затримуються мембранними фільтрами, знаходять за приростом маси фільтрів після фільтрування розчину досліджуваної оливи.

Методика виконання роботи. Для визначення ступеня чистоти досліджуваної оливи мембранний фільтр розміщують у роз'ємній лійці з нержавіючої сталі. Лійку за допомогою гумової пробки щільно вставляють у колбу для фільтрування і під розрідженням фільтрують розчин оливи. Розрідження створюють вакуумним насосом і фіксують за показами вакуумметра, наповненого ртуттю.

Колбу для фільтрування з'єднують з вакуумним насосом триходовим краном, яким регулюють розрідження під час фільтрування.

Лійка (рис. 40) складається з двох частин, з'єднаних накидною гайкою 2 і штифтами 4. Верхня частина містить конус 1 і патрубок 3, у нижній частині в штуцері 6 розміщена решітка 5, на яку кладуть мембранний фільтр.

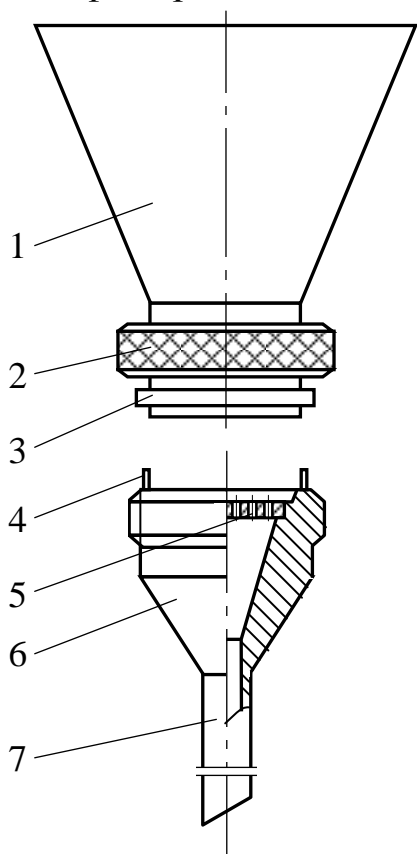


Рис. 40. Роз'ємна лійка:
1 – конус; 2 – накидна гайка;
3 – патрубок; 4 – штифт; 5 –
решітка; 6 – штуцер; 7 – тру-
бка.

Перед випробуванням пробу моторної оливи ретельно перемішують 5 хв в бутлі, заповненому не більше $\frac{3}{4}$ його місткості. Висок'язкі оливи попередньо підігрівають до 40...80°C. Потім у скляну склянку місткістю 50 мл відбирають 5 г оливи, зваженої з похибкою, що не перевищує 0,01 г. У склянку доливають 45 мл бензину марки БР-1.

Мембранні фільтри діаметром 27 мм сушать у сушильній шафі 15 хв за температури $100 \pm 2^\circ\text{C}$, охолоджують за кімнатної температури і зважують із похибкою не більше ніж 0,0002 г. Потім знову повторюють ці операції, щоб переконатися, що маса фільтрів не змінюється. Різниця між двома послідовними зважуваннями повинна бути не більша ніж 0,0004 г.

Підготовлений мембранний фільтр вкладають на решітку нижньої частини лійки матовою стороною донизу. Верхню частину лійки надівають на штифти і загвинчують накидну гайку.

Вмикають вакуумний насос, встановлюють розрідження всередині фільтрувальної

колби 20...30 мм рт. ст. і пропускають через мембранний фільтр 10 мл бензину марки БР-1. Пізніше фільтрують розчин моторної оливи протягом 5 хв. Якщо розчин оливи повністю не відфільтрувався за вказаний час, то фільтрацію припиняють. Залишок розчину зливають зворотно у склянку, знімають мембранний фільтр з решітки, встановлюють новий і знову продовжують фільтрування впродовж 5 хв. Таким чином фільтрують розчин досліджуваної оливи до завершення, замінюючи фільтр через кожні 5 хв. Якщо не вдається відфільтрувати розчин оливи п'ятьма фільтрами, то випробування завершують.

Мембранні фільтри з осадами розміщують на фільтрувальному папері в сушильній шафі, утримують за температури 100 ± 2 °С протягом 15 хв, потім охолоджують до кімнатної температури і зважують з похибкою, що не перевищує 0,0002 г. Ці операції знову повторюють, доводячи фільтри до постійної маси. Різниця між двома послідовними зважуваннями мембранних фільтрів не повинна перевищувати 0,0004 г.

Обробка результатів. Масу x , мг на 100 г оливи, осадів, які затримують мембранні фільтри, розраховують за формулою

$$x = \frac{\sum g}{m} 100, \quad (53)$$

де $\sum g$ – маса осадів на всіх фільтрах, мг; m – маса наважки оливи, г.

Масу x_1 , мг на 100 г оливи, осадів, які затримують п'ять мембранних фільтрів, при незавершеному фільтруванні розчину оливи визначають за формулою

$$x_1 = \frac{\sum g V 100}{m(V - V_1)}, \quad (54)$$

де $\sum g$ – маса осадів на п'яти фільтрах, мг; V – об'єм розчину оливи, мл; m – маса наважки оливи, г; V_1 – об'єм невідфільтрованої оливи, мл.

Під час проведення випробувань розбіжність між двома визначеннями числа фільтрацій не має перевищувати одиниці.

Розбіжність між двома визначеннями маси осадів, які затримують мембранні фільтри, не повинна перевищувати таких значень:

<i>Маса осадів, які затримують фільтри, мг на 100 г оливи</i>	<i>Допустима розбіжність</i>
До 200	20 мг на 100 г
Від 200 до 400	20 % від меншого результату
Понад 400	40 % від меншого результату

Робота № 26. ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ МЕХАНІЧНИХ ДОМІШОК

Загальні відомості. Сторонні речовини, в основному мінеральні, які містяться в оливах, називаються механічними домішками.

За стандартом вміст механічних домішок у моторних оливах не повинен перевищувати 0,015...0,020 %.

Механічні домішки потрапляють в оливу в процесі переробки нафти (глина, пісок, мінеральні солі), під час очистки оливних дистилятів (дрібні частинки вибілювальних земель, мінеральні солі) і під час зберігання, транспортування й видачі (головним чином пісок і глина).

Механічні домішки можуть бути виявлені найпростішими способами (якісно): оглядом взірця на прозорість, пробєю на скло, на фільтрувальний папір, під час відстоювання.

Усі стандартні методи визначення механічних домішок у нафтопродуктах, зокрема і в моторних оливах, – кількісні, полягають у ваговому аналізі. Методи кількісного визначення механічних домішок ґрунтуються на властивості вуглеводнів нафтопродуктів повністю розчинятися в органічних розчинниках. Не розчинений у розчинниках і затриманий фільтром залишок підтверджує наявність механічних домішок.

Суть лабораторного методу визначення наявності механічних домішок полягає у фільтруванні бензинового або толуольного розчину наважки досліджуваної оливи, промиванні осаду на фільтрі розчинником, подальшому висушуванні й визначенні масової частки механічних домішок.

Методика виконання роботи. Вміст механічних домішок визначають трьома способами.

Перший спосіб. Пробу досліджуваної оливи ретельно перемішують збовтуванням вупродовж 5 хв у місткості, заповненій не більше $\frac{3}{4}$ її об'єму. Наважку оливи розміщують у скляній склянці місткістю 600 або 1000 см³. Маса наважки залежить від в'язкості нафтопродукту. Для олив з в'язкістю при 100°С не більше 20 мм²/с маса наважки 100±0,05 г, для олив з в'язкістю більше 20 мм²/с – 50±0,01 г.

Тоді у склянку з наважкою оливи додають попередньо профільтрований і підігрітий розчинник. Як розчинник використовують бензин або толуол (для оливи з присадками і підвищеним лужним числом). Кількість розчинника або кратність розчинення наважки оливи також залежить від в'язкості оливи: для $v_{100} \leq 20$ мм²/с відношення об'єму розчинника до маси наважки від 2 до 4 і для $v_{100} > 20$ мм²/с – від 4 до 6.

Розчин оливи ретельно перемішують склянкою паличкою і фільтрують через попередньо підготовлений фільтр «Червона стрічка». Підгото-

вка фільтра полягає в промиванні його тим самим розчинником, який використовують під час випробувань, висушуванні за температури 105 ± 2 °C і доведенні до постійної маси. Склянку з фільтром після кожного витримування в сушильній шафі (спочатку впродовж 45 хв, а надалі – не більше 30 хв) закривають кришкою, охолоджують 30 хв в ексикаторі і зважують з похибкою, що не перевищує 0,0002 г. Сушать фільтр доти, доки розбіжність між двома послідовними зважуваннями не буде перевищувати 0,0004 г. Після цього фільтр розміщують у лійці, закріпленій у штативі над колбою, і обережно наливають розчин оливи по скляній паличці не більше ніж на $\frac{3}{4}$ висоти лійки. Залишки розчину і механічні домішки, що залишилися на стінках склянки, змивають на фільтр гарячим чистим розчинником.

Якщо в досліджуваній оливі міститься вода, яка ускладнює фільтрування, то розчин оливи спочатку відстоюють протягом 10...20 хв, після чого зливають, залишаючи відстій. Після фільтрування розчину відстій розбавляють 5...15 – кратною (за об'ємом) кількістю спирто-ефірної суміші (етилловий спирт і етиловий ефір в пропорції 4:1) і фільтрують через той самий фільтр. Кожну нову порцію розчину наливають у лійку після того, як достатньо повно стекла попередня.

Після фільтрування розчину, фільтр з осадом промивають за допомогою промивної склянки з гумовою грушею підігрітим розчинником доти, доки на фільтрі не залишиться слідів оливи і розчинник не буде стікати повністю прозорим.

Після промивання фільтр переносять у склянку для зважування з відкритою кришкою, в якій сушився чистий фільтр, і сушать у сушильній шафі за температури 105 ± 2 °C не менше ніж 45 хв. Потім склянку закривають кришкою, охолоджують 30 хв в ексикаторі і зважують з похибкою, що не перевищує 0,0002 г. У подальшому склянку з фільтром висушують 30 хв і зважують до отримання розбіжності між двома послідовними зважуваннями не більше ніж 0,0004 г.

Якщо вміст механічних домішок не перевищує нормативних значень, фільтр до постійної маси не доводять.

Масову частку X , %, механічних домішок вираховують за формулою

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m} 100, \quad (55)$$

де m_1 , m_2 – відповідно маси склянки для зважування з фільтром і механічними домішками та з чистим фільтром, г; m – маса наважки досліджуваної оливи, г.

За результат випробувань приймають середнє арифметичне двох паралельних вимірювань. Якщо масова частка механічних домішок менша за 0,005 %, то вважають, що вони відсутні.

Під час визначення вмісту механічних домішок у повільно фільтрованих оливах (наприклад, відпрацьованих) фільтрувати розчин наважки оливи і промивати залишок на фільтрі можна під вакуумом. Для цього лійку гарячого фільтрування через гумову пробку приєднують до спеціальної колби, яка з'єднана з вакуумним насосом. За такого фільтрування не допускається закипання розчину.

Описаний спосіб визначення вмісту механічних домішок має низку недоліків. По-перше, він не дає змогу фіксувати всі механічні домішки, оскільки частина з них розміром менше 5...6 мкм проходить крізь пори паперового фільтра. По-друге, сам процес визначення тривалий і потребує значної кількості розчинника. Ці недоліки особливо помітні під час аналізу проб відпрацьованих олив, в яких міститься велика кількість частинок розміром 1...3 мкм.

Другий спосіб. Його суть полягає у фільтрації розчину досліджуваної оливи також під вакуумом, але через спеціальні мембранні (нітроцелюлозні) фільтри, щільність яких оцінюється водопроникністю. Найпридатніші для нафтопродуктів фільтри з водопроникністю від 3 до 6 хв. Ці фільтри затримують механічні домішки розміром понад 1 мкм.

Розчин проби досліджуваної оливи готують за методикою, викладеною в першому способі визначення вмісту механічних частинок.

Мембранний фільтр розміщують в склянку для зважування і сушать його протягом 30 хв за температури 100...102 °С, після чого склянку із закритою кришкою охолоджують в ексікаторі і зважують з похибкою, що не перевищує 0,0002 г.

Фільтр вкладають між двома кільцевими картонними прокладками зверху латунної сітки в розбірну лійку, яку за допомогою гумової пробки закріплюють у горловині колби для вакуумного фільтрування.

Створивши попередньо невелике розрідження в колбі, вливають у лійку розчин оливи і повільно фільтрують. Потім розрідження поступово збільшують і доводять до 0,0266...0,0333 МПа.

Після завершення фільтрування розчину осад на фільтрі старанно промивають розчинником і після цього розбирають лійку. Фільтр з осадом кладуть у склянку і сушать за температури 100...103 °С протягом 20...25 хв. Потім охолоджують в ексікаторі і зважують.

Масову частку X , %, механічних домішок визначають за формулою

$$X = \frac{m_0}{m} 100, \quad (56)$$

де m_0 і m – відповідно маси осаду і наважки досліджуваної оливи, г.

За результат випробувань приймають середнє арифметичне двох паралельних вимірювань.

Обидва способи дають змогу визначити масову частку механічних домішок, що містяться в моторній оливі, але не дають змоги розділити їх за розмірами на окремі фракції.

Третій спосіб. Для визначення масової частки механічних домішок у досліджуваній оливі з одночасним поділом їх на фракції використовують фільтрувальну колонку (рис. 41).

У колонку вкладають попередньо доведені до постійної маси мембранні фільтри, які відрізняються розмірами пор, і скрізь них фільтрують розчин досліджуваної оливи.

Після завершення фільтрування осади на фільтрах промивають розчинником до повного видалення оливи. Фільтри виймають з колонки, кладуть у склянки з кришками (бюкси), висушують за температури 105 ± 2 °С протягом 20...25 хв, після чого охолоджують в екзикаторі і зважують.

Масову частку окремих фракцій (за розмірами) механічних домішок вираховують за різницею мас кожного фільтра (у бюксах) до і після фільтрування.

Загальна кількість механічних домішок в досліджуваній оливі дорівнює сумі мас окремих фракцій механічних домішок.

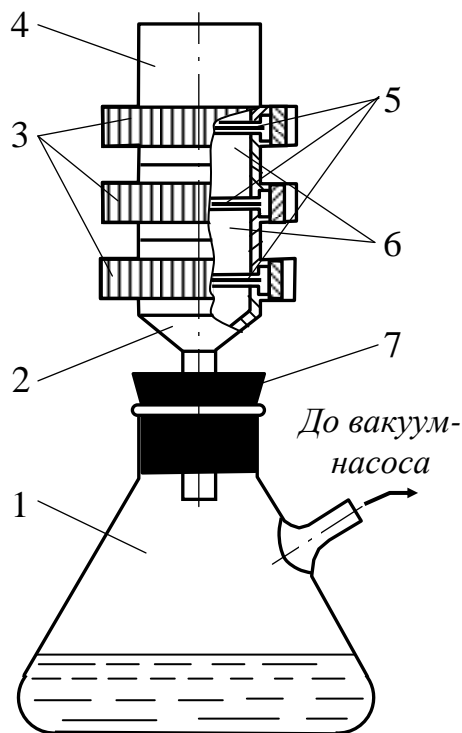


Рис. 41. Схема фільтрувальної колонки:

1 – колба; 2 і 4 – нижня і верхня частини фільтрувальної колонки; 3 – гайки; 5 – мембранні фільтри; 6 – проміжні втулки колонки; 7 – пробка.

Робота № 27. ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ВОДИ В ОЛИВІ

Загальні відомості. Вода в оливі може бути наявна як у розчиненому стані, так і у вигляді складової механічної суміші. Вміст води в розчиненому стані незначний і становить тисячні частки відсотка.

Вода в оливі найчастіше потрапляє в разі недотримання правил їх транспортування і зберігання.

Наявність води в оливі приводить до скорочення індукційного періоду й збільшення швидкості окиснення оливи, посилення її корозійної активності та спінення, втрати диспергувальної здатності, спричинює коагуляцію частинок забруднення, що призводить до осадотворення. Особ-

ливо небезпечна наявність води в оливі в зимовий період, оскільки вона випадає у вигляді дрібних кристалів.

У свіжій оливі наявність води недопустима. У процесі роботи олива обводнюється. Це зумовлено тим, що через сапуни у внутрішні порожнини механізмів потрапляє повітря з різноманітним вмістом парів води залежно від кліматичних умов. У двигуні найінтенсивніше процес обводнення оливи відбувається під час його охолодження після зупинення, особливо в зимовий період.

Наявність води в оливі можна визначити якісно достатньо простими методами: відстоюванням, пробами на прозорість, на потріскування за допомогою нагріву. Кількісно вміст води в оливі визначають за способом Діна і Старка (ДСТУ 2477:2021), який полягає у нагріванні суміші оливи з нерозчинним у воді розчинником і вимірюванні об'єму сконденсованої води.

Методика виконання роботи. Для проведення випробувань у чисту і суху колбу 2 (рис. 42) вводять 100 г

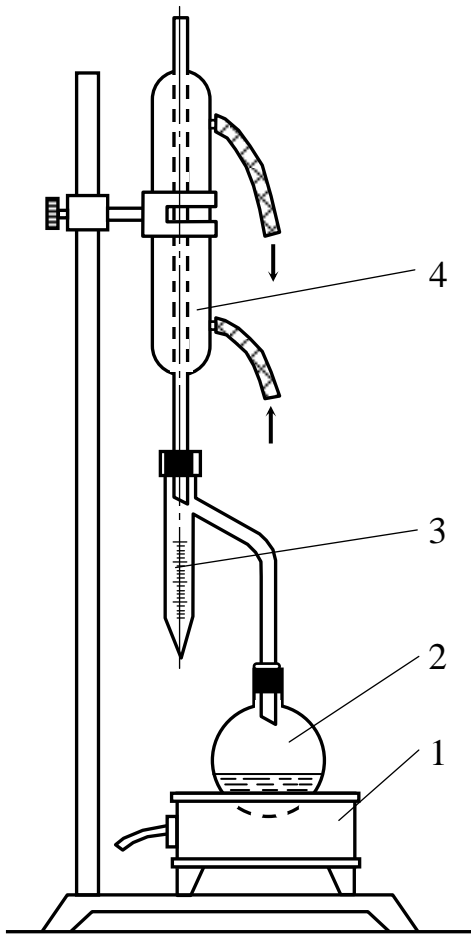


Рис. 42. Пристрій для визначення вмісту води:

1 – колбонагрівач; 2 – колба; 3 – приймач-уловлювач; 4 – холодильник.

добре перемішаної проби досліджуваної оливи з похибкою не більше ніж 1 %, додають 100 см³ розчинника (толуол, ксилол або бензин-розчинник БР-1) і збовтують. Для малов'язких нафтопродуктів беруть пробу в одиницях об'єму (100 см³).

Для того щоб розчин кипів без спінювання, у колбу кладуть декілька шматочків пемзи або фаянсу.

Пізніше до колби щільно приєднують приймач-уловлювач 3, а до нього – холодильник 4. При цьому зрізаний кінець відвідної трубки приймача-уловлювача повинен опуститись у колбу на 1...20 мм, а нижній край косо зрізаного кінця трубки холодильника має розміщуватися навпроти середини відвідної трубки. Верхній кінець холодильника закривають нещільним ватним тампоном для попередження конденсації атмосферної вологи всередині трубки холодильника.

Після цього з'єднують за допомогою гумових шлангів холодильник з во-

допровідною мережею, вмикають колбонагрівач 1 і розпочинають нагрівання. Після закипання суміші оливи з розчинником швидкість нагрівання регулюють таким чином, щоб з нижнього кінця трубки холодильника падало в уловлювач від 2 до 5 крапель за 1 с.

Вода, яка міститься у складі конденсату, за рахунок більшої порівняно з розчинником густини поступово накопичується в нижній частині градуйованої трубки приймача-уловлювача, а розчинник розташовується у верхньому шарі. Як тільки рівень розчинника дійде до відвідної трубки уловлювача, його надлишок стече зворотно в колбу.

Перегонку припиняють тоді, коли об'єм води у приймачі-уловлювачі перестане збільшуватися і верхній шар розчинника стане повністю прозорим. Час перегонки має бути не меншим 30 і не більшим за 60 хв. Після завершення перегонки колбонагрівач вимикають, а пристрій розбирають.

Якщо вміст уловлювача мутний, то його необхідно опустити і витримати в нагрітій водяній бані до розшарування, а потім після охолодження до кімнатної температури відрахувати рівень води за шкалою.

У разі виникнення сумнівів щодо наявності води, в уловлювач опускають кристалик перманганату калію; навіть за незначного вмісту води нижній шар забарвиться у фіолетовий колір.

Обробка результатів. Масову частку води W' , %, вираховують за формулою

$$W' = \rho^B \cdot V' 100 / m, \quad (57)$$

де ρ^B – густина води, г/см³; V' – об'єм води в уловлювачі, см³; m – маса проби, г.

Об'ємну частку води W'' , % від об'єму, знаходять за формулою

$$W'' = V' 100 / V'', \quad (58)$$

де V' і V'' – відповідно об'єми води в уловлювачі і проби оливи, см³.

Якщо об'єм води в уловлювачі під час перегонки виявиться меншим за 0,03 см³, то вважають, що в оливі є лише сліди води.

Робота № 28. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ СПАЛАХУ У ВІДКРИТОМУ ТИГЛІ

Загальні відомості. Під час нагрівання моторні оливи випаровуються. Пари оливи, змішуючись із повітрям, утворюють вибухову суміш.

Температура спалаху – це мінімальна температура, за якої пари оливи, нагрітої у спеціальному приладі, утворюють з повітрям суміш, яка спалахує від піднесеного до неї полум'я.

Температура запалювання – це температура, за якої нагріта у спеціальному приладі олива, загоряється від піднесеного полум'я і горить не менше ніж 5 с.

Температури спалаху і запалювання характеризують вогненебезпечність нафтопродукту. За температурою спалаху можна зробити висновок про характер вуглеводнів, що входять до складу оливи, а також наявність у ньому домішок палива. Наявність палива суттєво знижує температуру спалаху оливи: у разі потрапляння в оливу 1 % бензину вказана температура знижується з 200 до 170 °С, а наявність в оливі 6 % бензину знижує її майже удвічі. Як наслідок, зростає витрата оливи.

На температуру спалаху впливають тиск і вологість повітря. З підвищенням атмосферного тиску температура спалаху дещо збільшується, а зі зростанням вологості – знижується.

Температуру спалаху і запалювання оливи визначають у відкритому тиглі за методом Бренкена (ДСТУ 4333:2018; ISO 2592).

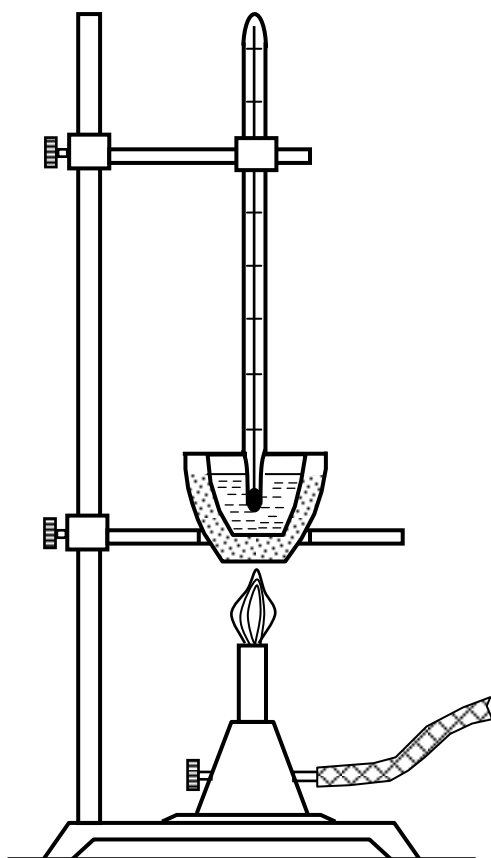
Методика виконання роботи. Досліджувану оливу перед аналізом перемішують 5 хв. Якщо в оливі міститься вода (понад 0,1 %) її зневоднюють, витримуючи протягом 5 год з свіжопрожареним хлористим кальцієм або сірчаноокислотним натрієм.

Перед випробуванням тигель промивають бензином і висушують. Тоді його встановлюють у зовнішній тигель (баню) з прожареним піском так (рис. 43, а), щоб пісок був на висоті близько 12 мм від краю тигля, а між дном тигля і банею був пісок товщиною 5...8 мм. Баню і термометр закріплюють на штативі. Ртутна кулька термометра повинна розміщуватись у центрі тигля.

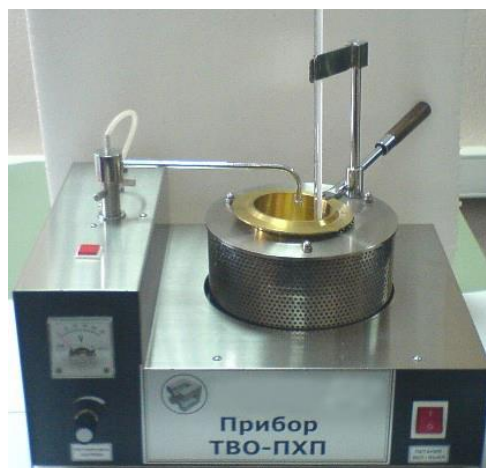
У тигель наливають досліджувану оливу до рівня, який на 12 мм нижче краю тигля, якщо передбачувана температура спалаху оливи до 210 °С, і на 18 мм, якщо температура перевищує 210 °С. Рівень оливи контролюють за допомогою шаблону.

Пристрій закривають кожухом для захисту від різких переміщень повітря. Баню нагрівають полум'ям газового пальника або електрообігрівом (рис. 43, б) зі швидкістю 10 °С/хв. За 40 °С до передбачуваної температури спалаху швидкість нагріву знижують до 4 °С за 1 хв.

Випробування розпочинають за 10 °С до передбачуваної температури спалаху. На відстані 10...14 мм від поверхні оливи по краю тигля через кожні 2 °С проводять полум'я запального пристрою. Довжина полум'я повинна бути 3...4 мм, тривалість випробування – 2...3 с. За температуру спалаху приймають температуру, при якій спостерігається поява синього полум'я над частиною або над усією поверхнею оливи.



а)



б)

Рис. 43. Пристрої для визначення температури спалаху у відкритому тиглі:
а) з підгрівом від газового пальника; б) з електропідгрівом марки ТВО.

Для визначення температури запалювання продовжують нагрівати баню зі швидкістю $4^{\circ}\text{C}/\text{хв}$, повторюючи випробування полум'ям запального пристрою через кожні 2°C . За температуру запалювання приймають температуру, яку показує термометр в момент, коли досліджувана олива при піднесенні до неї полум'я загоряється і горить не менше ніж 5 с.

Для повторного вимірювання температур спалаху і запалювання беруть нову порцію оливи. Розбіжність між паралельними значеннями не повинна перевищувати 6°C . За остаточний результат приймають середнє арифметичне двох послідовних вимірювань.

Робота № 29. ОЦІНКА КОРОЗІЙНОСТІ ОЛИВИ

Загальні відомості. Корозійний вплив моторної оливи на метали залежить від якості оливи і кількості корозійно активних речовин, які утворюються в ній у процесі роботи двигуна та потрапляють ззовні.

Корозійні властивості оливи зумовлені наявністю мінеральних кислот і лугів, органічних кислот, активних сірчистих сполук та оксидів сірки.

Вміст органічних кислот і лугів в оливах не допускається, а органічних кислот регламентується кислотним числом.

Кислотне число – це кількість міліграмів лугу КОН, необхідного для нейтралізації кислот, що містяться в 1 г оливи.

Деталі двигуна, особливо виготовлені з кольорових металів (підшипники ковзання), зазнають впливу корозії від взаємодії з кислими продуктами, що утворюються в процесі окиснення оливи.

Проте не всі кислі продукти однакові за агресивністю. Наприклад, високомолекулярні кислоти кородують метали слабше, низькомолекулярні – сильніше. Тому під час оцінки експлуатаційних властивостей олив важливо знати не загальний вміст кислих сполук, а ту дію, яку вони в сукупності чинять на деталі двигуна, тобто корозійні властивості.

Зниження корозійної агресивності олив досягають додаванням антикорозійних присадок, здатних утворювати на металевих поверхнях захисні плівки.

Корозійні властивості моторних олив оцінюють за методом Пінкевича, на установці ПЗЗ і за методом НАМИ на приладі ДК-НАМИ.

Суть методу НАМИ (ГОСТ 20502) полягає у визначенні втрати маси свинцевої пластини, виготовленої зі свинцю марок С1 або С2, яку піддають періодичному впливу досліджуваною оливи і повітря при 140 °С.

Метод передбачає два варіанти визначення корозійності олив: без додавання каталізатора впродовж 10 год при 140 °С (перший варіант) і з додаванням каталізатора (для олив групи Г і присадок до них) впродовж 25 год при температурі 140 °С (другий варіант). Розглянемо перший варіант.

Методика виконання роботи. На рис. 44 зображено прилад ДК-НАМИ. Десять L-подібних скляних реакційних колб 2 розміщуються у спеціальній касеті 3, яка обертається на валу приладу в теплоносії (нафтовій оливі з температурою спалаху не менше ніж 230°С) термостата 4. Через горловину в кожен L-подібну колбу вставляють скляний тримач із трубчастою ніжкою та стрижень. Касета обертається в похилій площині (кут нахилу 20 °), отримуючи привід від електродвигуна 6, з'єднаного з валом приладу через редуктор 7. На валу приладу під касетою встановлена мішалка 5 для перемішування рідини в термостаті.

Теплоносії нагрівається від чотирьох нагрівальних елементів. Два з них постійно живляться від електричної мережі і слугують для розігрівання рідини в термостаті до температури досліду. Два інших вмикаються в електричне коло через терморегулятор, до якого входить контактний термометр 1 і реле. Касета підіймається і опускається підймальним механізмом, який приводиться в дію від електродвигуна.

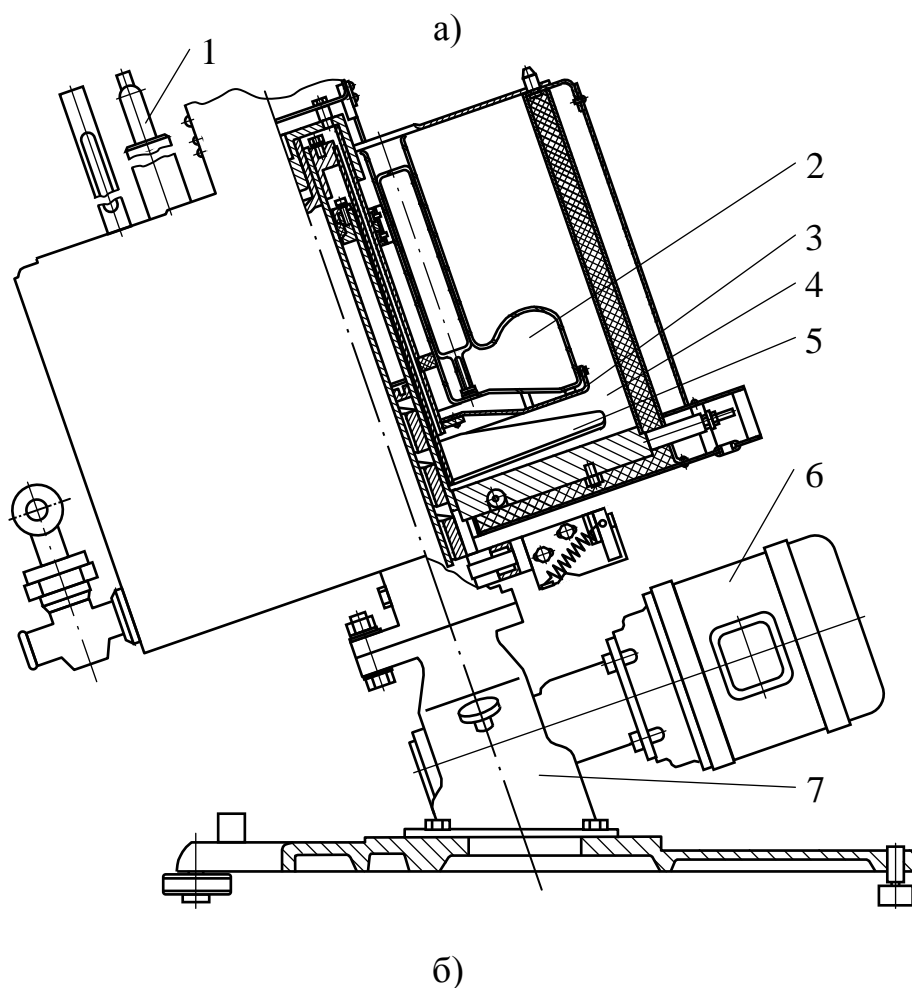


Рис. 44. Прилад для визначення корозійності оливи ДК-НАМИ:
 а) загальний вигляд; б) схема приладу: 1 – контактний термометр; 2 – реакційна колба; 3 – касета для реакційних колб; 4 – термостат; 5 – мішалка; 6 – електродвигун; 7 – редуктор.

Для занурення касети разом з колбами в термостат, її надівають на верхній кінець вала, перемикач на пульті управління встановлюють у положення РОБОТА і після початку обертання ведучого вала (проти годинникової стрілки) ледь натискають униз. Касета опускається до спеціального упору.

Для того щоб касету вийняти, необхідно спочатку зупинити електродвигун, а потім перемикач встановити в положення ПІДЙОМ. Ведучий вал розпочне обертатись за годинниковою стрілкою, фіксатор під тиском теплоносія зупинить касету, вона підніметься і зупиниться. Ознакою зупинки касети є характерне клацання.

Перед проведенням досліду підготовлюють свинцеві пластини. Свинець марки С1 або С2 прокатують між вальцями спеціального пристрою до товщини 1 мм. З отриманого листа вирубують пластини діаметром 24,5 мм за допомогою пристосування – металевої трубки із загостреним нижнім торцем і заданими розмірами; площа поверхні підготовленої пластини 0,001 м².

Свинцеві пластини маркують, протирають ватою, змоченою бензолем і полірують до блиску сукном або замшею. Потім їх промивають у фарфоровій чашці бензолом, сушать протягом 10...15 хв на повітрі (або на фільтрувальному папері) і зважують з похибкою, що не перевищує 0,0002 г.

Пробу досліджуваної оливи ретельно перемішують впродовж 5...10 хв у місткості, заповненій не більше ніж на $\frac{3}{4}$ об'єму. Пізніше дві наважки оливи по 36,5 г, визначені з похибкою не більше 0,1 г, розміщують у чисті і сухі (попередньо промиті хромовою сумішшю) реакційні колби приладу.

Підготовлені свинцеві пластини пінцетом надівають на скляні стрижні, які вставляють у нижні кінці трубок тримачів, а тримачі – у реакційні колби. Далі колби розміщують у касеті приладу.

Зібраний прилад ДК-НАМИ встановлюють у витяжній шафі у горизонтальному положенні, термостат закривають кришкою, у якій закріплюють термометри, і вмикають нагрівальні елементи.

Досягнувши температури 40...50 °С, приводять у рух мішалку і продовжують нагрівати теплоносії до 140 °С. Пізніше на певний час вимикають контактний термометр, нагрівання продовжують до 145...148 °С, стежачи за температурою контрольного термометра. Після досягнення вказаної температури на вісь вала приладу надівають касету з реакційними колбами і занурюють її в оливу; на час встановлення касети мішалку зупиняють. Далі закривають кришку з увімкненим контактним термометром, вмикають мішалку і привод вала приладу та відмічають час початку випробування.

Після завершення випробування (через 10 год) прилад від'єднують від електричної мережі, виймають касету і охолоджують її на повітрі. З колб виймають тримачі зі свинцевими пластинами, знімають їх пінцетом і опускають у чашку з бензолом. Пластини промивають доти, доки крапля бензолу не залишатиме на фільтрувальному папері оливкової плями.

Потім пластини сушать на повітрі і зважують з похибкою, що не перевищує 0,0002 г.

Обробка результатів. Корозійність X , г/м², досліджуваної оливи підраховують за формулою

$$X = \frac{m}{F}, \quad (59)$$

де m – втрата маси свинцевої пластини за час випробування, г; F – площа поверхні пластини, м².

За остаточний результат приймають середнє арифметичне двох вимірювань. Якщо корозійність рівна 1 г/м² або менше, то вважають, що корозія відсутня.

Робота № 30. ОЦІНКА МИЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МОТОРНОЇ ОЛИВИ З ПРИСАДКАМИ

Загальні відомості. Моторні оливи працюють у важких умовах. Вони зазнають впливу підвищеної температури й тиску, контакту з киснем повітря, агресивних газів, різноманітних металів та інших чинників, які інтенсифікують окиснення, конденсацію та розклад вуглеводнів. Вуглецеві речовини, що утворюються, осідають на деталях у вигляді нагару, лаку та шламу.

Нагари – тверді речовини чорного кольору, що відкладаються у двигунах внутрішнього згоряння на стінках камери згоряння, клапанах, днищах поршнів.

Лаки – тонкі, міцні блискучі плівки від світло-жовтого до темно-коричневого кольору, які відкладаються в зоні поршневих кілець, на юбці, на стрижнях клапанів та інших гарячих деталях.

Шлами – мазеподібні відкладення від коричневого до чорного кольору, які накопичуються в порожнинах шатунних шийок колінчастого вала, у маслопроводах і у фільтрах.

Щоб зменшити або запобігти утворенню вуглецевих відкладень, до оливок додають спеціальні поверхнево-активні речовини – мийні присадки, які відомі також під назвою детергентні та диспергуючі.

Дія мийних присадок полягає в їх здатності розрихлювати, змивати відкладення з поверхні деталей, перетворювати продукти окиснення

оливи на суспензію й утримувати найдрібніші частинки в оливі без злипання у крупніші домішки і осадження на деталі. Мийні присадки додають до олив у великих кількостях – від 3 до 15...20 %.

Як мийні присадки, в основному використовують зольні присадки – сульфонати, алкілсаліцилати кальцію, барію або магнію. Також використовують беззольні та малозольні присадки – сукцинамідні та сополімерні.

Оцінку мийних властивостей олив проводять за ДСТУ 5726:2019, використовуючи установку ПЗВ (розроблену К. К. Папок, А. П. Зарубіним, А. Б. Віппером) – малогабаритну одноциліндрову установку, обладнану електропідігрівниками. Вони підтримують задану температуру оливи в картері двигуна і на поверхнях поршня. Після випробування пристрій розбирають і за кількістю лаку на боковій поверхні поршня оцінюють мийні властивості оливи. Оцінку здійснюють за семибальною кольоровою шкалою. Якщо поршень чистий, олива отримує бал 0, якщо сильно забруднена лаком – бал 6.

Методика виконання роботи. Установка ПЗВ (рис. 45) складається з одноциліндрового чотиритактного двигуна 2, електродвигуна 1 і пульта управління. Картер двигуна алюмінієвий, циліндр – чавунний. Алюмінієвий поршень споряджений двома компресійними і двома оливознімними кільцями. Двигун змащується розбризкуванням. Необхідний температурний режим підтримується електричними елементами 3, що підігрівають впускне повітря, головку циліндра, середню частину циліндра і оливу в картері двигуна.

Температурний режим роботи двигуна контролюється за допомогою хромель-копельових або хромель-алюмінієвих термопар, розміщених у впускному патрубку, на головці, посередині циліндра, а також у картері.

Привід колінчастого вала двигуна здійснюється від електродвигуна постійного або змінного струму потужністю не менше ніж 1 кВт. Колінчастий вал з'єднують з двигуном клинопасовою передачею або еластичною муфтою.

На пульті управління розміщене таке обладнання: два

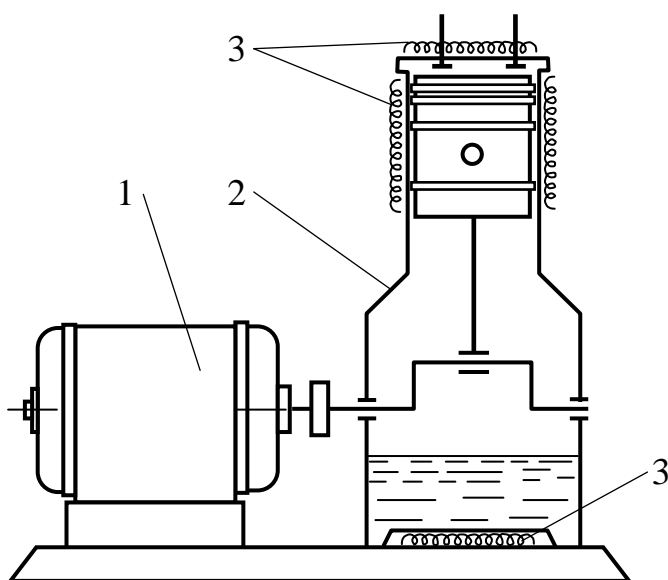


Рис. 45. Установка ПЗМ:

1 – електродвигун; 2 – одноциліндровий двигун; 3 – електронагрівальні елементи.

гальванометри для контролю температурного режиму роботи двигуна; чотири реостати для регулювання роботи електронагрівальних елементів; вольтметр змінного струму, який дає змогу стежити за напругою струму в кожному нагрівальному елементі; перемикачі термопар; вимикачі електронагрівальних елементів; сигнальні лампочки; кнопки запуску і зупинки двигуна.

Одноциліндровий двигун разом з електродвигуном встановлені на станині. Відпрацьовані гази по трубі виводяться назовні. Над двигуном монтують витяжну систему.

Режим роботи установки ПЗВ такий: частота обертання колінчастого вала двигуна 2500 ± 50 об./хв; температура головки циліндра $300 \pm 2^\circ\text{C}$, оливи у картері $125 \pm 1^\circ\text{C}$ і повітря на впуску $220 \pm 20^\circ\text{C}$; об'єм досліджуваної оливи 250 мл; тривалість випробування 2 год.

Перед випробуванням підбирають поршень і поршневі кільця. Картер і циліндр двигуна промивають бензином, а пізніше бензолом. Після просушування двигун збирають, встановлюють на станині і з'єднують з приводом за допомогою муфти. Приєднують впускний і випускний колектори. В електричну мережу вмикають коло живлення електропідігрівників, а до компенсаційних провідників, з'єднаних з гальванометром на пульті управління, – відповідні кінці термопар.

У картер двигуна заливають 250 мл досліджуваної оливи. Вмикають нагрівники головки циліндра, середини циліндра й оливи в картері. Коли температура головки циліндра досягне 250°C , а середини циліндра – 190°C , вмикають нагрівник впускного повітря, запускають двигун і виводять його на режим випробування. Відзначають час вмикання нагрівників, запуску двигуна і виходу на режим. Відлік часу випробування (2 год) здійснюють з моменту виходу на встановлений режим. Після цього через кожні 30 хв реєструють: температури головки циліндра, середини циліндра, оливи в картері, повітря на впуску і навколишнього повітря; напругу в колі нагрівників; частоту обертання колінчастого вала двигуна.

Обробка результатів. Для аналізу отриманих даних після випробування від'єднують двигун, випускную систему, електронагрівальні прилади і провідники термопар. Виймають циліндр і поршень двигуна, зливають оливу з картера.

Промивають бензином поршень, висушують і протирають його бокову поверхню двома-трьома краплями оливи. Потім оцінюють лакоутворення на цій поверхні за кольоровою еталонною шкалою, тобто роблять висновок про мийні властивості досліджуваної моторної оливи.

Опис кольорової шкали наведено в табл. 15.

Таблиця 15. Кольорова шкала для оцінки лакоутворення

Характер лакоутворення на боковій поверхні поршня	Оцінка, балів
Повністю чистий поршень (без лаку)	0
Верхня частина бокової поверхні поршня (зона поршневих кілець) покрита шаром лаку світло-жовтого забарвлення, поверхня юбки поршня чиста	1
Верхня частина бокової поверхні поршня вкрита шаром лаку світло-коричневого забарвлення, поверхня юбки поршня – лаком світло-жовтого кольору	2
Верхня частина бокової поверхні поршня вкрита шаром лаку коричневого забарвлення; поверхня юбки поршня нагорі вкрита лаком коричневого кольору, знизу – лаком світло-коричневого кольору	3
Верхня частина бокової поверхні поршня вкрита шаром лаку темно-коричневого забарвлення; поверхня юбки поршня нагорі вкрита лаком темно-коричневого кольору, знизу – коричневого кольору	4
Верхня частина бокової поверхні поршня вкрита шаром лаку чорного забарвлення; поверхня юбки поршня нагорі вкрита лаком чорного кольору, знизу – темно-коричневого кольору	5
Вся бокова поверхня поршня вкрита лаком чорного кольору	6

Розбіжність між паралельними випробуваннями не має перевищувати 0,5 бала за кольоровою шкалою. За дійсне приймають більше значення двох паралельних вимірювань.

Робота № 31. ОЦІНКА МОТОРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ І ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМООКИСНЮВАЛЬНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ОЛИВИ

Загальні відомості. Під впливом насамперед високих температур моторні оливи окиснюються. Окиснення олив призводить до зміни їх хімічного складу, в оливах з'являються кислоти, що мають високу корозійну активність, оливи темнішають, стають більш в'язкими, у них накопичуються механічні домішки органічного походження.

Окисненню олив сприяють добра розчинність у них кисню, каталітична дія металів, з яких виготовлені деталі двигуна, наявність металлоорганічних сполук, що утворюються внаслідок корозії або взаємодії продуктів спрацювання з органічними кислотами.

Термоокиснювальна стабільність характеризує схильність оливи до утворення розчинних та нерозчинних у ньому продуктів окиснення. Моторна олива повинна мати високу термоокиснювальну стабільність. Для підвищення стійкості олив при тривалому зберіганні і використанні, до них додають протиокисні присадки (інгібітори окиснення), а також речовини (деактиватори), що утворюють плівки на поверхні металів, перешкоджаючи їх контакту з оливою.

Під час визначення термоокиснювальної стабільності (ГОСТ 23175) моторну оливу, розливу тонким шаром на металевій поверхні, нагрівають, у результаті чого вона втрачає в масі за рахунок випаровування летких речовин. Залишок, який залишається на металевій поверхні, розділяють на робочу фракцію і лак. Зі збільшенням тривалості нагрівання збільшується випаровуваність і схильність до утворення лаку та зменшується кількість робочої фракції, тобто оливи, яка виконує функцію мастильної речовини.

Термоокиснювальна стабільність моторної оливи оцінюється часом (хв), протягом якого досліджувана олива при температурі 250 °С перетворюється на залишок, який складається з 50 % робочої фракції і 50 % лаку.

Моторні властивості оливи оцінюються випаровуваністю, кількістю робочої фракції і лаку, які утворюються за визначений час, а також критичною температурою лакоутворення – максимальною температурою, при якій за 30 хв утворюється не більше 3 % лаку. Ці показники використовують для умовної оцінки схильності олив до утворення лакових відкладень на деталях двигуна і ефективності присадок, що зменшують лакоутворення.

Методика виконання роботи. Для оцінки моторних властивостей та визначення термоокиснювальної стабільності використовують апарат Папок (рис. 46). У металевому корпусі 3 апарата розміщена нижня кришка 9, на якій закріплена накладка 8; у накладці і кришці зроблено 29 наскрізних отворів. На накладці встановлені електронагрівальний елемент 1 (потужністю 650 ВА), нагрівальна пластина 2 та диск 4. Зверху корпус закритий верхньою кришкою 5, що має три отвори. Доступ до робочої зони апарата здійснюється через скляні дверцята 7. До комплекту апарата входять набір алюмінієвих чашок (випарників) діаметром 22 мм і заввишки 6 мм, а також підставка для них.

Перед випробуванням апарат встановлюють у витяжній шафі, перевіряють за рівнем горизонтальність розташування. Випарники повинні бути чистими і сухими. Диск апарата має бути чистим і ретельно пришліфованим до нагрівальної пластини. Диск встановлюють на нагрівальну пластину, у заглиблення на диску кладуть металевий сплав з температу-

рою плавлення, що не перевищує $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (наприклад, сплав Вуда). Після цього збирають екстракційний апарат, до складу якого входять холодильник, насадка і колба; у колбу наливають $350\text{...}400\text{ см}^3$ петролейного ефіру.

Оцінка моторних властивостей олив. Вмикають електронагрівальний елемент апарата і після розплавлення сплаву в заглиблення диска опускають ртутний резервуар термометра. У чотири випарники беруть наважку досліджуваної оливи по $0,05\pm 0,02\text{ г}$ з похибкою, що не перевищує $0,0002\text{ г}$. Коли температура досягне значення, вказаного у нормативно-технічній документації на нафтопродукт, диск витримують 10 хв , відкривають дверцята і встановлюють на диск випарники з оливою, запускають секундомір і закривають дверцята. Диск з випарниками нагрівають впродовж 30 хв , потім знімачем переносять всі випарники на керамічну плитку. Охолоджують випарники впродовж 10 хв на повітрі і 20 хв в ексикаторі, потім зважують з похибкою, що не перевищує $0,0002\text{ г}$. За отриманими даними вираховують випаровуваність досліджуваної оливи.

Випарники із залишками нафтопродукту встановлюють на підставку, яку пізніше розташовують у насадці екстракційного апарата. Колбу з петролейним ефіром нагрівають таким чином, щоб конденсат стікав із швидкістю три-п'ять крапель за секунду. Екстракують доти, доки розчин у насадці не стане безбарвним. Потім виймають підставку з випарниками і розміщують їх у сушильній шафі, де витримують 30 хв за температури $100\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Після охолодження випарники зважують з похибкою не більше $0,0002\text{ г}$. За результатами зважування знаходять кількість робочої фракції досліджуваної оливи, вилученої петролейним ефіром в екстракторі, і залишок (лак) на випарниках.

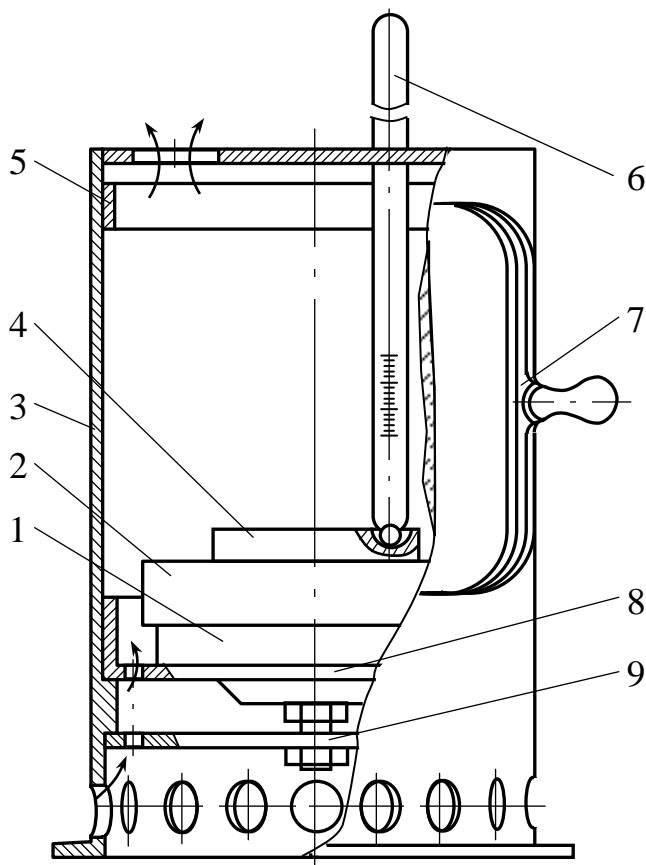


Рис. 46. Апарат Папок:

1 – електронагрівальний елемент; 2 – нагрівальна пластина; 3 – металевий корпус; 4 – диск; 5 і 9 – верхня і нижня кришки; 6 – термометр; 7 – рухомі скляні дверцята; 8 – накладка.

Критичну температуру лакоутворення визначають, нагріваючи оливу за температури 250 °С впродовж 30 хв. Якщо частка лаку при цьому виявиться більшою 3 %, то випаровування повторюють при зниженій на 5...10 °С температурі. Якщо частка лаку менша за 3 %, то температуру випробування збільшують.

Визначення термоокиснювальної стабільності олив. У чотири випарники беруть наважки досліджуваної оливи з похибкою, що не перевищує 0,0002 г: 0,035...0,040 г – для олив з кінематичною в'язкістю вище 8,5 мм²/с при 100 °С; 0,2±0,005 г – для олив з кінематичною в'язкістю до 8,5 мм²/с при 100 °С.

Випробування проводять аналогічно, як і під час оцінки моторних властивостей. Після потемніння плівки оливи знімають з диска один випарник і зазначають час. Ті випарники, що залишилися, знімаються по одному через кожні 5...10 хв для олив без присадок і через 20 хв – для олив з присадками. Випарники охолоджують на повітрі 10 хв, в ексикаторі 15...20 хв і зважують з похибкою, що не перевищує 0,0002 г. За результатами зважування визначають випаровуваність оливи.

Випарники із залишком встановлюють на підставку залишком донизу в рахі випробування олив з кінематичною в'язкістю до 8,5 мм²/с при 100 °С або залишком догори, якщо кінематична в'язкість оливи більша за 8,5 мм²/с при 100 °С. Подальші дії проводять згідно з описаною вище методикою.

Обробка результатів. Випаровуваність V_T^τ , %, досліджуваної оливи при температурі T за час τ визначають за формулою

$$V_T^\tau = \frac{m_1 - (m_3 - m_2)}{m_1} 100, \quad (60)$$

де m_1 , m_2 , m_3 – відповідно маси наважки оливи, чистого випарника до дослідження і випарника з залишком оливи після випаровування в апараті Папок, г.

Масову частку робочої фракції $РФ_T^\tau$, %, досліджуваної оливи при температурі T за час τ обчислюють за формулою

$$РФ_T^\tau = \frac{m_3 - m_4}{m_1} 100, \quad (61)$$

де m_4 – маса випарника зі залишком лаку після екстрагування, г.

За результат визначення випаровуваності і робочої фракції оливи приймають середнє арифметичне двох випробувань. Розбіжність між паралельними визначеннями не повинна перевищувати 10 % від середнього значення.

Масову частку лаку $Л_T^\tau$, %, при температурі T за час τ визначають за формулою

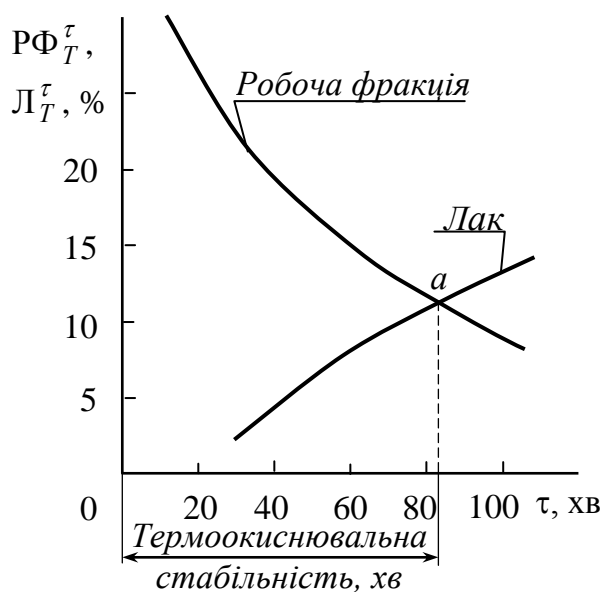
$$Л_T^\tau = \frac{m_4 - m_2}{m_1} 100. \quad (62)$$

За результат визначення масової частки лаку приймають середнє арифметичнє двох випробувань. Розбіжність між ними не повинна перевищувати 2%.

За результат визначення критичної температури лакоутворення приймають менше значення двох паралельних випробувань; розбіжність між ними не повинна перевищувати 5 °С.

Дані випробувань заносять у таблицю такої форми:

Час випробування, хв	Масова частка робочої фракції РФ _T ^τ , %	Масова частка лаку Л _T ^τ , %



За отриманими даними будують графік залежності кількості робочої фракції РФ_T^τ і лаку Л_T^τ від часу τ (рис. 47).

З точки перетину кривих залежностей РФ_T^τ = f(τ) і Л_T^τ = f(τ) опускають перпендикуляр на вісь абсцис і отримують значення термоокиснювальної стабільності. Якщо криві робочої фракції і лаку не перетинаються, повторюють визначення з більшим часом витримки.

Рис. 47. Графік залежності кількості робочої фракції і лаку від часу.

Робота № 32. ВИЗНАЧЕННЯ ЛУЖНОГО ЧИСЛА

Загальні відомості. Лужне число є одним із найважливіших показників якості моторних олив. Значення лужного числа залежить від вмісту в них мийно-диспергуючих присадок, здатних підвищувати лужні властивості та перешкоджати утворенню відкладень (нагару, лаку) на деталях кривошипно-шатунного механізму.

Чим вища концентрація присадок в оливі (лужне число), тим менше нагароутворення у двигуні. У процесі роботи двигуна концентрація присадок в оливі зменшується і захисні властивості оливи погіршуються.

Лужне число моторної оливи визначають потенціометричним титруванням розчином соляної кислоти (ДСТУ 5094; ДСТУ ISO 3771:2019). Титрування здійснюють на лабораторному рН-метрі типу ЛП-58, рН-340 і до значень ЕРС, встановлених за буферними розчинами.

За загальне лужне число приймають кількість гідроксиду калію КОН (мг), еквівалентну кількості соляної кислоти НСІ, витраченої на нейтралізацію всіх основних сполук, що містяться в 1 г досліджуваної оливи.

За лужне число сильних основ приймають кількість гідроксиду калію КОН (мг), еквівалентну кількості соляної кислоти НСІ, витраченої на нейтралізацію сильних основ, що містяться в 1 г досліджуваної оливи.

Методика виконання роботи. Для визначення лужного числа використовують лабораторний рН-метр з ціною поділки 5 мВ, керуючись при цьому інструкцією з його експлуатації.

Нові та вживані скляні електроди підлягають перевірці. Перед цим скляний електрод спочатку опускають у хромову суміш, після чого витримують у дистильованій воді.

Пізніше скляний і хлорсрібний (каломельний) електроди опускають у кислий буферний розчин для визначення ЕРС (спиртовий розчин гамма-колідину і соляної кислоти). Покази приладу записують зі знаком «мінус». Далі електроди ополіскують дистильованою водою, занурюють у склянку, в якій міститься 50 см³ розчинника (30 % етилового спирту і 70 % толуолу або 50 % ізопропілового спирту, 49 % толуолу і 1 % води) і 1 см³ 0,1 н спиртового розчину КОН. Проводять заміри ЕРС, записуючи покази зі знаком «мінус». Якщо алгебраїчна різниця результатів двох вимірювань ЕРС менша 480 мВ, то скляний електрод для проведення дослідів непридатний. Електроди після кожного визначення промивають розчинником; перед визначенням занурюють у дистильовану воду на 5...10 хв.

Для визначення значення ЕРС буферних розчинів у склянку для титрування наливають 50 см³ розчинника і додають з піпетки 5 см³ відповідного буферного розчину (кислого з рН=4 і лужного з рН=11). Ретельно перемішують отриману суміш і вимірюють значення ЕРС.

У буферних розчинах ЕРС визначають щоденно перед проведенням випробувань оливи.

У попередньо зважені склянки для титрування наливають наважку перемішаної впродовж 5 хв проби чистої оливи в кількості: 3...4 г для олив з лужним числом від 1 до 5 мг КОН на 1 г оливи; не більше ніж 1 г – для загущених олив і олив з багатофункціональними присадками.

У склянку з наважкою досліджуваної оливи додають 50 см³ розчинника, ставлять її на титрувальний столик, опускають у розчин електроди

і вмикають мішалку. Перемішують впродовж 5 хв, після чого за шкалою приладу знімають покази ЕРС.

Якщо ЕРС електродів менша ЕРС лужного буферного розчину (спиртового розчину метанітрофенолу і гідроксиду калію), то це означає, що у розчині присутні сильні основи; якщо більша – то вони в розчині відсутні.

Під час визначення лужного числа сильних основ, титрування проводять до значення ЕРС, встановленого в лужному буферному розчині. Титрують 0,1 н розчином НСІ, повільно і малими дозами (за один прийом по 0,05...0,1 см³). Якщо ЕРС зміниться більше ніж на 15...20 мВ (0,25...0,35 рН), то дозу розчину, який додають, зменшують до 0,02 см³. Після кожної чергової дози розчину чекають, доки потенціал стане ustalеним, тобто зміниться не більше як на 5 мВ за 1 хв.

Коли значення ЕРС за шкалою приладу стане рівним ЕРС лужного буферного розчину, визначають за шкалою бюретки об'єм витраченого на титрування розчину НСІ.

Для визначення загального лужного числа титрування продовжують до значення ЕРС, встановленого у кислому буферному розчині. Титрують спочатку також повільно, за один прийом по 0,05...0,1 см³. Якщо значення ЕРС буде змінюватися менше ніж на 15...20 мВ, то дозу збільшують приблизно втричі. Коли покази шкали стануть близькими ЕРС кислого буферного розчину, дозу розчину НСІ знову знижують до 0,05 см³ і щоразу чекають, доки потенціал стане ustalеним.

У разі рівності показів приладу і ЕРС кислого буферного розчину визначають об'єм витраченого розчину соляної кислоти.

Після цього проводять контрольний дослід з таким самим об'ємом розчинника, але без наважки досліджуваної оливи. Як титрувальний розчин використовують той же розчин НСІ; додають його дозами по 0,02...0,1 см³.

Обробка результатів. Лужне число сильних основ Щ_1 (мг КОН на 1 г оливи) вираховують за формулою

$$\text{Щ}_1 = \frac{(V_1 - V_0)T}{m}, \quad (63)$$

де V_1, V_0 – відповідно об'єми 0,1 н розчину НСІ, витрачені на титрування досліджуваної оливи і під час контрольного дослідження, см³; T – титр 0,1 н розчину НСІ, мг/см³ КОН; m – маса наважки оливи, г.

Загальне лужне число Щ_2 (мг КОН на 1 г оливи) визначають за формулою

$$\text{Щ}_2 = \frac{(V_2 - V'_0)T}{m}, \quad (64)$$

де V_2, V'_0 – об'єми 0,1 н розчину НСІ, витрачені відповідно на титрування досліджуваної оливи і під час контрольного дослідження, см³.

За результат випробувань приймають середнє арифметичне значення двох послідовних вимірювань. Результат заокруглюють до 0,01.

Робота № 33. ВИЗНАЧЕННЯ СУЛЬФАТНОЇ ЗОЛЬНОСТІ ОЛИВИ

Загальні відомості. Зола – це залишок, який отримується після спалювання оливи у тиглі. Зольність вимірюють у відсотках від маси проби.

Поява золи пов'язана з наявністю в оливах мінеральних нерозчинних солей і неорганічних механічних домішок.

Зольність олив має бути мінімальною, оскільки після згоряння і випаровування оливи мінеральні солі і механічні домішки залишаються у вигляді нагару на деталях циліндро-поршневої групи. Чим вища зольність, тим твердіший нагар утворюється на деталях. Додання мийних присадок різко збільшує зольність, оскільки ці присадки – це металоорганічні сполуки, після згоряння яких метал залишається в золі.

Для оцінки вмісту металоорганічних присадок використовують показник – сульфатна зольність.

Визначення масової частки сульфатної золи у свіжих оливах з присадками і у присадках до олив (ДСТУ 12417; ISO 3987) полягає у спалюванні проби оливи до твердого вуглецевого залишку, перетворенні металевих складових присадок у сульфати металів обробкою сірчаною кислотою з подальшим прожарюванням сульфатної золи за температури 775 ± 25 °С до сталої маси.

Методика виконання роботи. У склянку з термостійкого скла вкладають низький фарфоровий тигель (фарфорову чашку), вливають соляну кислоту, розведену водою в пропорції 1:4, і кип'ятять протягом декількох хвилин. Потім тигель ополіскують дистильованою водою і прожарюють у муфельній пічці при 775 °С впродовж 10 хв. Після охолодження тигля впродовж 5 хв на повітрі і 30 хв в ексікаторі його зважують з похибкою, що не перевищує 0,0002 г. Прожарювання, охолодження і зважування повторюють до отримання розбіжності між двома послідовними зважуваннями не більше 0,0004 г.

У прожарений тигель (чашку) щільно до стінок і дна вкладають беззольний паперовий фільтр (діаметр фільтра 9...11 см), зважують з похибкою, що не перевищує 0,01 г, і наливають у нього пробу досліджуваної оливи масою 5 г. Пробу перед використанням добре перемішують збовтуванням. Для того щоб олива не пінилась під час нагрівання, додають 1...2 см³ ізопропілового спирту або, якщо це не допомагає, 10 см³ суміші (1:1) толуолу та ізопропілового спирту.

Другий беззолний фільтр складають удвоє і скручують у вигляді конуса. Верхню частину конуса на відстані 5...10 мм від верху відрізають ножицями, кладуть основою донизу у тигель з оливою, тигель встановлюють на електричну плитку і підпалюють фільтр. Спалювання проводять до отримання сухого вуглецевого залишку. Підігрів регулюють таким чином, щоб олива не вихлюпувалась і не витікала з тигля.

Після спалювання тигель охолоджують, вуглецевий залишок повністю змочують декількома краплями концентрованої сірчаної кислоти. Пізніше його знову нагрівають на електричній плитці до отримання сухого залишку. Тоді тигель переносять у муфельну піч, нагріту до 300°C, поступово підвищують температуру до 550°C і витримують при цій температурі до повного обзолення. Далі тигель охолоджують, додають у нього дві-три краплі дистильованої води, п'ять-десять крапель розчину сірчаної кислоти (розбавленої водою 1:1) і всю золу змочують водою. Тигель встановлюють на електричну плитку і нагрівають до повного випаровування води. Після цього тигель вдруге кладуть у муфельну піч з температурою 300°C і, повільно підвищуючи температуру до 775°C, прожарюють залишок не менше ніж 30 хв.

З метою скорочення часу обзолення можна відразу ставити тигель у муфельну піч, нагріту до 775 °C, і витримувати його там до повного обзолення вуглецевих залишків оливи.

Після завершення прожарювання тигель із золою охолоджують і знову зважують.

Обробка результатів. Масову частку X , %, сульфатної золи обчислюють за формулою

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m} 100, \quad (65)$$

де m , m_1 і m_2 – відповідно маси проб досліджуваної оливи, золи у тиглі і золи двох паперових фільтрів (вказана на упаковці), г.

За результат випробувань приймають середнє арифметичне двох послідовних вимірювань. Для моторних олив точність результатів повинна бути до 0,01 %.

За зовнішніми ознаками золи можна оцінити кількість і якість присадки. Від оливи, яка містить барієву присадку, після спалювання і прожарювання в тиглі залишається об'ємний білий рихлий залишок. Зола, що містить солі кобальту, має чорний колір. Наявність в оливах солей заліза надає золі коричневого забарвлення.

Якщо зола не містить присадки, то на дні тигля після прожарювання залишається ледь помітний жовтуватий залишок, а його маса становить тисячні частки відсотка.

Масову частку золи до 0,0002% вважають відсутньою.

Робота № 34. ВИЗНАЧЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ МОТОРНОЇ ОЛИВИ ЗА ІНДУКЦІЙНИМ ПЕРІОДОМ ОСАДОТВОРЕННЯ

Загальні відомості. За значенням індукційного періоду осадотворення (ІПО) можна міркувати про схильність моторної оливи до утворення відкладень у двигуні під час його роботи. Інакше кажучи, ІПО являє собою фізичну величину, яка оцінює диспергуючу властивість оливи, від якої залежить швидкість утворення відкладень і забруднень на деталях двигуна.

Чим вищий ІПО, тим менша забрудненість, і, навпаки, з пониженням ІПО моторної оливи забрудненість деталей кривошипно-шатунного механізму і фільтрувальних елементів системи мащення збільшується.

Спосіб визначення ІПО (ДСТУ 11063:2021) за допомогою приладу ДК-НАМИ полягає в окисненні досліджуваної оливи за температури 200 °С впродовж заданого часу з подальшим визначенням масової частки утвореного осаду й відносної зміни в'язкості окисненої оливи.

Методика виконання роботи. Встановлюють прилад ДК-НАМИ у витяжній шафі в горизонтальному положенні, перевіряють рівень теплоносія (будь-яка нафтова олива) в термостаті і, якщо необхідно, доливають її стільки, щоб розширені частини *L*-подібних реакційних колб були занурені в рідину. Вмикають нагрівальні елементи приладу; при 100 °С приводять у рух мішалку і продовжують нагрівати теплоносій до 208...210 °С.

Визначивши кінематичну в'язкість досліджуваної оливи при 100°С, наливають її у дві чисті та сухі реакційні *L*-подібні колби по 40 см³. Колби зі вставленими в них тримачами закріплюють у касеті. Касету надівають на вал приладу і опускають у рідину термостата.

Після досягнення температури 200 °С вмикають електродвигун, що приводить у рух касету з колбами та відзначають час початку окиснення. Тривалість окиснення встановлюють відповідно до вимог стандарту на досліджувану оливу.

Якщо нема змоги безперервно окиснювати оливу впродовж необхідного часу, допускається переривати дослід після 5 год. окиснення, але не більше ніж на три доби з охолодженням реакційних колб з оливою на повітрі.

Після завершення процесу касету з колбами виймають з приладу і окиснену оливу за температури 60°С виливають з реакційних колб в окремі конічні колби місткістю по 100 см³.

Пізніше відбирають оливу у віскозиметр і знову визначають кінематичну в'язкість при 100°C.

Після цього зважують 3...5 г з похибкою не більше 0,01 г ретельно перемішаної окисненої оливи і розчиняють її у петролейному ефірі (1:40). Розчин відстоюють впродовж 12 год і фільтрують через доведений до сталої маси за температури 105°C фільтр «Синя стрічка». Далі фільтр промивають петролейним ефіром за допомогою промивної склянки до повної прозорості фільтрату. Потім фільтр з осадом кладуть у склянку для зважування і доводять до сталої маси в сушильній шафі за температури 105 °C.

Обробка результатів. Масову частку осаду X_0 , %, в окисненій оливі визначають за формулою

$$X_0 = \frac{m_2 - m_1}{m} 100, \quad (66)$$

де m , m_1 і m_2 – відповідно маси проби окисненої оливи, склянки з чистим фільтром та склянки з фільтром і осадом, г.

За остаточний результат випробувань приймають середнє арифметичне двох паралельних визначень, розбіжність між ними не повинна перевищувати 0,8 %.

Якщо масова частка осаду в оливі не перевищує 0,5 %, то вважають, що олива витримала випробування впродовж індукційного періоду осадотворення.

Під час окиснення оливи її в'язкість змінюється порівняно з початковою. Відносна зміна кінематичної в'язкості визначається за формулою

$$\Delta v_{100} = \frac{v - v_0}{v_0} 100, \quad (67)$$

де v і v_0 – відповідно кінематична в'язкість окисненої оливи і оливи до окиснення, мм²/с.

За остаточний результат випробувань приймають середнє арифметичне двох паралельних визначень, розбіжність між ними не повинна перевищувати 100% від середнього арифметичного.

Робота № 35. ВИЗНАЧЕННЯ МАСОВОЇ ЧАСТКИ АКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У МОТОРНІЙ ОЛИВІ

Загальні відомості. Під час роботи двигуна присадки, що містяться у ній, спрацьовуються і їх концентрація зменшується. Це зменшення можна оцінити за зміною лужного числа. Проте цей метод придатний лише для олив з присадками, до складу яких входять сполуки, що зумовлюють лужну реакцію.

Точніше про концентрацію присадок в оливі говорить вміст їх основних компонентів (барію, кальцію, цинку і фосфору). Але це твердження справедливе лише для свіжих олив, оскільки в цих оливах присадки перебувають у розчиненому стані і неспалювана частина оливи (зола) містить лише введені присадки.

У працюючій оливі, крім розчинених присадок, наявні продукти спрацювання і забруднення, що надходять з повітрям (кремній, кальцій тощо). Розділити золу працюючої оливи на розчинну і нерозчинну частини можливо за допомогою методу центрифугування.

Не можна робити висновок про якість працюючої оливи за кількістю барію або інших компонентів, що містяться в золі, також із тієї причини, що частина присадок, введених в оливу, вже спрацювалась і перебуває в оливі в неактивній формі (у вигляді осадів і відкладень). Для об'єктивної оцінки експлуатаційних властивостей таких олив необхідно знати вміст активної частини присадок. У цьому разі потрібно дослідити попередньо профільтровану оливу або її золу.

Масові частки барію, кальцію і цинку в оливах з присадками визначають (ГОСТ 13538) розкладанням їх солей, що містяться в оливах або золі, соляною кислотою і подальшим комплексометричним титруванням цих металів.

Методика виконання роботи. Перед аналізом оливу ретельно перемішують впродовж 5 хв. Потім у 10...20 г оливи в склянці розчиняють 30 см³ бензину і розчин зливають у чистий сухий прилад для розкладання солей

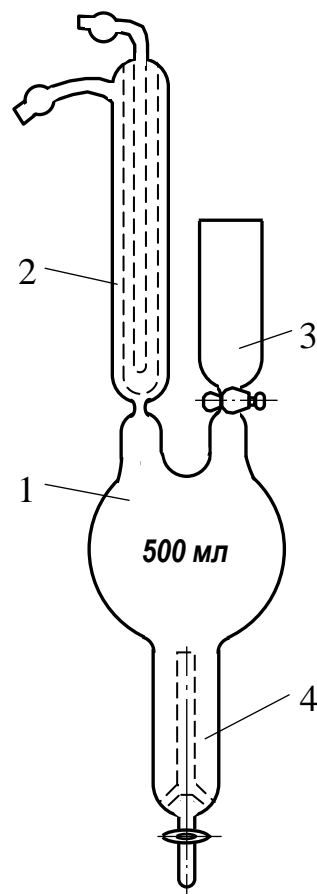


Рис. 48. Прилад для розкладання солей:

1 – куляста колба; 2 – дефлегматор; 3 – завантажувальна лійка; 4 – нагрівальна лійка.

(рис. 48) через завантажувальну лійку 3. Склянку старанно промивають бензолом, який зливають у цей же прилад і додають 50 см³ 6 н розчину соляної кислоти.

Кран завантажувальної лійки закривають і вмикають підігрів приладу за допомогою електричної плити із закритою спіраллю на максимальну потужність до початку кипіння. Потім автотрансформатором (типу ЛАТР-2) регулюють швидкість нагріву таким чином, щоб конденсат з дефлегматора 2 стікав у вигляді крапель. Кип'ятіння продовжують 45 хв, після чого підігрів вимикають, у колбу приладу додають через завантажувальну лійку 20 см³ нормального бутилового спирту і суміш знову кип'ятять 15...20 хв. Далі прилад охолоджують впродовж 10 хв і зливають нижній шар вмісту колби в склянку зі солянокислим розчином хлоридів металів. Для змивання залишків у прилад через завантажувальну лійку наливають 50 см³ дистильованої води і, увімкнувши підігрів, кип'ятять вміст колби 30 хв. Після відліку вказаного часу вимикають підігрів та в прилад додають 20 см³ бутилового спирту і знову кип'ятять суміш упродовж 10...15 хв. Після кип'ятіння прилад охолоджують і нижній шар суміші зливають у ту саму склянку.

Якщо відсутній спеціальний прилад, розкладання присадки можна здійснювати в плоскодонній колбі з термостійкого скла місткістю 500 см³ з пришліфованим до неї холодильником завдовжки 200...300 мм. У цьому разі після кип'ятіння впродовж 45 хв в охолоджену колбу через холодильник обережно додають 20 см³ бутилового спирту і суміш знову кип'ятять 10...15 хв. Після повного охолодження холодильник від'єднують від колби і її вміст переливають у ділильну лійку. Відстояний нижній шар зливають у склянку з солянокислим розчином хлоридів металів, а верхній знову переливають у колбу для розкладання. У колбу вливають 50 см³ дистильованої води і знову кип'ятять впродовж 30 хв. Після охолодження в колбу через холодильник додають 20 см³ бутилового спирту і кип'ятять суміш впродовж 10 хв. Потім, повністю охолодивши колбу, розчин з неї переливають у ділильну лійку. Після розшарування нижній шар знову зливають у ту саму склянку.

Для видалення бутилового спирту і частини води солянокислий розчин випарюють до об'єму 70...80 см³ на водяній бані й охолоджують. Завершення видалення бутилового спирту фіксують за відсутністю його запаху.

Подальша послідовність проведення аналізу залежить від кількості і якості металів, що містяться в присадці досліджуваної оливи. Якщо в присадці оливи наявний один метал (барій, цинк або кальцій), то послідовність аналізу така.

Визначення вмісту барію. У нагрітій до кипіння солянокислий розчин, що містить барій, добавляють 15 см³ 20 %-го розчину сірчанокислового амонію, кип'ятять протягом 10...15 хв і охолоджують. Отриманий осад фільтрують через подвійний фільтр і ретельно промивають теплою дистильованою водою.

Осад змивають у склянку дистильованою водою і туди ж кладуть фільтр. Потім у цю склянку додають 50 см³ дистильованої води, розчин 0,05 н трилону Б і розчин 0,05 н їдконого натру, керуючись при цьому даними табл. 16.

Таблиця 16. Дані для визначення вмісту барію

Передбачуваний вміст барію, %	Об'єм доданого 0,05 н розчину, см ³	
	трилону Б	їдконого натру
До 0,3	25	5
Більше 0,3 до 0,4	50	10
Більше 0,4 до 0,6	75	15
Понад 0,6	100	15

Вміст склянки закривають годинниковим склом і кип'ятять на електричній плитці до повного розчинення осаду, потім розчин охолоджують і переливають у мірну колбу місткістю 250 см³. У ту ж колбу змивають з фільтра сліди трилону Б. У колбу доливають дистильовану воду до позначки і вміст її добре перемішують.

Відбирають з колби дві порції по 50 см³ розчину, виливають у дві склянки і в кожну додають по 50 см³ дистильованої води, 5 см³ аміачного буферного розчину і 0,02...0,05 г індикатора хромогену чорного ET-00. Після появи синьо-голубого забарвлення розчин титрують 0,05 н розчином хлористого магнію до отримання вишневого забарвлення.

Визначення вмісту цинку. Солянокислий розчин, що містить цинк, переливають зі склянки в мірну колбу місткістю 250 см³, добавляють дистильовану воду до позначки й ретельно перемішують. Далі з колби відбирають дві рівні порції розчину, виливають у склянки, доливають до них по 50 см³ дистильованої води і нейтралізують за допомогою крапельниці аміаком, контролюючи завершення нейтралізації за показами універсального індикаторного паперу (рН=4...5). Потім до вмісту склянок додають по 15 см³ ацетатного буферного розчину, три-чотири краплі індикатора ксиленолового оранжевого і титрують розчином 0,05 н трилону Б з бюретки до зміни червоно-фіолетового забарвлення на жовте.

Визначення вмісту кальцію. Розчин, що містить кальцій, переливають зі склянки в мірну колбу місткістю 250 см³, доливають дистильовану воду до позначки й ретельно перемішують.

Відбирають з колби дві порції по 50 см³, виливають їх у дві склянки і в кожену додають по 50 см³ дистильованої води. Потім вміст нейтралізують їдким калієм до рН=10, здійснюючи контроль за показами універсального індикаторного паперу. Після цього доливають 20 см³ їдкого калію і титрують 0,05 н розчином трилону Б за присутності 0,02...0,05 г індикатора мурексиду до зміни рожевого забарвлення на малиново-фіолетове.

Визначення вмісту двох металів (кальцію і цинку), що входять до складу досліджуваної оливи. Солянокислий розчин, в якому містяться хлориди цинку і кальцію, обробляють спочатку так само, як і під час визначення вмісту цинку. За допомогою піпетки з мірної колби відбирають дві однакові порції розчину і доливають до них по 50 см³ дистильованої води.

Потім в одній частині розчину, взятого з мірної колби, відтитрують кальцій і цинк, для чого розчин нейтралізують аміаком до рН=8, доливають 15 см³ буферного аміачного розчину та індикатор хромоген чорний ЕТ-00 до отримання вишневого забарвлення розчину. Після цього титрують 0,05 н розчином трилону Б до зміни вишневого забарвлення розчину на синьо-голубе.

У другій порції розчину вміст цинку визначають при рН=5, додаючи 15 см³ ацетатного буферного розчину за наявності трьох-чотирьох крапель індикатора ксиленолового оранжевого. Титрують з мікробюретки 0,05 н розчином трилону Б до зміни червоно-фіолетового забарвлення розчину на жовте.

Обробка результатів. Вміст металу X , % маси, у досліджуваній оливі підраховують за формулою

$$X_{\text{Ba}} = \frac{(V_1 - K \cdot K_1 \cdot V_2) T_{\text{Ba}}}{m} 100; \quad (68)$$

$$X_{\text{Zn}} = \frac{V_3 \cdot K_1 \cdot T_{\text{Zn}}}{m} 100; \quad (69)$$

$$X'_{\text{Ca}} = \frac{V_4 \cdot K_1 \cdot T_{\text{Ca}}}{m} 100; \quad (70)$$

$$X''_{\text{Ca}} = \frac{(V_7 - V_3) \cdot K_1 \cdot T_{\text{Ca}}}{m} 100, \quad (71)$$

де V_1 – об'єм 0,05 н розчину трилону Б, витраченого на розчинення осаду сірчаноокислого барію, см³; V_2 – об'єм 0,05 н розчину хлористого магнію, витраченого на титрування надлишку 0,05 н розчину трилону Б, см³; V_3 і V_4 – від-

повідно об'єми 0,05 н розчину трилону Б, витрачені на титрування цинку і кальцію, см^3 ; V_7 – об'єм 0,05 н розчину трилону Б, витрачений на титрування кальцію з цинком, см^3 ; m – маса досліджуваної оливи, г; T_{Zn} – титр 0,05 н розчину трилону Б, г цинку на 1 см^3 ; T_{Ba} – титр 0,05 н розчину трилону Б, г барію на 1 см^3 ; $T_{\text{Ba}} = 2,1010 T_{\text{Zn}}$; T_{Ca} – титр 0,05 н розчину трилону Б, г кальцію на 1 см^3 ; $T_{\text{Ca}}=0,6131T_{\text{Zn}}$; K – коефіцієнт нормальності розчину хлористого магнію; K_1 – коефіцієнт розчинення, $K_1=V_5/V_6$; V_5 – об'єм розчину, отриманий після розкладання присадки соляною кислотою і доведений дистильованою водою в мірній колбі до 250 см^3 ; V_6 – об'єм розчину хлоридів металів, взятий для титрування, см^3 ; 2,1010 – співвідношення грам-еквівалентів барію і цинку; 0,6131 – співвідношення грам-еквівалентів кальцію і цинку.

Вміст кожного металу в пробі досліджуваної оливи визначають як середнє арифметичне двох паралельних визначень.

Робота № 36. ВИЗНАЧЕННЯ МАСОВОЇ ЧАСТКИ ФОСФОРУ В МОТОРНІЙ ОЛИВІ

Загальні відомості. До важливих експлуатаційних властивостей моторних оливи, які впливають на процес тертя та спрацювання контактних поверхонь, належать протизношувальні і протизадирні. Присадки, які покращують вказані властивості, містять в основному органічні сполуки сірки, фосфору і хлору (ЕФО, ЛЗ-309/2, ОТП, ІХП-14А та ін.).

Протизношувальні присадки запобігають спрацюванню в разі помірно невисоких навантажень, а протизадирні підвищують навантаження заїдання (зварювання). Додають їх в оливу не більше ніж 2 %.

Відомо, що в процесі роботи оливи початкова концентрація присадок поступово падає і, отже, масова частка активних елементів (сірки, фосфору і хлору) зменшується.

Вміст фосфору в оливі визначають фотометричним методом (ГОСТ 9827), для чого спалюють пробу досліджуваної оливи в кисневому середовищі за наявності ванадієвокислого і молібденовокислого амонію.

Методика виконання роботи. Перед визначенням вмісту фосфору в оливі за допомогою фотоелектрокалориметра спочатку будують градувальний графік (рис. 49), отримуючи його за контрольними розчинами. На ньому вздовж осі ординат відкладають оптичну густину, а вздовж осі абсцис – вміст, $\text{мг}/\text{см}^3$, фосфору в кожному контрольному розчині.

Спочатку проводять підготовку обладнання до випробувань. Для цього внутрішню поверхню нової або відремонтованої калориметричної бомби ретельно промивають спочатку бензином, потім етиловим спиртом або ефіром і дистильованою водою. Редуктор, манометри, ніпелі і

кисневопровідні трубки знежирюють відповідно до інструкції з експлуатації газового обладнання.

Після цього калориметричну бомбу встановлюють на спеціальну підставку, наливають на дно 20 см^3 дистильованої води і приєднують її через редуктор до кисневого балона.

У попередньо зважений кварцовий тигель наливають пробу досліджуваної оливи. Масу проби на випробування вибирають залежно від передбачуваного вмісту в ній фосфору:

<i>Вміст фосфору, %</i>	<i>Маса проби досліджуваної оливи, г</i>
До 1	0,40...0,60
Вище 1 до 2	0,20...0,35
Вище 2 до 3	0,15...0,20
Вище 3 до 4	0,10...0,15
Вище 4 до 5	0,05...0,10
Вище 5	0,03...0,05

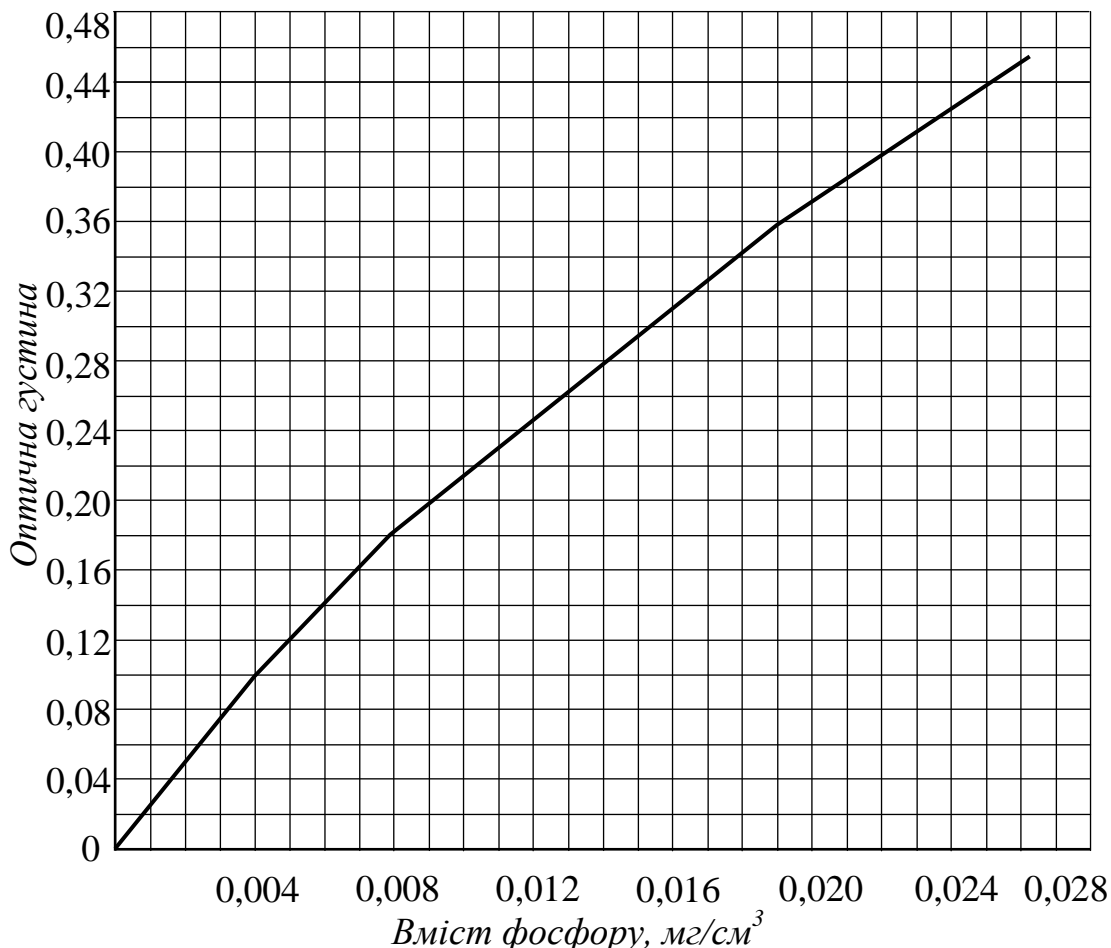


Рис. 49. Градувальний графік залежності оптичної густини від вмісту фосфору в контрольних розчинах.

Масу тигля й досліджуваної оливи визначають з похибкою не більше $0,0002 \text{ г}$.

Тигель з пробною оливи розміщують всередині калориметричної бомби в спеціальному кільці. В оливу занурюють запальний дріт, кінці якого попередньо приєднують до струмопровідного штифта і киснепровідної трубки.

Закрутивши кришку бомби, обережно наповнюють її через регулювальний вентиль до тиску 3 МПа (30 кгс/см²), потім перекривають впускний вентиль бомби і вентиль балона та від'єднують киснепровідну трубку від балона. За допомогою різьбових пробок закривають у кришці бомби отвори, що з'єднані з впускним і випускним клапанами. Пізніше бомбу занурюють у воду і перевіряють її герметичність. Якщо виділяються бульбашки кисню, то бомбу виймають з води, усувають несправність або нещільність, заправляють киснем і знову перевіряють на герметичність.

До клем бомби приєднують провідники від електричної мережі і замикають на 1...2 с коло електричного струму напругою 10...12 В. При цьому спалахує запальний дріт, а разом з ним і досліджувана олива. Висновок про те, що олива згоріла роблять виходячи з нагріву бомби. Якщо згоряння не відбулося, дослід повторюють.

Після цього бомбу охолоджують у воді 10 хв, потім встановлюють на підставку і повільно (впродовж 5 хв) стравлюють до атмосферного тиску через випускний клапан.

Відкрутивши кришку бомби, переливають з неї розчин у склянку, туди ж вкладають тигель і за допомогою промивної склянки ополіскують внутрішні поверхні бомби дистильованою водою. Уся промивна вода (не більше 150 см³) зливається в ту саму склянку.

Добавляють у склянку 10 см³ азотної кислоти і нагрівають до кипіння, потім охолоджують до температури навколишнього середовища і переливають у колбу місткістю 250 см³. У разі випадання осаду розчин фільтрують, збираючи фільтрат у тій же колбі, фільтр промивають дистильованою водою, яку також доливають до фільтрату.

Після цього до розчину в колбі у вказаній послідовності додають спочатку 20 см³ 0,25 %-го розчину ванадієвокислого амонію, потім 20 см³ 5 %-го розчину молібновокислого амонію, обов'язково перемішуючи вміст колби. Об'єм розчину в колбі доводять дистильованою водою до позначки, перемішують і відстоюють впродовж 30 хв.

Далі визначають оптичну густину розчину. Для цього розчин наливають у кювети з відстанню між робочими гранями 10 мм і використовують синій фільтр. Як контрольний розчину для порівняння використовують 150 см³ дистильованої води, обробленої таким чином, як і розчин, перелитий з калориметричної бомби.

Налагодивши фотокалориметр за контрольним розчином, калориметрують досліджуваний. Якщо оптична густина досліджуваного розчину перевищує можливості показів шкали фотоелектрокалориметра, то з мірної колби беруть частину розчину і зменшують інтенсивність його забарвлення розбавленням у 2...4 рази.

Визначивши значення оптичної густини досліджуваного розчину, за градувальним графіком знаходять вміст фосфору C , мг/см³.

Обробка результатів. Вміст фосфору X , %, у досліджуваній оливі з присадкою обчислюють за формулою

$$X = \frac{C \cdot V}{m} 100, \quad (72)$$

де C – вміст фосфору в досліджуваному розчині, визначений за градувальним графіком, мг/см³; V – об'єм досліджуваного розчину, см³ (у разі калориметрування розбавленого розчину об'єм досліджуваного розчину множать на коефіцієнт розбавлення); m – маса проби досліджуваної оливи, мг.

Робота № 37. ВИЗНАЧЕННЯ ТРИБОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Загальні відомості. До змащувальних властивостей мастильних матеріалів (рідких олив, пластичних мастил), які впливають на процес тертя та спрацювання контактних поверхонь у машинах і механізмах, належать протизношувальні, протизадирні та антифрикційні властивості.

В умовах високих питомих навантажень і температур тертьових поверхонь покращання змащувальних властивостей мастильних матеріалів досягають введенням присадок, здатних зменшувати втрати потужності на тертя, запобігати інтенсивному спрацюванню та заїданню поверхонь. Принцип дії присадок ґрунтується на їх адсорбції на металевих поверхнях та хімічній активності їхніх молекул відносно до матеріалів тертьових пар.

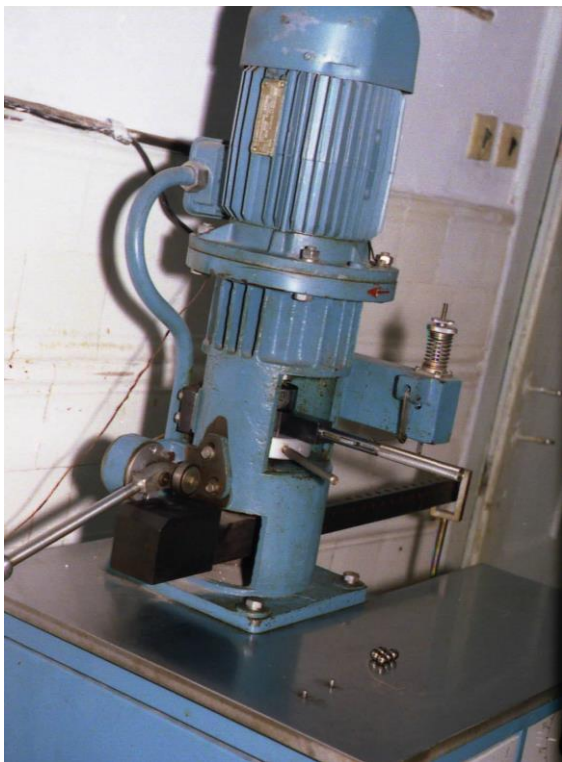
Оцінку змащувальних властивостей мастильних матеріалів проводять на основі визначення їх трибологічних характеристик (ASTM D2266; ASTM D4172): несучої здатності – критичного навантаженням P_k , яке характеризує здатність мастильного матеріалу попереджувати виникнення заїдання тертьових поверхонь; граничної навантажувальної здатності – навантаження зварювання P_c , яке характеризує граничну працездатність мастильного матеріалу в умовах випробувань; протизношувальної здатності – діаметра плями спрацювання D_n , який характеризує вплив мастильного матеріалу на спрацювання тертьових поверхонь; протизадирної здатності – індексу заїдання I_z , який характеризує здат-

ність мастильного матеріалу зменшувати пошкодження тертьових поверхонь від заїдання.

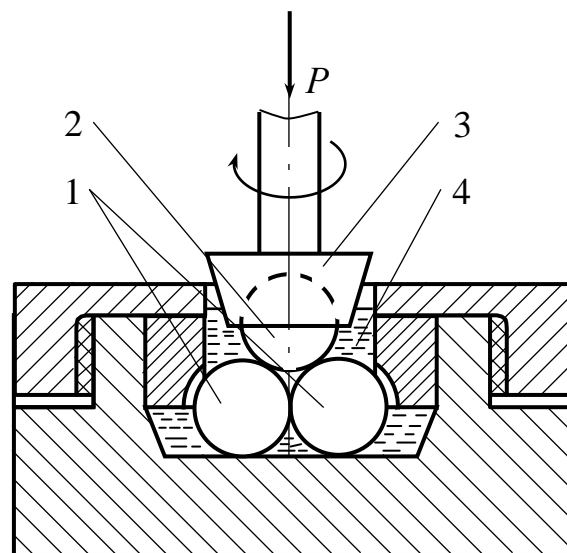
Для визначення трибологічних характеристик мастильних матеріалів використовують чотирикулькову машину тертя ЧКМ.

Методика виконання роботи. Основною складовою частиною чотирикулькової машини тертя ЧКМ (рис. 50, а) є чотири сталеві загартовані кульки діаметром $12,7 \pm 0,01$ мм, складені в піраміду. Три нижні кульки 1 (рис. 50, б) закріплюють нерухомо в чашці машини з досліджуваним мастильним матеріалом 4. Верхня кулька 2, закріплена у шпинделі 3 машини, обертається відносно трьох нижніх під заданим навантаженням з частотою 1460 ± 70 об./хв. Провертання кульок у процесі випробування не допускається.

Перед проведенням випробувань усі деталі машини, з якими контактує мастильний матеріал, а також самі кульки промивають розчинником і висушують на повітрі.



а)



б)

Рис. 50. Чотирикулькова машина тертя ЧКМ:

а) загальний вигляд; б) схема робочого вузла: 1 – нижні нерухомі кульки; 2 – верхня рухома кулька; 3 – обертовий шпиндель; 4 – досліджуваний мастильний матеріал.

Для проведення випробувань підготовлені кульки закріплюють у шпинделі машини і в чашці для мастильного матеріалу. Під час випро-

бування рідкого мастильного матеріалу його заливають так, щоб кульки були повністю ним покриті; пластичний матеріал наносять шпателем, не допускаючи утворення порожнин. Потім встановлюють чашку з мастильним матеріалом у машину, плавно прикладають задане навантаження і вмикають електродвигун. Вимикають електродвигун після відліку заданого часу. Випробування проводять при температурі, вказаній у нормативно-технічній документації на мастильний матеріал, користуючись електронагрівником.

Під час визначення критичного навантаження і навантаження зварювання проводять низку послідовних випробувань зі спадаючими чи наростаючими навантаженнями, відповідно до ряду навантажень 1 (табл. 17). Найближче підійшовши до передбачуваного критичного навантаження і навантаження зварювання, використовують ряд навантажень 2 (див. табл. 17) і встановлюють критичне навантаження та навантаження зварювання. Тривалість роботи машини від моменту увімкнення до моменту вимкнення електродвигуна для кожного поточного навантаження повинна бути $10,0 \pm 0,2$ с. Проводять два послідовних визначення.

У процесі визначення індексу заїдання випробування розпочинають з початкового навантаження 196 Н (20 кгс). Наступні визначення проводять з наростаючими навантаженнями відповідно до ряду навантажень 1 (див. табл. 17) до навантаження зварювання. Тривалість роботи електродвигуна для кожного навантаження $10,0 \pm 0,2$ с.

Показник спрацювання визначають при постійному навантаженні 196 Н (20 кгс) впродовж $60,0 \pm 0,5$ хв. Проводять два послідовних визначення.

Після вимкнення електродвигуна й охолодження вузла тертя нижче 40°C , зливають рідку оливу або знімають ватним тампоном пластичне мастило з ділянок тертя на нижніх кульках. Після цього за допомогою мікроскопа зі збільшенням не меншим ніж $20\times$, вимірюють діаметри плям спрацювання кожної з трьох нижніх кульок у взаємно перпендикулярних напрямках з точністю не менше ніж $0,01$ мм. За результат вимірювання приймають середнє арифметичне значення вимірювань плям спрацювання трьох нижніх кульок.

Результати вимірювань заносять у протокол встановленої форми.

Обробка результатів. Критичним вважають навантаження P_k , Н (кгс), за якого середній діаметр плям спрацювання нижніх кульок є в межах значень граничного спрацювання $d_1 \pm 0,15$ для заданого навантаження (див. табл. 17) і збільшення якого до значення наступного (в ряду 2) навантаження викликає збільшення середнього діаметра плям спра-

цювання більше ніж на 0,1 мм. За результат випробувань приймають менше з двох отриманих значень P_k .

Навантаженням зварювання P_c , Н (кгс), вважають найменше навантаження, за якого автоматично зупинилась машина після досягнення моменту тертя 1180 ± 25 Н·см ($120,0 \pm 2,5$ кгс·см) або відбулось зварювання кульок. Для мастильних матеріалів, в яких зварювання не спостерігається і момент тертя нижчий від граничного, за навантаження зварювання приймають навантаження, за якого утворюється пляма спрацювання середнім діаметром 3 мм і більше. За результат випробувань приймають менше з двох отриманих значень P_c .

Індекс заїдання I_3 , Н (кгс), вираховують за формулою

$$I_3 = \frac{\sum Q_i}{n}, \quad (73)$$

де $\sum Q_i$ – сума навантажень за рядом 1 від початкового навантаження до найближчого навантаження, яке передус навантаженню зварювання, Н (кгс); n – кількість визначень за рядом 1.

Навантаження Q_i , Н (кгс), для кожного осьового навантаження визначають за формулою

$$Q_i = \frac{P_i \cdot d_{ri}}{d_{ni}}, \quad (74)$$

де P_i – осьове i -те навантаження за рядом 1, Н (кгс); d_{ri} – діаметр зони пружної деформації кульок за Герцом для навантаження P_i , мм; d_{ni} – середній діаметр плям спрацювання нижніх кульок для навантаження P_i , мм.

Значення добутку $P_i \cdot d_{ri}$ для кожного осьового навантаження ряду 1 наведено у формі протоколу.

За діаметр спрацювання D_n приймають середнє арифметичне значення двох послідовних визначень діаметрів плям спрацювання.

Таблиця 17. Навантажувальні ряди

Ряд навантажень 1		Ряд навантажень 2		Значення граничного спрацювання $d_{r \pm 0,15}$, мм
Н	кгс	Н	кгс	
1	2	3	4	5
59	6			0,31
		64	6,5	0,31
		69	7,0	0,31
		74	7,5	0,32
78	8			0,32
		83	8,5	0,32
		88	9,0	0,33
		93	9,5	0,33

1	2	3	4	5
98	10			0,33
		103	10,5	0,34
		108	11,0	0,34
		118	12	0,35
127	13			0,35
		132	13,5	0,35
		137	14	0,36
		147	15	0,36
157	16			0,37
		167	17	0,37
		176	18	0,37
		186	19	0,38
196	20			0,38
		205	21	0,39
		216	22	0,39
		225	23	0,39
235	24			0,40
		255	26	0,40
		274	28	0,41
		294	30	0,42
314	32			0,42
		333	34	0,43
		353	36	0,43
		372	38	0,44
392	40			0,44
		416	42,5	0,45
		441	45	0,46
		465	47,5	0,46
490	50			0,47
		519	53	0,47
		549	56	0,48
		588	60	0,49
617	63			0,49
		657	67	0,50
		696	71	0,51
		735	75	0,51
784	80			0,52
		823	84	0,53
		872	89	0,53
		921	94	0,54
980	100			0,55
		1039	106	0,56
		1098	112	0,56
		1166	119	0,57

Продовження таблиці 17

1	2	3	4	5
1235	126			0,58
		1303	133	0,59
		1381	141	0,60
		1470	150	0,61
1568	160			0,62
		1646	168	0,62
		1744	178	0,63
		1842	188	0,64
1960	200			0,65
		2067	211	0,66
		2195	224	0,67
		2323	237	0,68
2450	250			0,69
		2607	266	0,70
		2764	282	0,71
		2930	299	0,72
3087	315			0,73
		3283	335	0,75
		3479	355	0,76
		3685	376	0,77
3920	400			0,78
		4136	422	0,79
		4381	447	0,81
		4635	473	0,82
4900	500			0,83
		5204	531	0,85
		5508	562	0,86
		5841	596	0,87
6174	630			0,89
		6546	668	0,90
		6938	708	0,92
		7350	750	0,93
7840	800			0,95
		8232	840	0,96
		8722	890	0,98
		9232	942	0,99
9800	1000			1,01

ФОРМА ПРОТОКОЛУ

ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАНЬ № _____ від “___” _____ 20__ р.

(найменування мастильного матеріалу)

1. Визначення індексу заїдання I_3

Номер випробування	Навантаження (ряд навантажень 1)		Діаметри плям спрацювання шести нижніх кульок, мм	Середній діаметр плям спрацювання, мм	Граничне спрацювання $d_r \pm 0,15$, мм	$P_i \cdot d_r$	$Q = P_i d_r / d_{и}$
	Н	кгс					
1	2	3	4	5	6	7	8
1	59	6			0,31	0,952	
2	78	8			0,32	1,397	
3	98	10			0,33	1,881	
4	127	13			0,35	2,668	
5	157	16			0,37	3,520	
6	196	20			0,38	4,740	
7	235	24			0,40	6,382	
8	314	32			0,42	8,869	
9	392	40			0,44	11,94	
10	490	50			0,47	16,08	
11	617	63			0,49	21,88	
12	784	80			0,53	29,59	
13	980	100			0,55	40,52	
14	1235	126			0,58	55,14	
15	1568	160			0,62	74,57	
16	1960	200			0,65	102,1	
17	2450	250			0,69	138,2	
18	3087	315			0,73	187,9	
19	3920	400			0,78	255,6	
20	4900	500			0,83	347,3	
21	6174	630			0,89	472,4	
22	7840	800			0,95	641,8	
23	9800	1000			1,01	876,3	

Індекс заїдання визначають за формулою

$$I_3 = \frac{\sum Q_i}{n}$$

2. Визначення критичного навантаження P_k

Номер випробування	Навантаження, Н (кгс)	Діаметри плям спрацювання шести нижніх кульок, мм	Середній діаметр плями спрацювання, мм	Критичне навантаження, Н (кгс)
--------------------	-----------------------	---------------------------------------------------	----------------------------------------	--------------------------------

$$P_k = N \text{ (кгс)}$$

3. Визначення навантаження зварювання P_c

Номер випробування	Діаметри плям спрацювання шести нижніх кульок, мм	Середній діаметр плями спрацювання, мм	Навантаження зварювання, Н (кгс)
--------------------	---------------------------------------------------	----------------------------------------	----------------------------------

$$P_c = H \text{ (кгс)}$$

4. Визначення показника спрацювання $D_{и}$ для навантаження $P = H$ (кгс)

Номер випробування	Діаметри плям спрацювання нижніх кульок, мм	Середній діаметр плями спрацювання, мм
--------------------	---------------------------------------------	----------------------------------------

$$D_{и} = \text{мм}$$

Робота № 38. ВИЗНАЧЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ПРОТИ ОКИСНЕННЯ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ОЛИВИ

Загальні відомості. Трансформаторні оливи є ізоляційним і тепловідвідним середовищем у трансформаторах, вимикачах та іншому електрообладнанні. Для них характерними є складні умови роботи, оскільки зазнають впливу магнітного поля й нагріву, що накладає підвищені вимоги до їх якості.

Під дією змінного магнітного поля в трансформаторній оливі виникають втрати енергії, зумовлені процесами поляризації атомів і молекул. В очищених оливах, які не містять вологи, малий вміст полярних речовин, тому діелектричні втрати в них незначні. Проте в процесі експлуатації електрообладнання оливи окиснюються і їх діелектричні та теплопровідні властивості погіршуються. Тому однією з найважливіших якісних характеристик трансформаторних олив є їх стійкість проти окиснення. Покращують протиокисні властивості додаванням присадки іонол.

Суть методу (ГОСТ 981) полягає в окисненні трансформаторної оливи у приладі ВТИ під дією кисню та підвищеної температури за наявності каталізатора. Стійкість оливи проти окиснення характеризується кислотним числом, кількістю летких низькомолекулярних кислот і осаду, утвореного під час окиснення.

Методика виконання роботи. Стабільність трансформаторної оливи проти окиснення визначають на апараті АПСМ-1 (рис. 51, а), обладнаному приладами ВТИ. Апарат містить термостат 4 (рис. 51, б), в якому розміщують прилади ВТИ 2, виготовлені з молібденового скла з пришліфованими пробками, уловлювачі 1 з водою для вловлювання летких низькомолекулярних кислот, реометри або ротаметри 3 для вимірювання подачі кисню. В апараті можна одночасно окиснювати шість проб оливи.

Перед проведенням дослідів прилади ВТИ промивають бензином, заповнюють спиртобензольною сумішшю і витримують 15 хв у водяній бані, нагрітій до 60...65 °С, промивають водою, перевіряють метилоранжем на відсутність кислоти, остаточно промивають дистильованою водою і сушать у сушильній шафі при 120 °С впродовж 3 год.

У підготовлений прилад ВТИ наливають 30 г досліджуваної оливи з похибкою не більше ніж 0,1 г. В оливу опускають очищену мідну пластинку

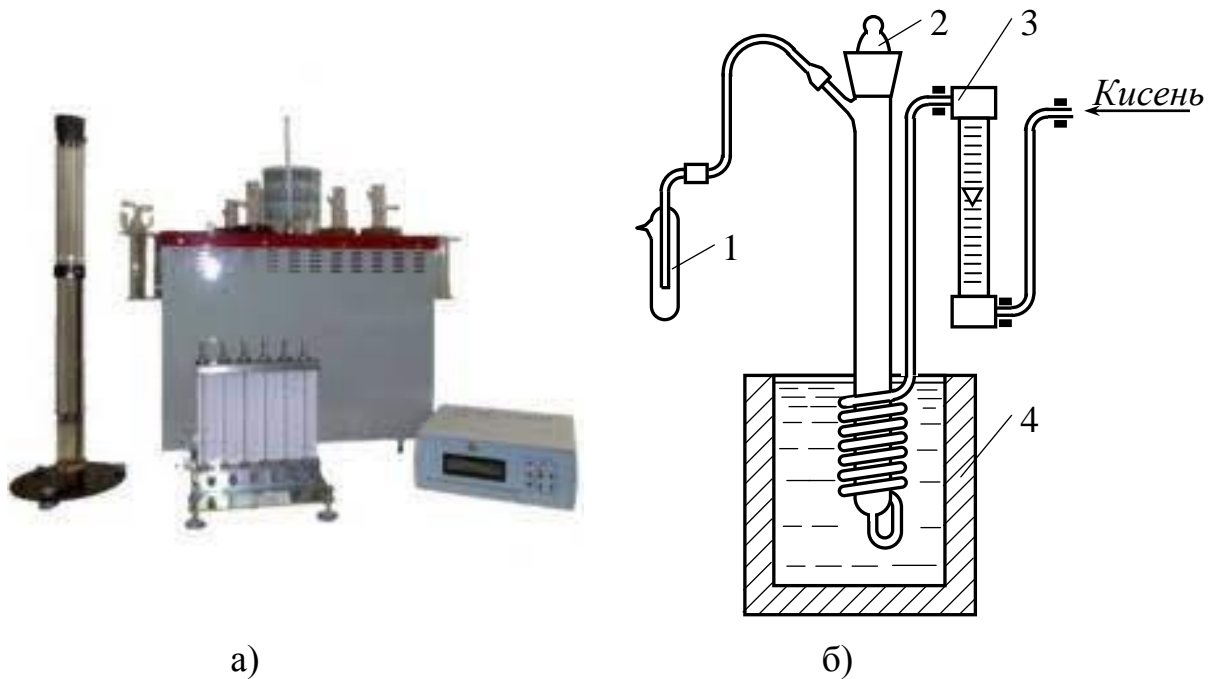


Рис. 51. Апарат АПСМ-1 для окиснення трансформаторних олив:

а) загальний вигляд апарата; б) схема секції: 1 – уловлювач; 2 – прилад ВТИ; 3 – реометр або ротаметр; 4 – термостат.

тинку і закривають прилад пробкою. Прилад опускають у термостат, нагрітий до 120 °С, стежачи, щоб усі витки змійовика були занурені в рідину термостата (рівень рідини має бути вищим рівня оливи в приладі на 5 см). Уловлювач з 20 см³ дистильованої води приєднують гумовою трубкою до відповідного патрубку приладу. Через вхідний патрубок приладу подають кисень зі швидкістю 200 см³/хв.

Визначення вмісту летких низькомолекулярних кислот. Після 6 год окиснення уловлювач від'єднують від приладу. Вміст уловлювача переносять у колбу місткістю 50 см³, уловлювач ополіскують двічі по 5 мл дистильованої води, яку зливають у ту саму колбу.

Вміст колби титрують 0,025 н водним розчином їдкого калію за наявності трьох крапель фенолфталеїну до появи слаборожевого забарвлення. Паралельно проводять титрування 0,025 н розчином гідроксиду ка-

лію 120 см³ дистильованої води за наявності трьох крапель фенолфталеїну до появи слаборожевого забарвлення.

Визначення вмісту осаду. Після окиснення впродовж 14 год прилад ВТИ виймають з термостата й охолоджують до 60 °С. Оливу в приладі перемішують продуванням повітря. 25 г окисненої оливи, зваженої з похибкою не більше ніж 0,1 г, зливають у циліндр з пришліфованою пробкою місткістю 100 см³. Оливу в циліндрі розчиняють бензином-розчинником для гумової промисловості, доводячи об'єм розчину до 100 см³, і залишають на 12 год у темному місці за кімнатної температури для виділення осаду.

Далі розчин переливають через паперовий фільтр у циліндр місткістю 250 см³, промиваючи осад на фільтрі бензином. Об'єм розчину в циліндрі доводять бензином до 200 см³, закривають пробкою, перемішують і використовують для визначення кислотного числа. Пізніше осад на фільтрі оброблюють свіжоприготовленою спиртобензольною сумішшю, збираючи осад у доведеної до постійної маси конічній колбі місткістю 50 см³.

Після цього спиртобензольну суміш переганяють з конічної колби на водяній бані. Осад у колбі сушать 30 хв у сушильній шафі при 105±3 °С. Для видалення слідів оливи осад двічі промивають по 5 см³ петролейного ефіру, знову сушать 1,5 год при 105±3 °С, охолоджують 30 хв в ексікаторі і зважують з похибкою не більше ніж 0,0002 г.

Визначення кислотного числа. Отриманий попередньо бензиновий фільтрат перемішують і 20 см³ переливають у конічну колбу місткістю 250 см³. В іншу, таку ж, колбу дають 25 см³ спиртобензольної суміші, 0,5 см³ 2 %-го спиртового розчину лужного голубого (з бюретки), одну краплю 0,1 н соляної кислоти і титрують 0,05 н спиртовим розчином гідроокису калію до зміни кольору, який зберігався б 15 с. Нейтрализовану спиртобензольну суміш переносять у колбу з бензиновим фільтратом і там титрують розчином гідроокису калію до зміни кольору із збереженням його 15 с.

Обробка результатів. Вміст летких низькомолекулярних кислот $K_{\text{ЛМН}}$, мг КОН на 1 г оливи, визначають за формулою

$$K_{\text{ЛМН}} = \frac{\left(V_2 - \frac{V_1}{4} \right) \cdot T}{30}, \quad (75)$$

де V_1 – об'єм 0,025 н розчину гідроокису калію, витраченого на титрування 120 см³ дистильованої води, см³; V_2 – об'єм 0,025 н розчину гідроокису калію, витраченого на титрування 30 см³ досліджуваного розчину, см³; 4 – відношення 120 см³ до 30 см³; T – титр 0,025 н розчину гідроокису калію, мг/см³; 30 – маса досліджуваної оливи, взятої на окиснення, г.

За результат випробувань приймають середнє арифметичне двох паралельних визначень, розбіжність між якими не повинна перевищувати 0,002 мг КОН на 1 г оливи.

Масову частку осаду X , %, в оливі визначають за формулою

$$X = \frac{m_1}{m} 100, \quad (76)$$

де m – маса окисненої оливи, г; m_1 – маса осаду, г.

За результат випробувань приймають середнє арифметичне двох паралельних визначень, розбіжність між якими не повинна перевищувати 0,002 %. Якщо масова частка осаду менша за 0,005 %, вважають, що він відсутній.

Кислотне число K , мг КОН на 1 г оливи, окисненої оливи визначають за формулою

$$K = \frac{V \cdot T \cdot n}{25}, \quad (77)$$

де V – об'єм 0,05 н спиртового розчину гідроокису калію, витраченого на титрування, см³; T – титр 0,05 н спиртового розчину гідроокису калію, мг/см³; n – відношення об'єму всього бензинового фільтрату до об'єму, взятого на титрування; 25 – маса окисненої оливи, г.

За результат випробувань приймають середнє арифметичне двох паралельних визначень, розбіжність між якими не повинна перевищувати 0,01 мг КОН на 1 г оливи.

Робота № 39. ОЦІНКА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОІЗОЛЯЦІЙНИХ ОЛИВ

Загальні відомості. Електроізоляційні оливи – це рідкі діелектрики, призначені для ізоляції й відведення теплоти від струмопровідних частин, а також для швидкого гасіння дуги, яка виникає в магнітних вимикачах. До цієї групи належать трансформаторні, конденсаторні, кабельні оливи та для електричних вимикачів (табл. 18). Усі вони, крім кабельних, – малов'язкі глибокоочищені рідини з добрими низькотемпературними властивостями.

До основних електричних характеристик електроізоляційних олив належать: тангенс кута діелектричних втрат $\text{tg}\delta$ і діелектрична проникність ϵ_r при частоті 50 Гц; питомий об'ємний електричний опір ρ_v при напрузі постійного струму; напруга пробою $U_{\text{пр}}$ при частоті 50 Гц.

Важливим показником якості електроізоляційних олив є тангенс кута діелектричних втрат $\text{tg}\delta$, який характеризує ступінь чистоти оливи, наявність в них різноманітних забруднень. Визначення $\text{tg}\delta$ дає змогу ви-

явити найменші забруднення, які не піддаються визначенню хімічними методами.

Таблиця 18. Характеристика електроізоляційних олив

Марка оливи	Кінематична в'язкість при 50 °С, мм ² /с	Кислотне число, мг КОН/г, не більше	Температура, °С		Тангенс кута діелектричних втрат при 100 °С, не більше
			спалаху, не нижче	застигання, не вище	
Трансформаторні оливи					
ТКп	9	0,02	135	-45	2,2
олива адсорбційної очистки	6,5...9	0,02	135	-45	0,5
олива селективної очистки	≤9	0,02	150	-45	1,7
Т-750	≤8	0,01	135	-55	0,5
Т-1500	≤8	0,01	135	-45	0,5
ГК	9	0,01	135	-45	0,5
Оливи для вимикачів					
МВ	≥2	0,02	94	-70	0,5
Кабельні оливи					
КМ-25	≥23 (при 100 °С)	0,06	225	-10	0,01
С-220	≥50	0,02	180	-30	0,002
МН-4	≤10	0,04	135	-45	0,003
Конденсаторні оливи					
олива сірчано-кислотної очистки	12	0,02	135	-45	0,005
олива фенольної очистки	9	0,02	150	-45	0,005

Електричну міцність олив визначають за напругою пробою, яка характеризує ізоляційні властивості олив. Цей показник залежно від галузі застосування становить 150...210 кВт/см (для частоти струму 50 Гц і температури 20 °С).

Методика виконання роботи. Визначення тангенса кута діелектричних втрат і діелектричної проникності при частоті 50 Гц. Для визначення тангенса кута діелектричних втрат та діелектричної проникності використовують вимірювальні комірки різних типів (плоску або циліндричну дво- або тризатискного типу). На рис. 52 зображено плоскі вимірювальні комірки двозатискного та тризатискного типу. До конструкції комірок ставиться низка вимог. Вони повинні бути

зручні для розбирання й очистки; електроди мають зберігати своє початкове положення один відносно одного; матеріал виготовлення повинен витримувати необхідну температуру, бути корозійно стійким, не чинити каталітичного впливу на досліджуваний продукт і не адсорбувати його. Обов'язковими розмірами в конструкції комірки є: зазор між вимірювальним і високовольтним електродами, який повинен бути рівний $2\pm 0,1$ мм; зазор між вимірювальним і охоронним електродом – $2\pm 0,1$ мм. Електроди комірки повинні мати контактні затискачі, які забезпечують надійне з'єднання з відповідними елементами схеми.

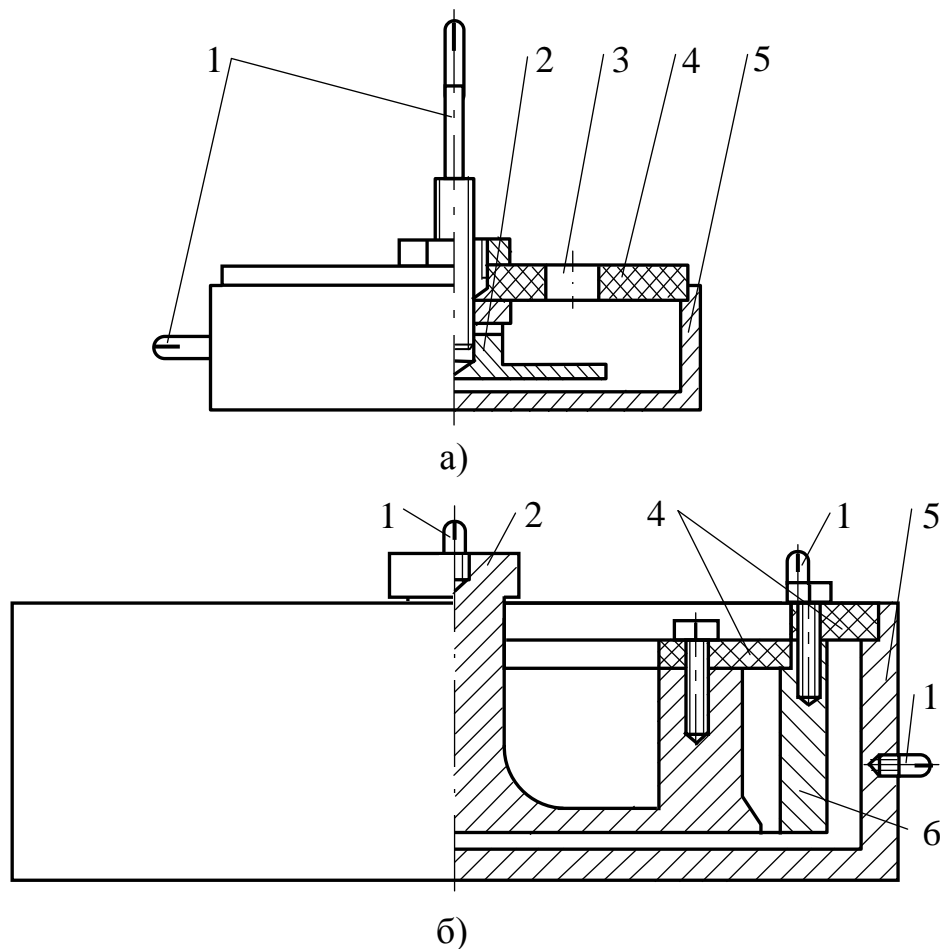


Рис. 52. Плоскі вимірювальні комірки двозатискного (а) і тризатискного (б) типу:

1 – затискачі для приєднання до вимірювального кола; 2 – вимірювальний електрод (внутрішній); 3 – отвір для термометра (термопари); 4 – прокладки з твердого ізоляційного матеріалу з високим електричним опором; 5 – високовольтний електрод (зовнішній); 6 – захисний електрод.

Вимірювальна установка містить джерело (генератор) напруги, вимірювальний пристрій та індикатор. Джерело напруги має забезпечувати отримання практично синусоїдальної кривої напруги (коефіцієнт амплітуди в межах $1,34\pm 1,48$; коливання напруги не більше ніж 1%; зміна час-

тоти не більше ніж 0,5 %). Чутливість нульового індикатора повинна бути не менше ніж 1 мкВ на одну поділку. Установка має забезпечувати вимірювання ємності від $20 \cdot 10^{-12}$ до $1000 \cdot 10^{-12}$ Ф, вимірювання тангенса кута діелектричних втрат – від 0,0001 до 1,0. Напруженість електричного поля має становити $1 \text{ МВ} \cdot \text{м}^{-1} \pm 3\%$.

Перед проведенням дослідів комірка повинна бути повністю демонтована і всі її деталі двічі промиті розчинником (петролейний ефір, толуол тощо). Після цього деталі комірки ополіскують ацетоном, промивають мильним розчином і кип'ятять у 5 %-му розчині фосфату натрію з дистильованою водою. Потім деталі кип'ятять у дистильованій воді протягом 1 год і висушують за температури 105–110 °С впродовж 60...90 хв.

Збирають комірку, користуючись бавовняними або капроновими рукавицями. Зібрану комірку приєднують до вимірювального кола установки і визначають ємність порожньої комірки (C_0). Водночас визначають тангенс кута діелектричних втрат порожньої комірки. За температури 15...35 °С для двозатискних комірок виміряне значення $\text{tg} \delta_0$ не має перевищувати 0,0003, для трізатискних – 0,0001. На основі цих значень оцінюють чистоту ізоляційних прокладок комірки. У разі невиконання вказаних умов комірку належить знову промити.

Перед проведенням вимірювань комірку заповнюють досліджуваною оливою (50 мл). Не здійснюючи вимірювань, рідину виливають з комірки і повторно заповнюють комірку до позначки. Під час випробування високов'язких олив, наприклад С-220, їх попередньо нагрівають до температури 40...60 °С.

Заповнену вимірювальну комірку встановлюють у попередньо нагрітій до температури випробування термостат, приєднують до електричного кола і після досягнення коміркою заданої температури проводять вимірювання. Тангенс кута діелектричних втрат та діелектричну проникність визначають при температурі, вибраній з ряду: 15...35 (стосовно $\text{tg} \delta$ лише для малов'язких рідин); 50; 70; 90 (100); 110 і далі до 250 °С через кожні 20 °С.

Під час визначення $\text{tg} \delta$ і ϵ_r для в'язких рідин чисту комірку нагрівають до температури, яка на 5...10 °С перевищує задану температуру, і заповнюють порцією попередньо нагрітої досліджуваної рідини. Потім комірку промивають рідиною і витримують їх разом впродовж 20 хв при заданій температурі, після чого проводять вимірювання тангенса кута діелектричних втрат та діелектричної проникності.

Розбіжності між результатами двох вимірювань не повинні перевищувати: під час визначення тангенса кута діелектричних втрат – 15 %

від значення більшого результату; під час вимірювання діелектричної проникності – 5 % від значення більшого результату.

Остаточні тангенс кута діелектричних втрат і діелектричну проникність визначають за формулами, наведеними у табл. 19.

Таблиця 19. Розрахункові формули для визначення тангенса кута діелектричних втрат і діелектричної проникності

Тип вимірювальної комірки	Формула для розрахунку	
	$\operatorname{tg}\delta$	ϵ_r
Тризатискна комірка	$\operatorname{tg}\delta_1 < 0,1$	$\frac{C_1}{C_0} \operatorname{tg}\delta_0$ (78)
	$\operatorname{tg}\delta_1 > 0,1$	$\operatorname{tg}\delta_1$
Двозатискна комірка	$\operatorname{tg}\delta_1 < 0,1$	$\frac{C_1}{C_1 - C_{\text{п}}} (\operatorname{tg}\delta_1 - \frac{C_0}{C_1} \operatorname{tg}\delta_0)$ (81)
	$\operatorname{tg}\delta_1 > 0,1$	$\frac{C_1 \cdot \operatorname{tg}\delta_1}{C_1 - C_{\text{п}} (1 + \operatorname{tg}^2 \delta_1)}$ (83)
		$\frac{C_1 - C_{\text{п}}}{C_0 - C_{\text{п}}}$ (79)
		$\frac{C_1}{C_0 \cdot (1 + \operatorname{tg}^2 \delta_1)}$ (80)
		$\frac{C_1 - C_{\text{п}}}{C_0 - C_{\text{п}}}$ (82)
		$\frac{C_1 - C_{\text{п}} (1 + \operatorname{tg}^2 \delta_1)}{(C_0 - C_{\text{п}}) (1 + \operatorname{tg}^2 \delta_1)}$ (84)

Примітка. $C_0, \operatorname{tg}\delta_0$ – відповідно виміряні ємність, Φ , і тангенс кута діелектричних втрат порожньої вимірювальної комірки; $C_1, \operatorname{tg}\delta_1$ – відповідно виміряні ємність, Φ , і кут діелектричних втрат вимірювальної комірки, заповненої досліджуваним діелектриком; $C_{\text{п}}$ – паразитна ємність комірки, Φ , зумовлена наявністю твердих електроізоляційних прокладок, порожнин, ємності провідників тощо.

$$C_{\text{п}} = \frac{C_0 \epsilon_{\text{к}} - C_{\text{к}}}{\epsilon_{\text{к}} - 1}, \quad (85)$$

де $C_{\text{к}}$ – ємність вимірювальної комірки, заповненої рідиною з відомим значенням $\epsilon_{\text{к}}$ (калібрувальною рідиною) і $\operatorname{tg}\delta_{\text{к}} < 0,01 \Phi$.

За результат визначення тангенса кута діелектричних втрат приймають менше з двох визначених значень. За результат визначення діелектричної проникності приймають середнє арифметичне проникності двох порцій однієї проби.

Визначення питомого об'ємного електричного опору при нарузі постійного струму. Під час визначення питомого об'ємного електричного опору до вимірювального обладнання ставлять низки вимог: напруга повинна бути сталою, стабільність якої повинна бути не менше ніж 1 % при струмові не більше ніж 1 мА; у випадку використання випрямлячів струму пульсація не має перевищувати 1,0 %.

Спочатку зібрану підготовлену комірку приєднують до вимірювального кола і перевіряють чистоту прокладок комірки, вимірюючи опір порожньої комірки. Значення цього опору повинно бути не менше як на один-два порядки вищим, ніж опір комірки, заповненої досліджуваною оливою.

Під час визначення питомого об'ємного електричного опору напруженість поля має становити $0,25 \text{ МВ} \cdot \text{м}^{-1}$; позитивний потенціал повинен бути на зовнішньому електроді. Час витримки взірця під напругою – 1 хв.

Розбіжність між результатами двох вимірювань не має перевищувати 35 % від більшого виміряного значення опору.

Питомий об'ємний електричний опір ρ_v , Ом·м, визначають за формулою

$$\rho_v = 0,113 C_0 \cdot R_v \cdot 10^{12}, \quad (86)$$

де R_v – виміряне значення об'ємного електричного опору, Ом; C_0 – ємність порожньої комірки, Ф.

За результат визначення приймають більше з двох визначених значень.

Визначення напруги пробою при частоті 50 Гц. Для визначення напруги пробою електроізоляційних олив використовують установку АИМ-90 (рис. 53). Джерелом живлення слугує випробувальний трансформатор 4 (рис. 53, а) з регулятором напруги, який забезпечує отримання на електродах вимірювальної комірки 6 синусоїдальної напруги (коефіцієнт напруги повинен бути від 1,34 до 1,48).

До трансформатора ставлять низку вимог: середня напруга пробою рідких матеріалів повинна становити не менше ніж 15 % значення номінальної напруги трансформатора; потужність трансформатора має бути достатньою, щоб забезпечувати пробій при струмові не менше ніж 20 мА у всьому діапазоні використовуваних для випробувань напруг, що перевищують 15 кВ. Захист трансформатора від перевантажень, зумовлених струмами короткого замикання, та зменшення розкладання рідкого матеріалу в момент пробою здійснюється автоматичним вимикачем, час спрацювання якого не перевищує 0,02 с, а також увімкненням струмообмежувального опору 5, значення якого вибирають з розрахунку $0,2 \dots 1 \text{ Ом на } 1 \text{ В}$ високої напруги випробувального трансформатора.

Швидкість зміни напруги під час випробувань має бути $2 \text{ кВ/с} \pm 20 \%$. Напругу вимірюють амплітудним вольтметром 3, який приєднують до обмотки низької напруги випробувального трансформатора; клас точності вольтметра – не нижче 1,5.

Посуд для рідини 1 (рис. 53, в) вимірювальної комірки виготовляють з матеріалу, який не чинить впливу на оливу (електроізоляційні скло, пластмаса, кварц). Форма посуду забезпечує відстань між стінками і електродами 2 більшу, ніж 12 мм. Верхній край посуду розташовується приблизно на відстані 40 мм від горизонтальної площини, яка проходить через центр електродів. Глибина занурення електродів у рідкий матеріал – не менша ніж 15 мм. Зазор між електродами становить $2,5 \pm 0,05$ мм.

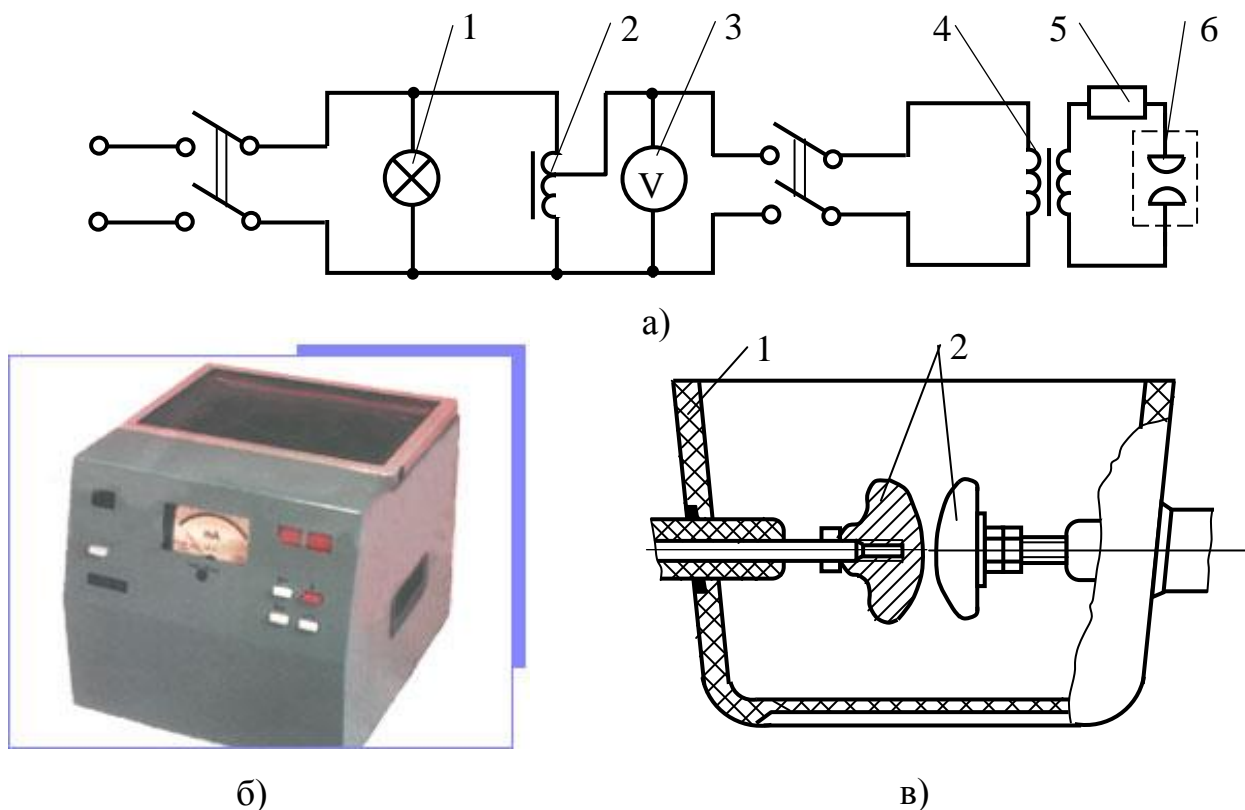


Рис. 53. Пристрій АИМ-90 для визначення напруги пробою:

а) принципова електрична схема: 1 – сигнальна лампа; 2 – регулювальний трансформатор; 3 – вольтметр; 4 – високовольтний випробувальний трансформатор; 5 – захисний опір; 6 – вимірювальна комірка; б) загальний вигляд пристрою; в) вимірювальна комірка: 1 – посуд для рідини; 2 – електроди.

Перед проведенням дослідів вимірювальну комірку промивають гасом і петролейним ефіром. Поверхню електродів періодично полірують, після чого промивають розчинниками.

Після цього комірку ополіскують досліджуваною рідиною та заповнюють новою порцією оливи для випробувань. Для випробувань беруть 300 мл досліджуваного матеріалу, обережно вливаючи його у вимірювальну комірку і стежачи, щоб струмінь рідини стікав по стінках і не утворювались бульбашки повітря. Випробування проводять при температурі $15 \dots 35$ °С.

Через 10 хв після заповнення комірки через досліджуваний взірець пропускають електричний струм, плавно збільшуючи напругу до пробою, і фіксують її значення. Для однієї заповненої комірки проводять шість послідовних пробів з інтервалом у 5 хв. Після кожного пробою за допомогою скляної палички рідину між електродами обережно перемішують для видалення продуктів розкладання з міжелектродного простору. У разі випробування високов'язких матеріалів кожен наступний проб проводять з окремою порцією рідини, взятої з тієї ж проби.

Після проведених вимірювань визначають середнє арифметичне значення напруги пробою, середню арифметичну похибку середнього арифметичного та коефіцієнт варіації. Якщо значення коефіцієнта варіації перевищує 20 %, проводять ще одне заповнення вимірювальної комірки порцією рідини, проводять ще шість визначень напруги пробою, збільшуючи число дослідів до 12.

Якщо підсумковий коефіцієнт варіації перевищує 20 %, якість діелектрика слід вважати незадовільною.

Робота № 40. АНАЛІЗ ВІДПРАЦЬОВАНОЇ ОЛИВИ

Загальні відомості. За існуючої планово-попереджувальної системи технічного обслуговування тракторів та автомобілів моторні оливи підлягають заміні залежно від наробітку в мотогодинах, кілометрів пробігу й сезонності використання машин.

Під час експлуатації двигунів оливи старіють. Це відбувається в результаті окиснення вуглеводневої основи олив, спрацювання присадок, нагромадження продуктів неповного згоряння палива, частинок спрацювання деталей двигуна, пилу, води, розрідження паливом (у карбюраторних двигунах).

Відпрацьована олива – це олива, яка пропрацювала у двигуні свій експлуатаційний термін і втратила свої первісні властивості.

Ці оливи можуть бути частково відновлені (регенеровані) видаленням з них небажаних домішок. Проте повністю відновити початкові властивості олив складно, оскільки оливи містять присадки, які в процесі роботи спрацьовуються.

Водночас, збирання і регенерація дорогих олив – справа економічно вигідна і сприяє зменшенню забруднення навколишнього середовища.

Зібрані відпрацьовані оливи підлягають перевірці їх якості.

Дослідження відпрацьованих олив полягає у визначенні густини, вмісту води, механічних домішок і забруднень, умовної в'язкості і температури спалаху.

Якщо проби відпрацьованих олив містять більше ніж 0,5 % води, то перед визначенням умовної в'язкості і температури спалаху їх зневоднюють за допомогою сірчаноокислої міді або мідного купоросу; для досліджень беруть верхній шар оливи.

Методика виконання роботи.

Визначення вмісту води. Суть методу визначення вмісту води у відпрацьованій оливі (ДСТУ 26378.1) полягає у визначенні теплового ефекту реакції гідратації сірчаноокислої міді з водою, що міститься в оливі.

Пробу відпрацьованої оливи старанно перемішують, наливають до позначки у стакан 3 вологоміра (рис. 54). Стакан з пробой вставляють у корпус 5, корпус закривають кришкою 2 і встановлюють термометр 1. Ручною мішалкою 7 перемішують пробу 2...3 рази за 1 с і через кожну хвилину відзначають температуру проби. Якщо температура залишається незмінною 2...3 хв, її приймають за початкову температуру випробування.

Якщо температура всередині вологоміра підвищується, необхідно витримати пробу за кімнатної температури ще 5...10 хв і повторити визначення початкової температури.

Після з'ясування початкової температури випробування чашкою набирають порцію зневодненого реактиву (сірчаноокислої міді) і за 1...2 с висипають його в пробу, користуючись лійкою. Потім лійку забирають, а отвір у кришці закривають пробкою 6.

Пробу оливи перемішують мішалкою і через кожну хвилину відзначають покази термометра вологоміра. Коли температура не буде змінюватися впродовж 2 хв, випробування завершують. За кінцеву температуру приймають найвищу температуру, відзначену під час випробувань.

Виймають з вологоміра стакан з пробой і зливають з нього верхній шар оливи, який надалі використовують для визначення умовної в'язкості і температури спалаху.

Під час обробки результатів випробування спочатку підраховують різницю Δt (°C) кінцевої t_2 і початкової t_1 температур за формулою

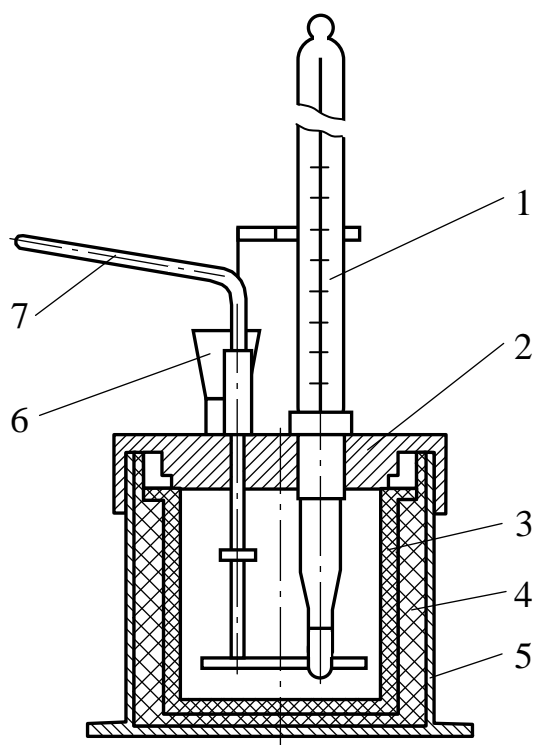


Рис. 54. Вологомір:

1 – термометр; 2 – кришка; 3 – стакан вологоміра; 4 – термоізоляційний стакан; 5 – корпус; 6 – пробка; 7 – ручна мішалка.

$$\Delta t = t_2 - t_1. \quad (87)$$

За отриманою різницею температур Δt , користуючись даними табл. 20, визначають масову частку води у пробі.

У разі, коли вирахуване значення Δt перевищує максимальні значення, наведені в табл. 20, випробування проводять з розбавленою пробою оливи (50 см³ відпрацьованої оливи змішують з 50 см³ зневодненого гасу або дизельного пального), а знайдену при цьому за таблицею масову частку води збільшують у два рази.

Таблиця 20. Дані для визначення масової частки води у відпрацьованих оливах

$\Delta t, ^\circ\text{C}$	Масова частка води, %	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	Масова частка води, %	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	Масова частка води, %	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	Масова частка води, %
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Оливи з присадками</i>							
> 0,6	відсут.	3,80	1,50	7,10	3,05	10,40	4,65
0,65	0,03	3,90	1,55	7,20	3,10	10,50	4,70
0,70	0,05	4,00	1,60	7,30	3,15	10,60	4,75
0,80	0,10	4,10	1,65	7,40	3,20	10,70	4,80
0,90	0,15	4,20	1,70	7,50	3,25	10,80	4,85
1,00	0,20	4,30	1,75	7,60	3,30	10,90	4,90
1,10	0,25	4,40	1,80	7,70	3,35	11,00	5,00
1,20	0,30	4,50	1,85	7,80	3,40	11,10	5,05
1,30	0,35	4,60	1,87	7,90	3,45	11,20	5,10
1,40	0,40	4,70	1,90	8,00	3,50	11,30	5,15
1,50	0,45	4,80	1,95	8,10	3,55	11,40	5,20
1,60	0,50	4,90	2,00	8,20	3,60	11,50	5,30
1,70	0,55	5,00	2,05	8,30	3,62	11,60	5,35
1,80	0,60	5,10	2,10	8,40	3,65	11,70	5,40
1,90	0,65	5,20	2,15	8,50	3,70	11,80	5,50
2,00	0,70	5,30	2,20	8,60	3,75	11,90	5,60
2,10	0,75	5,40	2,25	8,70	3,80	12,00	5,65
2,20	0,80	5,50	2,30	8,80	3,85	12,10	5,72
2,30	0,85	5,60	2,35	8,90	3,90	12,20	5,80
2,40	0,90	5,70	2,40	9,00	3,95	12,30	5,85
2,50	0,95	5,80	2,45	9,10	4,00	12,40	5,95
2,60	0,97	5,90	2,50	9,20	4,05	12,50	6,00
2,70	1,00	6,00	2,55	9,30	4,10	12,60	6,05
2,80	1,05	6,10	2,60	9,40	4,12	12,70	6,10
2,90	1,10	6,20	2,65	9,50	4,15	12,80	6,15
3,00	1,15	6,30	2,70	9,60	4,20	12,90	6,30
3,10	1,20	6,40	2,75	9,70	4,25	13,00	6,35
3,20	1,22	6,50	2,80	9,80	4,30	13,10	6,45

1	2	3	4	5	6	7	8
3,30	1,25	6,60	2,85	9,90	4,35	13,20	6,55
3,40	1,30	6,70	2,87	10,00	4,40	13,30	6,65
3,50	1,35	6,80	2,90	10,10	4,45	13,40	6,75
3,60	1,40	6,90	2,95	10,20	4,50	13,50	6,80
3,70	1,45	7,00	3,00	10,30	4,60	13,60	6,90
						13,70	7,00
<i>Оливи без присадок</i>							
0,10		4,40	1,55	8,70	3,05	13,00	4,55
0,20	0,05	4,50	1,60	8,80	3,10	13,10	4,58
0,30	0,10	4,60	1,62	8,90	3,12	13,20	4,62
0,40	0,15	4,70	1,65	9,00	3,15	13,30	4,65
0,50	0,17	4,80	1,68	9,10	3,20	13,40	4,68
0,60	0,20	4,90	1,70	9,20	3,22	13,50	4,72
0,70	0,25	5,00	1,75	9,30	3,25	13,60	4,75
0,80	0,27	5,10	1,80	9,40	3,30	13,70	4,80
0,90	0,30	5,20	1,85	9,50	3,32	13,80	4,82
1,00	0,35	5,30	1,87	9,60	3,35	13,90	4,85
1,10	0,40	5,40	1,90	9,70	3,40	14,00	4,90
1,20	0,42	5,50	1,92	9,80	3,43	14,10	4,92
1,30	0,45	5,60	1,95	9,90	3,47	14,20	4,95
1,40	0,50	5,70	2,00	10,00	3,50	14,30	5,00
1,50	0,52	5,80	2,02	10,10	3,53	14,40	5,05
1,60	0,55	5,90	2,05	10,20	3,57	14,50	5,07
1,70	0,60	6,00	2,10	10,30	3,60	14,60	5,10
1,80	0,65	6,10	2,15	10,40	3,65	14,70	5,13
1,90	0,68	6,20	2,17	10,50	3,67	14,80	5,16
2,00	0,70	6,30	2,20	10,60	3,70	14,90	5,20
2,10	0,72	6,40	2,25	10,70	3,75	15,00	5,23
2,20	0,75	6,50	2,27	10,80	3,80	15,10	5,27
2,30	0,80	6,60	2,30	10,90	3,82	15,20	5,30
2,40	0,82	6,70	2,35	11,00	3,85	15,30	5,32
2,50	0,85	6,80	2,37	11,10	3,88	15,40	5,35
2,60	0,90	6,90	2,40	11,20	3,92	15,50	5,40
2,70	0,92	7,00	2,45	11,30	3,95	15,60	5,45
2,80	0,95	7,10	2,50	11,40	4,00	15,70	5,48
2,90	1,00	7,20	2,52	11,50	4,03	15,80	5,52
3,00	1,05	7,30	2,55	11,60	4,07	15,90	5,55
3,10	1,10	7,40	2,60	11,70	4,10	16,00	5,58
3,20	1,12	7,50	2,65	11,80	4,13	16,10	5,62
3,30	1,15	7,60	2,67	11,90	4,17	16,20	5,65
3,40	1,18	7,70	2,70	12,00	4,20	16,30	5,70
3,50	1,20	7,80	2,75	12,10	4,23	16,40	5,72
3,60	1,25	7,90	2,77	12,20	4,27	16,50	5,76

1	2	3	4	5	6	7	8
3,70	1,30	8,00	2,80	12,30	4,30	16,60	5,80
3,80	1,33	8,10	2,85	12,40	4,33	16,70	5,82
3,90	1,37	8,20	2,87	12,50	4,37	16,80	5,87
4,00	1,40	8,30	2,90	12,60	4,40	16,90	5,92
4,10	1,43	8,40	2,92	12,70	4,43	17,00	5,95
4,20	1,47	8,50	2,95	12,80	4,47	17,10	6,00
4,30	1,50	8,60	3,00	12,90	4,50		

Визначення механічних домішок і забруднень. Метод (ДСТУ 26378.2) дає змогу виявляти у відпрацьованих оливах нерозчинні в бензині механічні домішки і забруднення з розмірами 100×100 мкм, які утворилися під час експлуатації двигунів або потрапили в оливи в процесі їх збирання, зберігання і транспортування.

З проби відпрацьованої оливи, ретельно перемішаної впродовж 5 хв в бутлі (банці), заповненому на $\frac{3}{4}$ його об'єму, відмірюють 100 см³ і виливають у конічну колбу. У цю ж колбу додають 100...300 см³ бензину (залежно від в'язкості досліджуваної оливи), отриману суміш перемішують збовтуванням.

У лійку вкладають сито з сітки 01, складене вчетверо (як складають беззольні фільтри), і вставляють лійку в другу конічну колбу.

Приготовану суміш бензину з оливою фільтрують через сито. Після фільтрування сито промивають бензином, висушують на повітрі впродовж 5 хв і приступають до огляду осаду.

Якщо візуально осад не виявлений або він рихлий і від перемішування скляною паличкою провалюється крізь отвори сита, вважають, що масова частка механічних домішок у пробі відпрацьованої оливи відповідає вимогам стандарту, а забруднення відсутні.

У тому разі, якщо на ситі залишаються забруднення, розміри яких більші, ніж отвори сита, то масову частку механічних домішок і забруднень визначають способом фільтрування суміші оливи з бензином через беззольні паперові фільтри.

Визначення умовної в'язкості. Відповідно до стандарту відпрацьовані оливи поділяють на групи залежно від в'язкості. Для того щоб встановити групу, до якої належить олива, визначають її умовну в'язкість (ДСТУ 26378.3), яку знаходять, замірявши час витікання певного об'єму оливи через калібрований отвір віскозиметра ВЗ-4 (рис. 55) або ВЗ-246.

У склянку наливають 150 см^3 зневодненої відпрацьованої оливи (після визначення вмісту води) і замірюють її температуру з похибкою не більше ніж 1°C .

Промитий бензином і висушений віскозиметр встановлюють горизонтально, підставляють під сопло 2 приладу скляну склянку 1 і, закривши нижній отвір сопла 2 пальцем, наливають оливу в резервуар 3 віскозиметра до рівня верхнього краю (до початку переливання в кільцевий жолобок).

Потім швидко забирають палець і з появою оливи зі сопла включають секундомір. Секундомір зупиняють у момент першої появи переривчастого струменя оливи. Час витікання визначають двічі, похибка при цьому не повинна перевищувати $0,2 \text{ с}$.

Умовну в'язкість V_t , с, досліджуваної оливи вираховують за формулою

$$V_t = \tau_{\text{ср}} \cdot K, \quad (88)$$

де $\tau_{\text{ср}}$ – середній арифметичний час витікання досліджуваної речовини через сопло віскозиметра за температури випробувань, с; K – поправковий коефіцієнт (вказаний у паспорті віскозиметра).

Пізніше за графіком (рис. 56) знаходять точку перетину отриманої умовної в'язкості V_t і заміряної на початку випробувань температури оливи t . За цією точкою встановлюють групу (СНВ, ОІВ або ОМВ), до якої належить досліджувана олива.

Визначення температури спалаху. Температуру спалаху відпрацьованої оливи визначають у відкритому тиглі (ДСТУ 26378.4), для чого зневоднену оливу, отриману після визначення вмісту води, наливають у чистий металевий тигель (див. рис. 43). Збирання приладу та випробування проводять згідно з методикою, викладеною у роботі № 28.

Наближено за 10°C до очікуваної температури спалаху проводять полум'я на відстані $10...14 \text{ мм}$ від поверхні оливи.

Якщо спалах під час першого піднесення полум'я до тигля відбувся, то випробування припиняють і записують результат за формою «нижче ... $^\circ\text{C}$ ». У разі, коли під час першого піднесення полум'я спалах не відбувся, повторюють перевірку через кожні 2°C . Якщо спалах відбувся в інтервалі температур $\pm 10^\circ\text{C}$ від нормованого значення, то за результат випробування приймають покази термометра в момент спалаху.

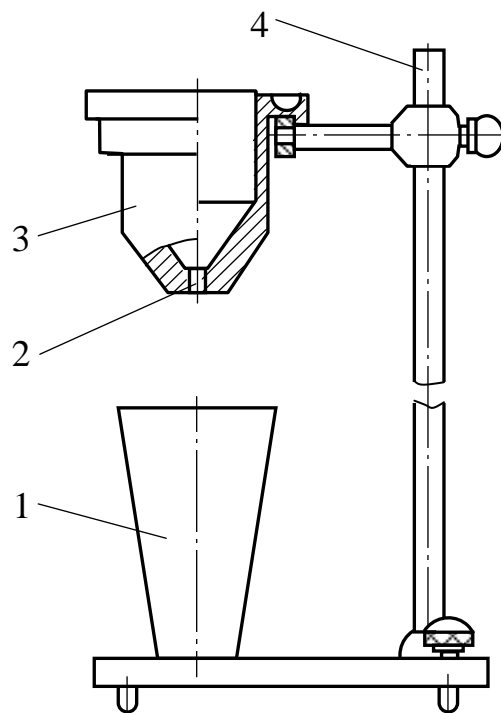


Рис. 55. Віскозиметр ВЗ-4: 1 – склянка; 2 – сопло; 3 – резервуар; 4 – штатив.

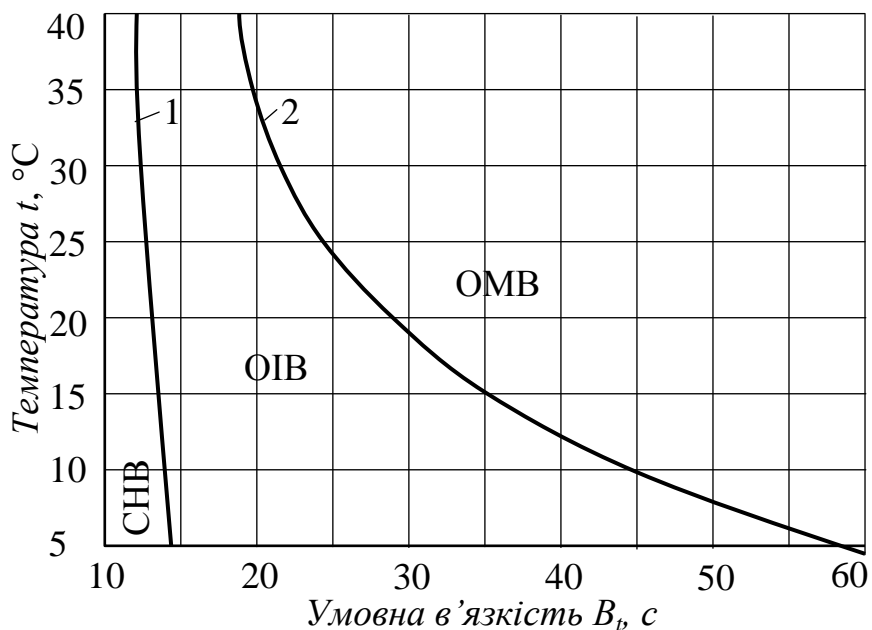


Рис. 56. Графік для визначення групи відпрацьованої оливи:
 OMB – оливи моторні відпрацьовані; OIB – оливи індустриальні відпрацьовані;
 SHB – суміш нафтопродуктів відпрацьованих; 1 – для оливи з в'язкістю $5 \text{ мм}^2/\text{с}$
 при 50°C ; 2 – для оливи з в'язкістю $25 \text{ мм}^2/\text{с}$ при 50°C .

У тому разі, якщо спалаху парів нагрітої оливи не було при температурі, що перевищує нормоване значення на 10°C , випробування припиняють і результат записують за формою «вище ... $^\circ\text{C}$ ».

РОЗДІЛ 5 ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ МАСТИЛ

Робота № 41. ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖІ МІЦНОСТІ НА ЗСУВ МАСТИЛА

Загальні відомості. Мастила у стані спокою та при малих зусиллях проявляють властивості твердих тіл, зберігаючи при цьому свою форму. Зі збільшенням навантаження виникає важлива властивість – текучість.

Межею міцності мастила прийнято вважати мінімальне напруження, за якого розпочинається руйнування структурного каркаса мастила внаслідок зсуву одного його шару відносно іншого. Цей показник характеризує межу переходу мастила від стану спокою до пластичної течії. За одиницю вимірювання цієї величини прийнятий паскаль (Па).

Значення межі міцності на зсув задається якістю та концентрацією загусника мастила. Межа міцності залежить від температури – з підвищенням температури вона зменшується. Температура, при якій межа міцності стає рівною нулю, є дійсною температурою переходу мастила з пластичного стану у рідкий і характеризує межу застосування мастила.

За значенням межі міцності оцінюють здатність мастила надходити до робочих вузлів, утримуватися на рухомих деталях, не стікати з похилих і вертикальних поверхонь. Для того, щоб мастило не витікало з підшипників кочення під дією відцентрової сили, граничне значення напруження зсуву повинно бути не менше ніж 150...180 Па.

Межу міцності на зсув мастил визначають за методом Климова (ГОСТ 7143) на пластометрі К-2 (рис. 57, а) або комбінованому апараті АК-88 (рис. 57, б). Метод полягає у визначенні тиску, за якого в капілярі приладу при заданій температурі відбувається зсув мастила.

Пластометр К-2 розрахований на проведення вимірювань із тиском до 5 кгс/см². Тиск у приладі створюється за рахунок теплового розширення рідини в резервуарі, що нагрівається електричною піччю.

Апарат АК-88 забезпечує автоматичну фіксацію напруження зсуву, повернення навантажувального пристрою у вихідне положення і відключення термостатуючого пристрою. Діапазон вимірювання межі міцності на зсув 0...160·10² Па при температурах 20, 40, 50 і 80 °С.

У табл. 10 додатка наведені дані про межу міцності на зсув деяких найбільш поширених у сільському господарстві мастил.

Методика виконання роботи. Пластометр К-2 (рис. 57, а) складається з основи зі стійкою, вздовж якої вертикально переміщується електрична піч 8. Електрична піч нагріває резервуар 7 з оливою; зрос-

тання тиску в резервуарі фіксується за показами манометра 5. Лійка 6 слугує для наповнення приладу оливою, кран 4 – для сполучення лійки з внутрішньою порожниною приладу. Корпус 1 за допомогою трубки з'єднаний з внутрішньою порожниною приладу. Всередині оправки 2 розміщений капіляр. До комплексу приладу входять два капіляри: один – завдовжки 100 мм, другий – завдовжки 50 мм. Короткий капіляр застосовують у тому разі, коли під час випробувань на довгому капілярі тиск перевищує допустиме значення для манометра.

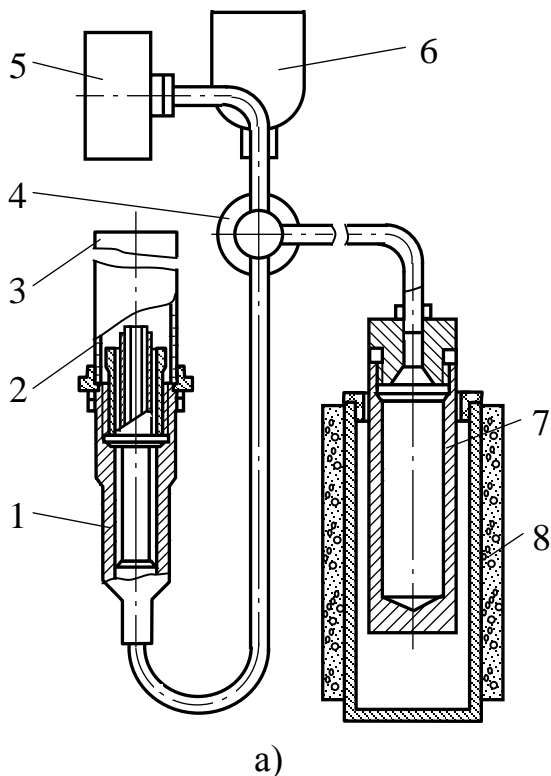


Рис. 57. Обладнання для вимірювання межі міцності мастил на зсув:

а) схема пластометра К-2ЖВ: 1 – корпус; 2 – оправка; 3 – захисне скло; 4 – кран; 5 – манометр; 6 – лійка; 7 – резервуар для оливи; 8 – електрична піч; б) загальний вигляд комбінованого апарата АК-88.

Усі внутрішні порожнини приладу К-2, зокрема й манометр, з метою витіснення повітря заповнені малов'язкою оливою.

Перед проведенням дослідів досліджуване мастило перемішують мішалкою. Мішалка для перемішування мастила – це порожнинний циліндр зі знімними кришками. Через верхню кришку в циліндр вставлений поршень з отворами.

Перемішавши мішалкою мастило, заповнюють ним обидві половини жолоба капіляра. Обережно, щоб не викликати зсуву мастила, з'єднують їх і надівають кільце. Змащують досліджуваним мастилом зовнішню поверхню капіляра і вставляють його в оправку, повільно обертаючи й переміщуючи вздовж осі. На нижній обріз бортика оправки надівають гумову прокладку і встановлюють оправку на виступ у корпусі пластометра.

Пластометр заповнюють оливою, при цьому відкривають кран лійки з оливою і залишають його відкритим доти, доки рівень оливи у корпусі не досягне верхнього обрізу бортика оправки. Закріплюють оправку в корпусі гайкою, на верхній частині корпусу встановлюють захисне скло 3.

Вмикають електричну піч, що підігріває резервуар з оливою, і спостерігають за манометром. Швидкість підвищення тиску в системі повинна бути не більша ніж $0,05 \text{ кгс/см}^2$ за 1 хв з використанням довгого капіляра і $0,05 \text{ кгс/см}^2$ за 2 хв з використанням короткого. Швидкість підвищення тиску регулюють, піднімаючи чи опускаючи електричну піч уздовж резервуара з оливою і відповідно збільшуючи або зменшуючи площу нагріву.

Після того як тиск у системі, досягнувши максимуму, починає знижуватись, вимикають електричну піч, відкривають кран лійки і повільно виймають оправку з капіляром із корпусу, після чого кран закривають.

У момент завершення дослідів з капіляра висувається мастило, що можна спостерігати через захисне скло.

Обробка результатів. Межу міцності τ , Па, досліджуваного мастила вираховують за формулою

$$\tau = \frac{p \cdot r}{2 l} 100000, \quad (89)$$

де p – максимальний тиск, кгс/см^2 ; r і l – відповідно радіус і довжина капіляра, см; $l = 5$ або 10 см.

За результат випробувань приймають середнє арифметичне значення двох паралельних визначень.

Робота № 42. ВИЗНАЧЕННЯ ПЕНЕТРАЦІЇ МАСТИЛА

Загальні відомості. Пенетрація характеризує консистенцію або ступінь м'якості (густоту) мастил. Контроль консистенції проводять за допомогою визначення числа пенетрації (ДСТУ 4295 або ASTM D 217), під яким розуміють вимірювану в десятих частках міліметра глибину занурювання в досліджуване мастило стандартного конуса масою 150 г впродовж 5 с; визначення здійснюють за температури 25°C .

Число пенетрації – умовний показник, який обернено пропорційний консистенції мастила й характеризує його здатність утримуватись у негерметизованих вузлах тертя. Зміна числа пенетрації під час зберігання мастила вказує на порушення його структури, що вимагає швидкого використання.

За консистенцією мастила поділяються на 9 класів (табл. 21).

Таблиця 21. Класи консистенції мастил

Індекс класу консистенції	Пенетрація при 25 °С, 0,1 мм	Візуальна оцінка консистенції
000	445...475	дуже м'яке, аналогічне в'язкій оливі
00	400...430	дуже м'яке, аналогічне в'язкій оливі
0	355...385	м'яке
1	310...340	м'яке
2	265...295	мазеподібне
3	220...250	майже тверде
4	175...205	тверде
5	130...160	тверде
6	85...115	дуже тверде, милоподібне

Методика виконання роботи. Визначають число пенетрації за допомогою пенетрометрів типу ЛП (рис. 58, б), ПН-1М (рис. 58, в), ПМ-1.

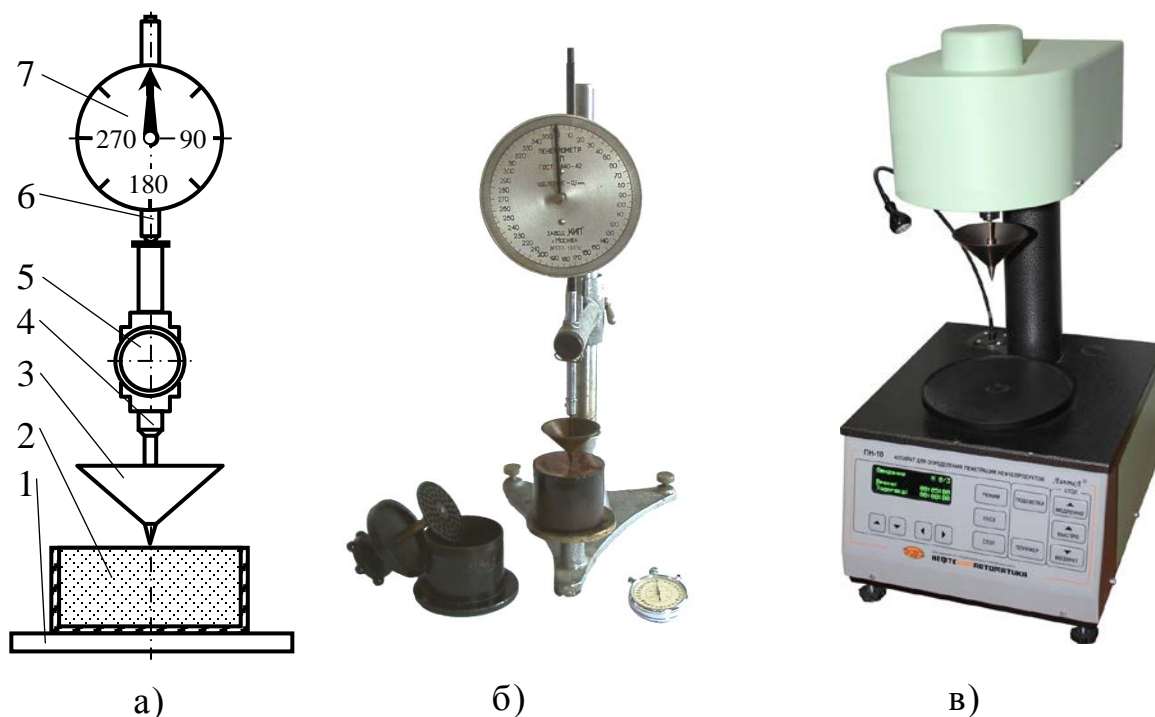


Рис. 58. Прилади для вимірювання числа пенетрації:

а) схема пенетрометра ЛП: 1 – предметний столик; 2 – посудина з мастилом; 3 – конус; 4 – плунжер; 5 – кнопка фіксатора; 6 – кремальєра; 7 – шкала індикатора; б) загальний вигляд пенетрометра ЛП; в) загальний вигляд пенетрометра ПН-10МК.

Лабораторний пенетрометр ЛП (рис. 58, а, б) містить штатив з плитою, на якій встановлені круглий рівень і столик 1. Положення столика за висотою регулюється. На штативі закріплені кронштейн з плунжером 4, індикатор 7 і дзеркало. Плунжер вільно переміщується в напрямній втулці і фіксується за допомогою затискача. Кнопка 5 призначена для звільнення плунжера. До плунжера прикріплений конус 3. Індикатор складається з кремальєри 6, з віссю шестерні якої з'єднана стрілка індикатора; стрілка з'єднана з віссю шестерні через підпружинений конус.

Спеціальну посудину 2 заповнюють досліджуваним мастилом, стежачи, щоб у ній були відсутні повітряні бульбашки і механічні домішки. Заповнену посудину закривають кришкою зі змішувачем, занурюють у нагрівальну ванну з температурою 25 °С й витримують впродовж 1 год. Рівень рідини у ванні повинен бути на 10 мм нижче від отвору в кришці, через який проходить шток змішувача. Після прогрівання мастило перемішують 1 хв для отримання однорідної маси.

Після перемішування мастила відкривають кришку і посудину знову занурюють у ванну на 15 хв, так щоб рівень рідини з температурою 25 °С не перевищував різниці на посудині.

Підготовлений досліджуваний матеріал встановлюють на столик пенетрометра, старанно вирівнюють шпателем поверхню мастила, знімаючи його надлишок. З метою попередження можливості торкання конусом стінок посудини, їх осі симетрії повинні збігатися.

Конус пенетрометра розташовують так, щоб його вершина торкала поверхню мастила. Положення наконечника конуса контролюють за допомогою дзеркала. Опускають кремальєру до зіткнення з плунжером і встановлюють стрілку індикатора на нульову позначку шкали (360 поділок з ціною 0,1 мм).

Одночасно натискають кнопку фіксатора і вмикають секундомір; конус занурюється впродовж 5 с, після чого відпускають кнопку, припиняючи занурення конуса. Знову опускають кремальєру до зіткнення з плунжером, за показом індикатора оцінюють глибину занурення конуса і, відповідно, число пенетрації. Піднімають кремальєру і плунжер з конусом, очищають конус від мастила ватою, змоченою бензином, а потім насухо витирають.

Поверхню досліджуваного мастила, розміщеного в посудині, повторно вирівнюють шпателем. Дослід повторюють не менше ніж чотири рази і за результат випробування приймають середнє арифметичне отриманих значень. Розбіжність між результатами окремих вимірювань і середнім арифметичним значенням не повинна перевищувати 3 %.

Визначення числа пенетрації на пенетрометрі ПН-1М здійснюють аналогічно, як і на лабораторному пенетрометрі ЛП. Відмінність

полягає в отриманні точніших результатів, оскільки управління роботою пенетрометра позбавлене суб'єктивного чинника і здійснюється за допомогою мікро-ЕОМ, яка дозволяє в автоматичному режимі виконувати такі операції: занурення конуса в досліджуване мастило; витримку часу пенетрації; зупинку процесу занурення конуса після відліку заданого часу; фіксацію результатів дослідження; індикацію результатів дослідження на оптичній шкалі. Діапазон показів пенетрометра від 0 до 630 одиниць пенетрації. Час пенетрації $(5,0 \pm 0,1)$ с, $(60 \pm 0,1)$ с. Живлення приладу здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В; споживана потужність не перевищує 50 В·А.

Робота № 43. ОЦІНКА КОЛОЇДНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ МАСТИЛА

Загальні відомості. Мастила – це складні колоїдні системи, які містять дисперсійне середовище (мінеральні оливи), дисперсну фазу (загусник), модифікатори структури і домішки (присадки, наповнювачі, стабілізатори). До складу мастил входить 80...90 % мінеральної оливи і 10...20 % загусника (різноманітні мила й тверді вуглеводні). Наповнювачі (графіт, дисульфід молібдену) надають мастилам спеціальних властивостей, присадки покращують експлуатаційні якості, а стабілізатори затримують коагуляцію – випадання пластинок мила з рідкої основи.

У процесі експлуатації і зберігання під впливом температури, тиску або інерційних сил можливе виділення дисперсійного середовища з мастила. Сильне виділення оливи з мастила може призвести до руйнування її структури. Помірне і рівномірне відділення оливи впродовж усього терміну служби мастила у вузлі тертя становить основу його мастильної дії. Під колоїдною стабільністю розуміють стійкість мастил проти незворотного руйнування. Вона зростає зі збільшенням кількості загусника у мастилі і зменшується з пониженням в'язкості мінеральної оливи. Мастила з низькою колоїдною стабільністю (наприклад, мастило ЦИАТИМ-201) розфасовують у дрібну тару.

Колоїдну стабільність визначають на приладах типу КСА (рис. 59, а), АКС-1МП (рис. 59, б) при заданих навантаженні, часі й температурі. Метод визначення (ГОСТ 7142) полягає у вимірюванні об'єму оливи, відпресованої з мастила.

Методика виконання роботи. Прилад КСА (див. рис. 59, а) складається зі штатива з плитою, на якій встановлений круглий рівень і столик. На стояку штатива закріплений кронштейн, в якому розміщений шток 6 з двома виїмками для кріплення вантажу 7. Металева кулька 5 ді-

аметром 8 мм слугує для передачі зусилля на хвостовик поршня 4. На столику встановлюють чашку 3 для досліджуваного мастила, в якій розміщений поршень 4. Чашка має втулку, через яку виходить хвостовик поршня. На хвостовику поршня зроблена лиска для попередження створення розрідження над поршнем. Маса штока, кульки, поршня і вантажу становить

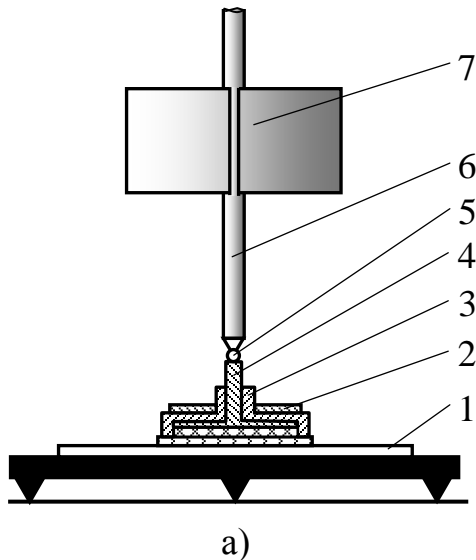


Рис. 59. Обладнання для визначення колоїдної стабільності:

а) схема приладу КСА: 1 – кронштейн; 2 – стальна шайба; 3 – чашка; 4 – поршень; 5 – кулька; 6 – шток; 7 – вантаж; б) загальний вигляд апарата АКС-1М.

1 кг.

Чашку з поршнем зважують на аналітичній вазі, потім у неї вмазують шпателем досліджуване мастило, не допускаючи утворення бульбашок повітря і порожнин, знову зважують і вираховують масу мастила, використаного для досліду. Одне кружальце фільтрувального паперу змочують оливою, відтискають між аркушами фільтрувального паперу і зважують. Скло з купкою фільтрувального паперу (7...9 кружалець з діаметром, що відповідає внутрішньому діаметру чашки) розмішують на столику штатива. На мастило в чашці кладуть просочене оливою кружальце фільтрувального паперу таким чином, щоб між папером і мастилом не було порожнин. Після цього чашку встановлюють на купку фільтрувального паперу, розміщеного на склі.

У лунку хвостовика поршня вкладають кульку, що передає зусилля. Натискають пускову кнопку, звільняючи шток, і опускають його до дотику з кулькою. На штокові за допомогою скоби закріплюють вантаж, знову натискають на пускову кнопку і відзначають час початку досліду. Після відліку 30 хв зважують чашку з мастилом і кружальцем фільтрувального паперу.

Визначення колоїдної стабільності на апараті АКС-1М аналогічне, як і на приладі КСА. Апарат дає змогу відпресовувати мастило вантажами масою (1000 ± 10) г і (300 ± 10) г. Основні розміри робочих частин апарата відповідають вимогам стандарту: внутрішній діаметр чашки – $(40,0 \pm 0,027)$ мм, діаметр поршня – $(40,0^{+0,025}_{-0,05})$ мм, висота порожнини, заповненої мастилом – $(2,0 \pm 0,05)$ мм. Термостатуючий пристрій дає змогу підтримувати під час проведення дослідів температуру від 20 до 50 °С з дискретністю 5,0 °С. Апарат забезпечує проведення експрес-аналізу з висвітленням результату на цифровому табло.

Обробка результатів. Кількість оливи x , %, що відділилась після відпресування мастила, визначають за формулою

$$x = \frac{m_1 - m_2}{m} 100, \quad (90)$$

де m_1 і m_2 – відповідно маси чашки із мастилом і просоченим оливою кружальцем фільтрувального паперу до і після досліду, г; m – маса мастила, витраченого на дослід, г.

За результат випробувань приймають середнє арифметичне значення двох паралельних дослідів.

Робота № 44. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ КРАПАННЯ МАСТИЛА

Загальні відомості. Під час нагрівання мастило плавиться і втрачає властивості, притаманні пластичному тілу. Відповідно до стандартизованих вимог верхня температурна межа працездатності мастил оцінюється температурою крапання. Під час визначення температури крапання мастило, нагріте в спеціальному приладі (ASTM D 566, FTMS1421. IP 132, DIN 51801), розм'якшується до такого стану, за якого відбувається утворення рідкої краплі та її падіння.

Для надійного змащення вузлів тертя необхідно, щоб робоча температура була на 10...20 °С нижчою від температури крапання мастила.

Методика виконання роботи. Температуру крапання визначають стандартним термометром типу Уббелодє або на приладі КРАПЛЯ 20-01. У нижній частині термометра 6 (рис. 60) змонтована металева гільза 5 з отвором. В отвір вставляють ковпачок 4 стандартних розмірів. Термометр закріплюють на корку 7 у пробірці 3. Пробірку розміщують на штативі і вставляють у скляну термостійку посудину 2, в яку заливають теплоносій.

З поверхні досліджуваного мастила шпателем знімають верхній шар і в декількох місцях, на відстані не менше ніж 15 мм від стінок посудини, беруть проби, які поміщають у фарфорову чашку й перемішують, не допускаючи утворення повітряних бульбашок у товщі матеріалу.

Потім підготовлене мастило щільно вкладають шпателем у ковпачок, стежачи, щоб у матеріал не потрапили повітряні бульбашки. Заповнений мастилом ковпачок старанно витирають і встановлюють у гільзу термометра; верхній край ковпачка повинен прилягати до бортика гільзи. Після цього необхідно з нижнього отвору ковпачка забрати шпателем витиснуте мастило.

Термометр з ковпачком, наповненим досліджуваним матеріалом, за допомогою корка закріплюють у пробірці, щоб нижній край ковпачка розташовувався на відстані 25 мм від дна. Пробірку поміщають у скляній термостійкій посудині, встановленій на нагрівнику 1; дно пробірки повинно бути на відстані 10...20 мм від дна посудини.

Для визначення температури крапання, що не перевищує 80 °С, у термостійку посудину наливають дистильовану воду, а для вищих температур крапання – вазелінову медичну оливу або гліцерин, рівень яких від дна посудини після занурення пробірки з приладом повинен становити 120...150 мм.

Рідину в посудині нагрівають газовим або електричним нагрівником, періодично помішуючи мішалкою 8. Інтенсивність нагрівання, починаючи з температури, що на 20°С нижча від очікуваного значення температури крапання, повинна становити 1°С/хв.

За температуру крапання досліджуваного мастила приймають температуру, за якої падає перша крапля або торкається дна пробірки стовпчик мастила, що виступає з отвору ковпачка.

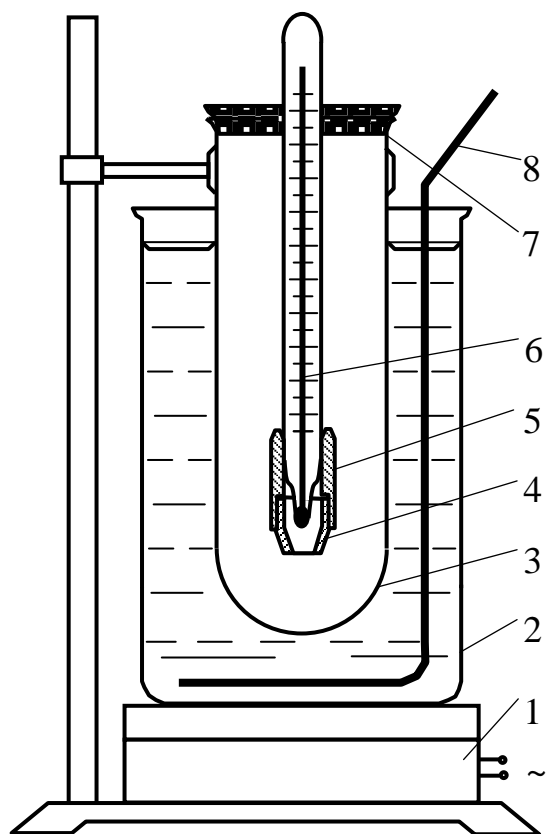


Рис. 60. Схема обладнання для визначення температури крапання мастил:

- 1 – нагрівник; 2 – термостійкий посуд; 3 – пробірка; 4 – ковпачок; 5 – гільза термометра; 6 – термометр; 7 – корок; 8 – мішалка.

Дослідження проводять з трикратною повторністю, кожен раз заповнюючи ковпачок приладу новою порцією мастила. Допустиме розходження між результатами послідовних вимірювань температури крапання, яка не перевищує 100 °С, – до 1 °С, а понад 100 °С – до 2 °С.

Робота № 45. ВИЗНАЧЕННЯ МАСОВОЇ ЧАСТКИ МЕХАНІЧНИХ ДОМІШОК У МАСТИЛІ

Загальні відомості. Мастила надходять з нафтопереробних заводів, як правило, в бочках і барабанах масою 80...170 кг. На місцях споживання їх перекладають у дрібнішу тару (солідолонагнітачі, шприци тощо), що часто супроводжується забрудненням механічними домішками.

Вміст домішок абразивного характеру в мастилах не допускається. Наявність домішок у мастилах свідчить про порушення правил їх транспортування і зберігання. Під час змашування вузлів автотракторної техніки очистка мастил не передбачена, тому абразивні механічні домішки сприяють прискореному спрацюванню деталей і скороченню терміну їх служби.

Якісно вміст механічних домішок у мастилах визначають найпростішими методами: на просвічування і пробою на скло. Кількісно вміст нерозчинних механічних домішок визначають лабораторним методом. Метод полягає в екстрагуванні досліджуваного мастила спиртотолуольною сумішшю з наступною обробкою осаду дистильованою водою, висушуванні і визначенні маси механічних домішок за допомогою аналітичної ваги.

Методика виконання роботи. Перед проведенням випробувань з паперового фільтра виготовляють спеціальний патрон до екстрактора апарата Сокслета. Для цього з фільтра «Біла стрічка» вирізають прямокутник зі сторонами 100×110 мм, складають його навпіл вздовж короткої сторони і згортають у вигляді трубки діаметром, що відповідає діаметру склянки, в якій зважують патрон. Краї трубки зшивають внапуск білою ниткою.

Для отримання патрона зі закритим дном відгинають внутрішній шар трубки в бік шва.

Підготовлений патрон кладуть у лійку і змочують спочатку 40...50 см³ етилового спирту-ректифікату, нагрітого до температури 60...70 °С, а потім 50 см³ дистильованої води. Патрон розміщують у склянці для зважування і, не закриваючи кришку, сушать його в сушильній шафі за температури 105...110 °С впродовж 2 год. Після цього склянку закривають кришкою, охолоджують в ексикаторі і зважують на

аналітичній вазі з похибкою не більше ніж 0,0002 г. Склянку з патроном доводять до постійної маси.

У колбу 1 місткістю 500 см³ апарата Сокслета (рис. 61) наливають необхідну кількість спиртотолуольного розчинника (суміші у пропорції 1:4), екстрактор 3 з'єднують з колбою і встановлюють на холодний колбонагрівник 6.

З ретельно перемішаної лабораторної проби беруть 1,5...2 г досліджуваного мастила, вкладають його в паперовий патрон і зважують у склянці з похибкою, що не перевищує 0,0002 г.

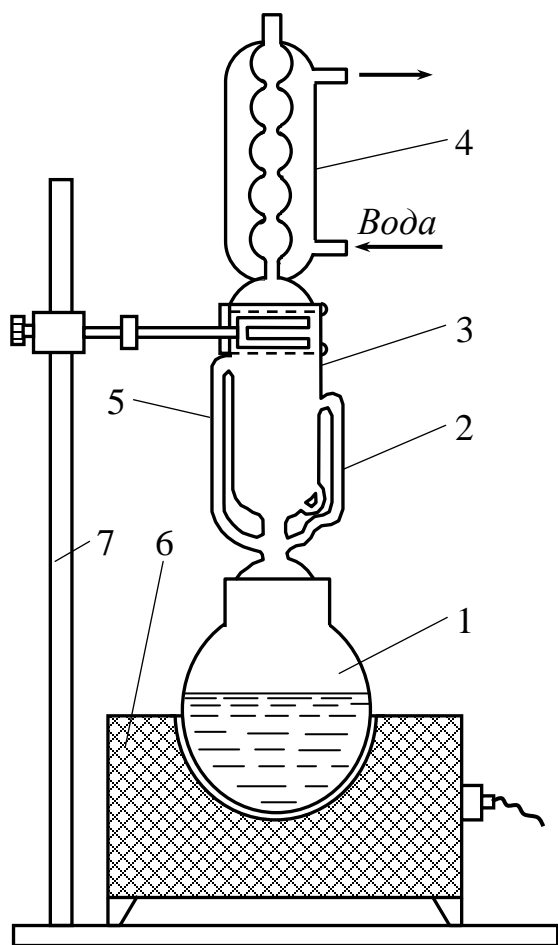


Рис. 61. Апарат Сокслета:

1 – колба; 2 – сифонна трубка; 3 – екстрактор; 4 – зворотний холодильник; 5 – відвідна трубка; 6 – колбонагрівник; 7 – штатив.

Потім вміст склянки кип'ятять на електричній плитці впродовж 5 хв і замінюють гарячу воду. Вказані операції виконують 3–4 рази. Завершення розчинення механічних домішок водою перевіряють таким чином: у склянку закачують декілька крапель етилового спирту. Якщо при цьому вода залишається прозорою, то розчинення закінчують. У разі

Встановлюють патрон з мастилом на підставку, опускають її разом з патроном в екстрактор апарата Сокслета і патрон заповнюють гарячим толуолом. Після цього до екстрактора приєднують холодильник 4, вмикають подачу води та живлення колбонагрівника.

Інтенсивність нагрівання колби витримують такою, щоб конденсат стікав з холодильника із швидкістю 3...5 крапель за секунду. Досліджуване мастило в патроні розчиняють до повного знебарвлення розчину в екстракторі та стінок паперового патрона.

Після того як розчин з екстрактора стече в колбу, вимикають нагрівник, холодильник від'єднують від екстрактора, виймають з нього підставку з патроном. Патрон кладуть у лійку, закріплену у штативі над склянкою або колбою.

Після повного стікання розчинника з патрона, підставку разом з патроном кладуть у склянку з гарячою (80...90 °С) дистильованою водою.

помутніння вміст склянки оброблюють киплячою водою ще 1-2 рази. Після цього виймають патрон з підставки, кладуть його в лійку і додатково промивають гарячою дистильованою водою за допомогою промивної склянки.

Патрон виймають з лійки і кладуть у склянку, в якій його зважували до екстрагування. Склянку встановлюють у сушильну шафу і сушать за температури 105...110 °С впродовж 2 год, потім закривають кришкою і переносять в ексікатор.

Після охолодження склянку з патроном знову зважують з похибкою, що не перевищує 0,0002 г, і доводять до постійної маси.

Обробка результатів. Масову частку механічних домішок X , %, у досліджуваному мастилі підраховують за формулою

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m} 100, \quad (91)$$

де m_1 і m_2 – відповідно маси склянки з патроном після і до екстрагування, г; m – маса досліджуваного мастила, г.

Якщо масова частка механічних домішок досліджуваного мастила менша або рівна 0,02 %, то вважають, що вони відсутні.

Робота № 46. ВИЗНАЧЕННЯ В'ЯЗКОСТІ МАСТИЛА

Загальні відомості. Важлива властивість всіх нафтопродуктівзокрема й мастил – в'язкість (внутрішнє тертя), тобто властивість речовини протидіяти переміщенню частинок під впливом сили, що діє на них.

Порівнюючи поняття в'язкості рідких олив і мастил, необхідно мати на увазі, що, якщо напруження зсуву під час роботи мастила досягає значення, яке перевищує межу міцності, воно починає текти як рідка олива. Текучість мастила (пластично-аномально-в'язкої речовини) оцінюють показником в'язкості.

В'язкість рідких олив не залежить від швидкості відносного переміщення її шарів. Якщо збільшити цю швидкість за постійної температури, то пропорційно збільшиться й опір зсуву, а в'язкість не зміниться.

У мастилах ці явища відбуваються інакше. Зі зміною швидкості відносного переміщення шарів мастила змінюється не лише опір зсуву, а й в'язкість. Таким чином, в'язкість мастил за постійної температури є величиною змінною і залежить від швидкості відносного зсуву її шарів. Чим більша швидкість зсуву, тим менше значення в'язкості мастила.

В'язкість мастила $\bar{\eta}_T^D$, Па·с, при заданій швидкості зсуву і температурі – величина постійна; називається вона ефективною в'язкістю. Ефек-

тивну в'язкість мастила при заданій температурі в певний момент часу визначають за формулою

$$\bar{\eta}_T^D = \bar{\tau} / \bar{D}, \quad (92)$$

де $\bar{\tau}$ – напруження зсуву, Па; \bar{D} – середня швидкість деформації зсуву або градієнт швидкості, с^{-1} .

Швидкість деформації зсуву мастила прямо пропорційна швидкості відносного переміщення шарів і обернено пропорційна відстані між шарами. Чим менша відстань між шарами, тим більша швидкість зсуву.

За методиками ASTM, FTMS, IP, DIN вязкість мастил визначають за допомогою приладу SOD (метод ASTM D 1092).

Суть визначення в'язкості мастила (ГОСТ 7163) полягає у проштовхуванні мастила під певним тиском через капілярну трубку і замірі напруження та деформації зсуву шарів мастила.

Значення в'язкості мастила впливає на його прокачуваність уздовж трубопроводів, затрати енергії на тертя у вузлах і механізмах під час мащення, пускові характеристики механізмів, визначає можливість подачі і заправки мастила у вузли тертя при низьких температурах тощо.

В'язкість мастил визначають за допомогою автоматичного віскозиметра конструкції А. А. Константинова, Т. В. Виноградова і В. В. Синіцина.

Методика виконання роботи. Автоматичний капілярний віскозиметр АКВ-4 (рис. 62) містить капіляр 1, який з'єднаний з камерою 3 за допомогою накидної гайки 2. Камера 3 з'єднується з втулкою 6, через яку проходить шток 4. Шток призначений для видавлювання нафтопродуктів під час випробувань.

На шток 4 діє пружина 14, яка опирається на нього нижнім кінцем через текстолітову муфту 8 і кульку 7. Верхній кінець пружини впирається у втулку 16.

Для стискання пружини перед дослідом слугує гвинт 18, який утримується від провертання шпонкою 20. Для захоплення муфти 8 слугує цанга 9, вкручена у нижній кінець гвинта 18.

Для попередження вислизання штифта 10 з цанги під час стискання пружини слугує втулка 11, яка на початку досліду за допомогою стрижня 13 і шпильки 12 переміщується уверх і звільнює цангу. Штифт 10 при цьому може вислизнути з цанги під дією стиснутої пружини. Втулка 11 піднімається ексцентриком 17. Зі штоком 4 з'єднаний тримач олівця 25 самописа. Тримач може переміщуватись у вертикальній площині разом зі штоком і олівцем та відзначати положення штока на аркуші паперу, закріпленому на барабані 24.

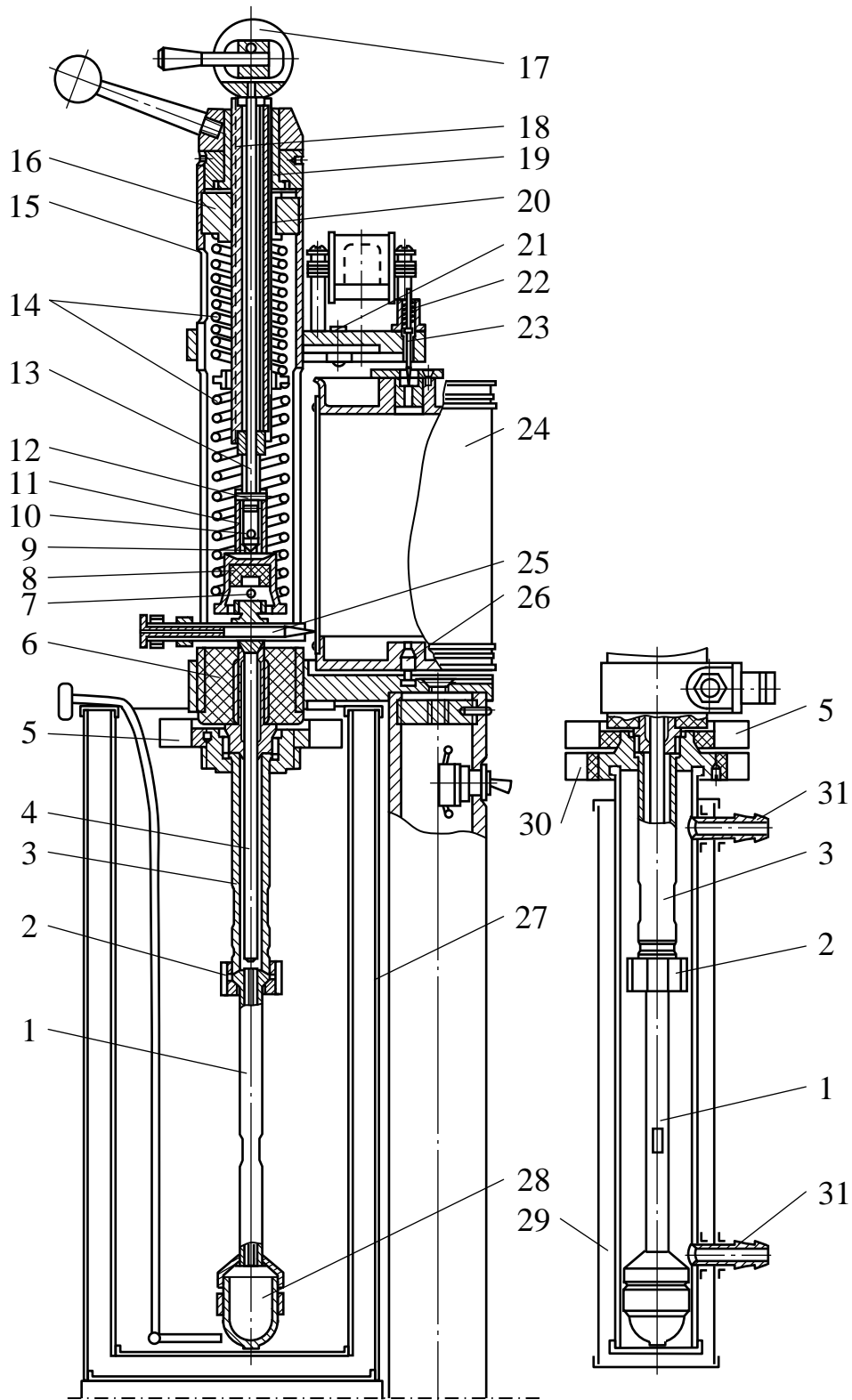


Рис. 62. Капілярний віскозиметр АКВ-4:

1 – капіляр; 2 – накидна гайка; 3 – камера; 4 – шток; 5 – гайка; 6 – втулка; 7 – кулька; 8 – текстолітова муфта; 9 – цанга; 10 – штифт; 11 – втулка; 12 – шпилька; 13 – стрижень; 14 – пружина; 15 – труба; 16 – упорна втулка; 17 – ексцентрик; 18 – гвинт; 19 – гайка; 20 – шпонка; 21 – регулювальний гвинт; 22 – пружина для усунення осевого зазора; 23 і 26 – осі барабана; 24 – барабан; 25 – тримач олівця; 27 – відкрита термостатуюча посудина; 28 – приймач; 29 – термостатуючий циліндр; 30 – гайка кріплення; 31 – штуцер.

Барабан, закріплений на осях 23 і 26, обладнаний синхронним приводом.

Циліндр 29 із теплоносієм кріпиться до гайки 5 гайкою 30. Через штуцер 31 за допомогою гумових шлангів, циліндр 29 приєднаний до циркуляційного термостата ТС-15. Для проведення випробувань при від'ємних температурах слугує відкрита посудина 27 з ручною мішалкою.

Мастило, що витискається з капіляра 1, збирається у приймачі 28, що захищає теплоносій від забруднення.

Перевіряють і, якщо необхідно, промивають бензином-розчинником камеру віскозиметра, потім наповнюють її досліджуваним мастилом, попередньо профільтрувавши через дротяну сітку № 0125к, 014к або 016к. Заповнення здійснюють за допомогою заправного пристосування, або шпателем, вмазуючи мастило з одного кінця до повного заповнення камери і стежачи за тим, щоб у камері не залишалося бульбашок повітря.

Після цього підтягують догори шток 4 і стискають пружину за допомогою гайки, гвинта, цанги і ексцентрика. Приєднують камеру з мастилом через прокладку до втулки 6 віскозиметра. Далі до нижнього торця камери приєднують капіляр. На капіляр знизу накручують приймач для збору мастила.

Надівають циліндр 29, наливають у термостат дистильовану воду і вмикають циркуляцію. Камеру з мастилом витримують при температурі випробування не менше ніж 15...20 хв.

Аркуш міліметрового паперу розміром 115×300 мм закріплюють на барабані самописа за допомогою двох гумових кілець таким чином, щоб нижній обріз аркуша торкався нижнього бортика барабана.

Встановлюють тримач олівця так, щоб графіт щільно притискався до паперу на барабані і вмикають привідний електродвигун барабана (ручку перемикача переводять у нижнє положення). Під час обертання барабана олівець викреслює на папері горизонтальну лінію на рівні, що відповідає максимальному стиску пружини.

Потім за допомогою важеля ексцентрика звільнюють від фіксації пружину, що навантажує шток, і під її зусиллям він опускається, створюючи в камері тиск, під дією якого мастило продавлюється з камери через капіляр у приймач.

Разом із розтискуванням пружини віскозиметра самопис викреслює на папері криву лінію. Коли крива наблизиться до горизонталі, швидкість обертання барабана перемикають на меншу.

Після того як шток досягне крайнього нижнього положення, зупиняють двигун самописа поворотом ручки перемикача вгору.

На листі паперу самописа отримаємо криву лінію (діаграму), яка характеризує залежність переміщення штока h від часу t .

Обробка результатів. Для того щоб визначити ефективну в'язкість досліджуваного мастила, на отриманій діаграмі відзначають будь-яку точку, проводять через неї дотичну до кривої і вимірюють кут нахилу α за допомогою прозорого транспортира (рис. 63). Потім для заданої точки, вираховавши значення напруження зсуву τ , середню швидкість деформації зсуву \bar{D} , визначають значення ефективної в'язкості $\bar{\eta}_T^{\bar{D}}$.

У зв'язку з тим, що зусилля пружини в процесі розтискання зменшується, то відповідно змінюється і швидкість деформації зсуву мастила, і граничне напруження зсуву, тому за дослід можна отримати серію значень в'язкостей, що відповідають різним значенням напруження зсуву, тобто $\bar{\eta}_T^{\bar{D}} = f(\bar{D})$.

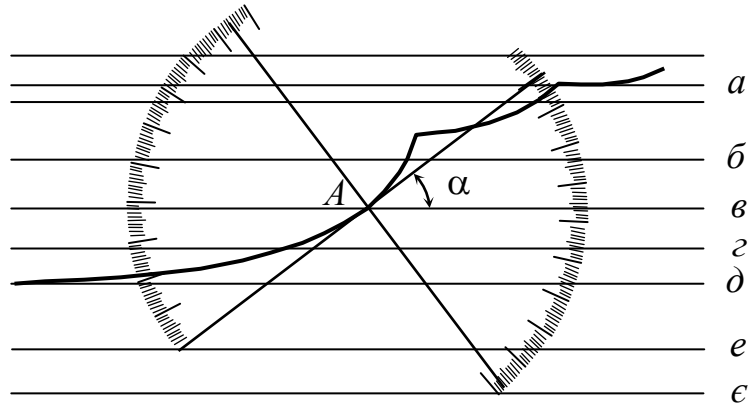


Рис. 63. Вимірювання кута нахилу α за допомогою прозорого транспортира.

Для побудови цієї залежності на експериментальній кривій відзначають 5...8 довільних точок і для них також обчислюють значення напруження зсуву τ , швидкості деформації \bar{D} і в'язкості $\bar{\eta}_T^{\bar{D}}$.

Усі розрахунки з обробки отриманих експериментальних даних ведуть у такій послідовності.

Напруження зсуву τ , дин/см², на стінці капіляра визначають за формулою

$$\tau = 9,81 \cdot 10^5 PR / (2L) = K_1 P, \quad (93)$$

де P – тиск у камері, за якого відбувається витікання мастила через капіляр у певний момент часу, Па; R і L – радіус і довжина капіляра, м.

Тиск P знаходять за тарувальною кривою пружини, яка додається до віскозиметра:

$$K_1 = 9,81 \cdot 10^5 R / (2L),$$

де K_1 – сталий коефіцієнт, який залежить від розмірів капіляра.

Коефіцієнт K_1 можна підрахувати завчасно, оскільки розміри капіляра приладу відомі.

Середню швидкість деформації зсуву або градієнт швидкості \bar{D} (с⁻¹) досліджуваного мастила у визначений момент часу t знаходять за формулою

$$\bar{D} = 4Q/\pi R^3, \quad (94)$$

де Q – витрата мастила у визначений момент часу, м³/с.

$$Q = \pi R_1^2 (dh/dt),$$

де R_1 – радіус штока, м; dh/dt – швидкість переміщення штока у визначений момент часу, м/с.

$$dh/dt = W \operatorname{tg} \alpha,$$

де W – швидкість переміщення паперу на барабані самописа, м/с (вказується у паспорті віскозиметра); α – кут нахилу дотичної до кривої, накресленої самописом під час випробування і проведеної у точці, яка відповідає визначеному моменту часу, град (знаходять за допомогою прозорого транспортира).

Після підстановки відповідних величин формула (94) набуде остаточного вигляду

$$\bar{D} = \frac{4R_1^2}{R^3} W \operatorname{tg} \alpha = K_2 \operatorname{tg} \alpha. \quad (95)$$

Для даного капіляра і даної лінійної швидкості значення коефіцієнта K_2 буде величиною постійною і може бути також підраховане завчасно:

$$K_2 = 4R_1^2 / R^3.$$

За вирахуваними значеннями τ і \bar{D} для всіх вибраних точок на експериментальній кривій підраховують значення ефективної в'язкості $\bar{\eta}_T^{\bar{D}}$ досліджуваного мастила за формулою (92).

Для того щоб визначити ефективну в'язкість $\bar{\eta}_T^{\bar{D}}$ досліджуваного мастила при будь-якій швидкості деформації зсуву \bar{D} , усі розрахунки для вибраних точок зводять у таблицю і будують графічну залежність в'язкості від швидкості деформації зсуву в логарифмічних координатах. Уздовж осі абсцис відкладають логарифми середньої швидкості деформації зсуву $\lg \bar{D}$, а вздовж осі ординат – логарифми ефективної в'язкості $\lg \bar{\eta}_T^{\bar{D}}$.

Форма запису результатів випробування

Точки, вибрані на експериментальній кривій	P , Па	τ , Па	$\lg \tau$	α	\bar{D} , с ⁻¹	$\lg \bar{D}$	$\bar{\eta}_T^{\bar{D}}$, Па·с	$\lg \bar{\eta}_T^{\bar{D}}$
<i>a</i>								
<i>б</i>								
<i>в</i>								
і т.д.								

РОЗДІЛ 6 ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТЕХНІЧНИХ РІДИН

Робота № 47. ВИЗНАЧЕННЯ ТВЕРДОСТІ ВОДИ ТА ЇЇ ПОМ'ЯКШЕННЯ

Загальні відомості. Вода, яка використовується в системах охолодження двигунів внутрішнього згорання та котлах теплосилових установок, не повинна викликати корозії металів і утворювати накип на внутрішніх стінках котлів, сорочок охолодження і радіаторів двигунів.

Накип, маючи низьку теплопровідність, погіршує відведення теплоти від стінок двигуна, порушуючи його тепловий режим. Це призводить до перевитрати палива, оливи та зменшення потужності.

Інтенсивність утворення накипу залежить від вмісту у воді розчинених іонів кальцію (Ca^{2+}) і магнію (Mg^{2+}), які характеризують її твердість.

Загальну твердість води формують тимчасова (карбонатна), створювана бікарбонатами кальцію $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ і магнію $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, і постійна (некарбонатна), створювана хлоридами, сульфатами і нітратами тих самих металів CaCl_2 , CaSO_4 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgCl_2 , MgSO_4 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$. В Україні Держстандартом одиницею твердості води прийнято моль-еквівалент на кубічний метр (моль-екв/м³), що відповідає масовій концентрації еквівалентів іонів кальцію ($1/2 \text{Ca}^{2+}$) 20,04 г/м³ та іонів магнію ($1/2 \text{Mg}^{2+}$) 12,153 г/м³. Числове значення твердості, виражене в моль-еквівалентах на кубічний метр, дорівнює числовому значенню твердості, вираженому в міліграм-еквівалентах на літр (чи кубічний дециметр), тобто $1 \text{ моль-екв/м}^3 = 1 \text{ ммоль-екв/л} = 1 \text{ мг-екв/л} = 1 \text{ мг-екв/дм}^3$.

Воду, яка має твердість до 1,5 ммоль-екв/л, вважають дуже м'якою, до 3 ммоль-екв/л – м'якою, від 3 до 6 – середньої твердості, від 6 до 9 – твердою, понад 9 ммоль-екв/л – дуже твердою. Застосування в системі охолодження твердої води небажане, дуже твердої – недопустиме. Тверда вода перед використанням у системах охолодження підлягає пом'якшенню.

Методика виконання роботи. Визначення тимчасової (карбонатної) твердості води. Суть методу визначення тимчасової твердості води полягає у переведенні бікарбонатів кальцію і магнію, що містяться у досліджуваній воді, у хлористі сполуки титруванням 0,1 н розчином соляної кислоти. У результаті дії соляної кислоти бікарбонати переходять у хлориди тих самих металів.

Для визначення тимчасової твердості T_T у конічну колбу наливають 100 см³ досліджуваної води, додають дві-три краплі 0,1 %-го розчину ін-

дикатора метилоранжу, титрують 0,1 н розчином соляної кислоти до появи слаборожевого забарвлення і кип'ятять упродовж 3 хв.

У результаті кип'ятіння забарвлення розчину може змінитись на жовте. У цьому разі в колбу знову додають 0,1 н розчин соляної кислоти до появи слаборожевого забарвлення і кип'ятять ще 2 хв.

Тимчасову твердість T_T , ммоль-екв/л, води обчислюють за формулою

$$T_T = \frac{V \cdot N}{V_1} 1000, \quad (96)$$

де V – об'єм розчину соляної кислоти, витраченої на титрування досліджуваної води, см³; N – нормальність розчину соляної кислоти; V_1 – об'єм води, відібраної для дослідження, см³.

Визначення загальної твердості води. Існує декілька способів визначення загальної твердості води. Найпростіший – це лужний метод, суть якого полягає у переведенні за допомогою лужного розчину солей твердості, які містяться в досліджуваній воді, у малорозчинні карбонат кальцію і гідроксид магнію.

Для приготування лужного розчину перемішують однакові об'єми 0,1 н розчинів карбонату натрію Na_2CO_3 і їдкого натру NaOH .

Під дією лужного розчину солі некарбонатної твердості досліджуваної води, попередньо відтитрованої розчином соляної кислоти, перетворюються на малорозчинні сполуки і випадають в осад.

Під час визначення загальної твердості в конічну колбу наливають 100 см³ досліджуваної води і титрують її розчином 0,1 н соляної кислоти за наявності двох-трьох крапель індикатора метилового оранжевого до появи слаборожевого забарвлення. Пізніше розчин кип'ятять упродовж 3 хв з метою видалення з проби води вуглекислого газу CO_2 . У разі появи під час кип'ятіння жовтого забарвлення воду додатково титрують тим самим розчином соляної кислоти до слаборожевого забарвлення. Після цього у киплячу воду за допомогою бюретки наливають 20 см³ лужної суміші і розчин продовжують кип'ятити ще протягом 3...5 хв для повного осадження солей кальцію і магнію.

Після кип'ятіння воду охолоджують і переливають у мірну колбу місткістю 200 см³. Осад, який залишився на стінках конічної колби, змивають дистильованою водою за допомогою промивальної склянки у мірну колбу.

Об'єм води в мірній колбі доводять дистильованою водою до позначки, ретельно перемішують вміст і потім осад відфільтровують.

За допомогою піпетки або мірного циліндра відмірюють 100 см³ фільтрату, виливають його у чисту і суху конічну колбу, додають тричотири краплі індикатора метилоранжу і титрують розчином 0,1 н соля-

ної кислоти до слаборожевого забарвлення. Під час титрування нейтралізується надлишок лужної суміші, яка була добавлена до проби води і не вступила в реакцію.

Загальну твердість T_3 досліджуваної води визначають за формулою

$$T_3 = V_1 - 2 V, \quad (97)$$

де V – об'єм розчину 0,1 н соляної кислоти, витраченої на нейтралізацію надлишкової лужної суміші, см^3 ; V_1 – об'єм розчину лужної суміші, використаної для осадження солей твердості, см^3 ; 2 – коефіцієнт, який враховує те, що із загального об'єму розчину води з лужною сумішшю на титрування використана лише половина.

Пом'якшення твердої води. Для використання води у технічних цілях (зокрема і для двигунів внутрішнього згорання), її пом'якшують різними способами: простим кип'ятінням, перегонкою, переведенням солей твердості в осад за допомогою хімічних реактивів (содою, вапном, тринатрійфосфатомтощо), фільтруванням води через пермутитові і глауконітові фільтри, магнітною обробкою води тощо.

Пом'якшення води кип'ятінням. У хімічну склянку наливають 200 см^3 води і кип'ятять 30 хв на електричній плитці.

У процесі кип'ятіння відбувається розкладання карбонатів і бікарбонатів кальцію і магнію, випадання їх частини в осад та випаровування. Після кип'ятіння склянку з досліджуваною водою охолоджують, а утворений осад відфільтровують через паперовий фільтр «Синя стрічка».

Потім фільтрат піддають аналізу і визначають його тимчасову T_T^Φ та загальну T_3^Φ твердість.

Зміну твердості води ΔT_T^Φ і ΔT_3^Φ в результаті кип'ятіння визначають за такими формулами:

$$\Delta T_T^\Phi = T_T - T_T^\Phi; \quad (98)$$

$$\Delta T_3^\Phi = T_3 - T_3^\Phi, \quad (99)$$

де T_T і T_3 – відповідно тимчасова і загальна твердість води до кип'ятіння; ΔT_T^Φ і ΔT_3^Φ – відповідно тимчасова і загальна твердість води після кип'ятіння.

Пом'якшення твердої води содою Na_2CO_3 і тринатрійфосфатом Na_3PO_4 . Після додавання до твердої води Na_2CO_3 або Na_3PO_4 проходять реакції, в результаті яких солі твердості перетворюються на нерозчинні солі кальцію і магнію, які випадають в осад. Вода стає м'якшою.

Роботу з пом'якшення води виконують у такій послідовності.

Спочатку підраховують необхідну для пом'якшення води кількість A , см^3 , реагентів (пом'якшувачів) за формулами:

- для соди

$$A = 53 T_3 V/T; \quad (100)$$

- для тринатрійфосфату

$$A = 55 T_3 V/T, \quad (101)$$

де T_3 – загальна твердість води, яка підлягає пом'якшенню, ммоль-екв/л; V – об'єм води, яку необхідно пом'якшити, л; T – концентрація реагенту, ммоль/см³ розчину; 53 і 55 – ммоль-екв NaCO_3 і Na_3PO_4 .

У дві хімічні склянки наливають по 100 см³ води. Потім в одну з них додають за допомогою бюретки розраховану кількість пом'якшувача, що містить соду, в іншу – тринатрійфосфат.

Для прискорення реакцій склянки встановлюють на електричну плитку, нагрівають і кип'ятять розчин зі содовим пом'якшувачем протягом 5...8 хв, з тринатрійфосфатом – 10...15 хв.

Після кип'ятіння склянки охолоджують, а вміст їх фільтрують через паперові фільтри «Синя стрічка».

У зв'язку з тим, що сода і тринатрійфосфат повністю видаляють солі тимчасової твердості, після пом'якшення визначають лише загальну твердість води.

Пом'якшення твердої води глауконітом (катіонітом). Суть цього методу полягає в пропусканні води крізь шар дрібнозернистого глауконіту (умовне позначення Na_2R).

Оскільки глауконіт здатний за рахунок обмінної реакції добувати з води іони кальцію і магнію і замінювати їх іонами натрію, то у результаті такого пом'якшення у воді зменшується вміст кальцію і вона стає м'якою. Залишкова твердість води в такому разі зазвичай не перевищує 0,05 ммоль-екв/л.

На якість пом'якшення впливає початкова твердість досліджуваної води, висота шару катіоніту у фільтрі, його активність, а також швидкість пропускання води через фільтр.

Для пом'якшення проби води в бюретку насипають шар катіоніту (глауконіту) висотою 300...400 мм і крізь нього повільно пропускають приблизно 100 см³ води невеликими порціями. Швидкість витікання води через нижній отвір бюретки має бути не більшою 2 см³/хв. За такої швидкості фільтрування вода достатній час контактує з пом'якшувачем і обмінні реакції повністю завершуються.

Для перевірки якості пом'якшення води перші 10...20 см³ відкидають, потім відбирають пробу для визначення тимчасової і загальної твердості.

Після закінчення робочого циклу фільтра-пом'якшувача (зазвичай не менше 6 год) відпрацьований глауконіт регенерують пропусканням крізь нього 5...10 %-го розчину хлористого натрію. Після цього його обмінна здатність відновлюється.

Робота № 48. ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ НИЗЬКОЗАМЕРЗАЮЧИХ ОХОЛОДЖУВАЛЬНИХ РІДИН

Загальні відомості. Під час експлуатації тракторів і автомобілів з рідинною системою охолодження доцільно застосовувати рідини, які мають низькі температури замерзання – етиленгліколеві антифризи. Етиленгліколь $C_2H_4(OH)_2$ – прозора безколірна в'язка рідина без запаху. Добре змішується з водою у будь-яких співвідношеннях, густина при $20\text{ }^\circ\text{C}$ становить 1113 кг/м^3 , замерзає при мінус $11,5\text{ }^\circ\text{C}$. Проте в результаті змішування етиленгліколю з водою температура застигання суміші нижча, ніж кожного з компонентів (рис. 64). У результаті змішування етиленгліколю з водою в різних співвідношеннях можна отримати суміші, які замерзають від 0 до мінус $70...75\text{ }^\circ\text{C}$.

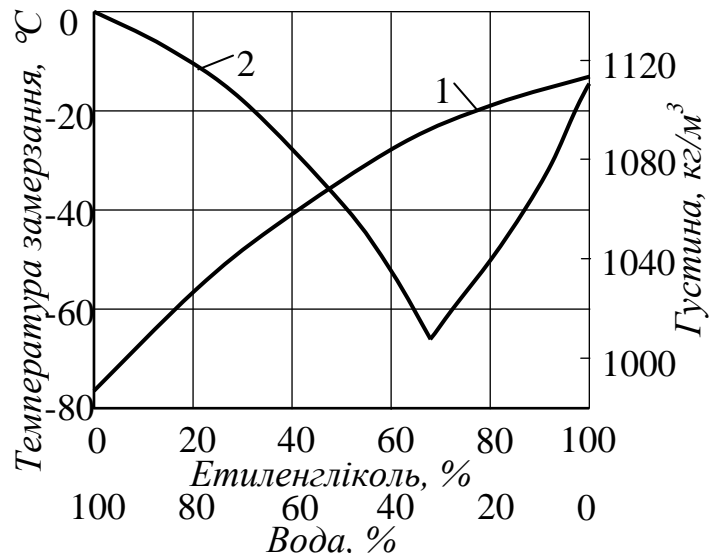


Рис. 64. Криві густини (1) і кристалізації (2) водоетиленгліколевих сумішей.

У зв'язку з тим, що етиленгліколь і вода мають різні густини, під час їх змішування в різних співвідношеннях змінюється густина антифризу. За густиною антифризу можна робити висновок про його температуру замерзання.

На ринку України представлена широка гама вітчизняних антифризів марок 40, 65, концентрату марки 40к та закордонних (табл. 22).

Таблиця 22. Низькозамерзаючі охолоджувальні рідини

Показник	40	65	Navoline	BP Anti-freeze
Колір	світло-жовтий	оранжевий	голубий	голубий
Густина при $20\text{ }^\circ\text{C}$, кг/м^3	1067...1072	1085...1090	1110	1127
Склад, % маси				
етиленгліколь, не менше	52	64	45	50
вода, не більше	47	35	55	50
Температура замерзання, $^\circ\text{C}$, не вище	-40	-65	-34	-35
Температура застосування, $^\circ\text{C}$	-40...+95	-60...+95	-34...+108	-35...+129

Етиленгліколі здатні викликати корозію внутрішньої поверхні систем охолодження, тому до них додають антикорозійні присадки (декстрин, динатрійфосфат, молібденокислий натрій). Декстрин – це вуглевод типу крохмалю, його вводять в антифриз у кількості 1 г/л. Він захищає від корозії мідь, алюміній, свинцево-олов'яний припій. Деяка частина декстрину (5...10 %) не розчиняється в антифризі і перебуває в ньому у вигляді колоїду. Від цього антифриз стає дещо мутним. Під час зберігання декстрин може випасти в осад, тоді антифриз стає прозорішим. В обох випадках він придатний до використання.

Динатрійфосфат, якого вводять у кількості 2,5...3,5 г/л, захищає від корозійного руйнування сталі, чавунні і частково мідні деталі.

Молібденокислий натрій, вміст якого становить 7...8 г/л, попереджує корозію цинкових і хромових покриттів.

Використовують також низькозамерзаючу рідину Тосол (табл. 23), яку виготовляють трьох марок: Тосол АМ, Тосол А-40М, Тосол А-65М. Тосол використовують всесезонно. До нього додають антикорозійні і антипінні присадки.

Таблиця 23. Характеристика низькозамерзаючих рідин Тосол

Показник	Тосол АМ	Тосол А-40М	Тосол А-65М
Колір	голубий		червоний
Густина при 20 °С, кг/м ³	1120...1140	1078...1085	1085...1095
Температура кипіння, °С, не нижче	170	108	115
Температура кристалізації, °С, не вище	-35	-40	-65

Етиленгліколеві охолоджувальні рідини – сильні отрути, тому з ними слід працювати обережно.

Методика виконання роботи. Склад антифризу визначають гідрометром, який дає змогу встановити вміст етиленгліколю в антифризі і температуру його замерзання. Гідрометр (рис. 65) – це ареометр, обладнаний замість шкали густини подвійною шкалою вмісту етиленгліколю і температури замерзання. Під час проведення досліду температура антифризу повинна бути 20 °С, для чого антифриз витримують у водяній бані протягом 15 хв, попередньо наливши у мірний циліндр.

Обережно опускають гідрометр у циліндр з антифризом. Після того, як гідрометр перестав коливатись, за верхнім меніском відзначають на шкалі співвідношення компонентів антифризу і температуру замерзання. Якщо визначення складу антифризу відбувалось не при 20 °С, то у покази гідрометра вносять поправку (табл. 24).

У першій графі таблиці знаходять температуру, при якій відбувався дослід, а вздовж горизонтального рядка – покази гідрометра при тій же температурі. Потім у тому ж стовпчику, але в рядку, який відповідає 20 °С, знаходять справжній вміст етиленгліколю в антифризі. Якщо в таблиці відсутні значення температури і показів гідрометра, вдаються до інтерполяції. Після того як встановлений справжній склад антифризу, за шкалою гідрометра визначають температуру його замерзання.

У тому разі, коли склад антифризу не відповідає нормам, готують суміш вимогливої якості. Необхідну добавку води або етиленгліколю під час коректування антифризу підраховують за формулами:

- у випадку додавання етиленгліколю

$$M = \frac{a - b}{b} H; \quad (102)$$

- у випадку додавання води

$$M = \frac{c - d}{d} H, \quad (103)$$

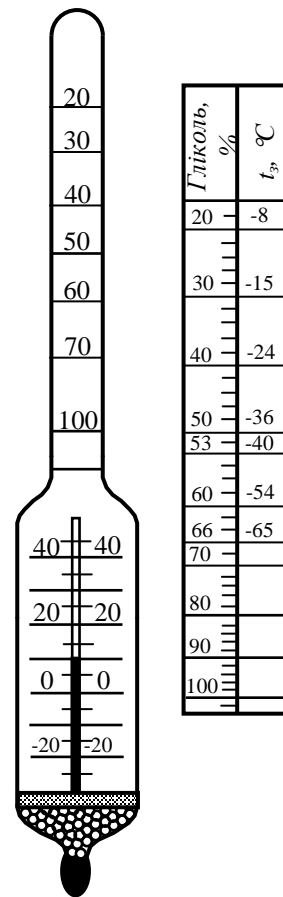


Рис. 65. Гідрометр і його шкала.

де M – об’єм доданого компонента, л; H – об’єм вихідного взірця, л; a і b – відповідно вміст води у вихідному взірці і в заданій суміші, % за об’ємом; c і d – відповідно вміст етиленгліколю у вихідному взірці і в заданій суміші, % за об’ємом.

Таблиця 24. Поправки до показів гідрометра

Температура досліджуваного антифризу, °С	Вміст етиленгліколю, % (за об’ємом)									
30	17	22	27	32	36	41	46	5	55	
20	20	25	30	35	40	45	40	55	60	
15	21	26	32	37	42	47	52	57	63	
10	22	27	33	38	44	49	54	59	65	
0	24	29	29	35	40	47	52	63	69	
-10	26	31	37	43	50	56	62	67	73	

Робота № 49. ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ГАЛЬМІВНИХ РІДИН

Загальні відомості. Усі легкові автомобілі та деякі вантажні обладнуються гальмівною системою з гідравлічним приводом. Надійність та довговічність роботи гідроприводу гальм, а також безпека експлуатації машин суттєво залежать від фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей гальмівних рідин. Гальмівні рідини мають володіти належною прогонною здатністю й мати невелику в'язкість. Для них важливим є кипіння при високій температурі та замерзання – при низькій. Рідини не повинні розшаровуватись; не допускається випадання згустків і осадів. Важливою є їх сумісність з гумовими деталями та металами гідравлічних приводів.

В основному гальмівні рідини одержують на основі рослинних олій (найчастіше рицинової) або гліколей (двохатомних спиртів). До найпоширеніших гальмівних рідин (табл. 25) належать: «Нева», БСК, «Томь», «Роса». Зарубіжними аналогами рідин «Нева» і «Томь» є рідини, що відповідають класифікації DOT-3, а для рідин «Роса» – DOT-4.

Таблиця 25. Характеристика гальмівних рідин

Показник	«Нева»	«Томь»	«Роса»	БСК	DOT-3	DOT-4
Зовнішній вигляд	прозора рідина від світло-жовтого до темно-жовтого кольору без осаду			прозора рідина оранжево-червоного кольору	прозора рідина світло-жовтого кольору	прозора рідина жовтого кольору
Кінематична в'язкість, мм ² /с, при:						
50 °С, не менше	5	5	5	9		
100 °С, не менше	2	2	2	5,5 (70°С)	1,5	1,5
–40 °С, не більше	1500	1500	1700	130 (0°С)	1500	1800
Низькотемпературні властивості: зовнішній вигляд після витримки впродовж 6 год при –50 °С	прозора рідина без розшарування й осаду					
Температура кипіння, °С, не нижче	190	205	260	115	205	230
Водневий показник, рН	7...11,5	7...11,5	7...11,5	≥6		

Гальмівна рідина «Нева» на гліколевій основі найбільш поширена. Призначена для гідравлічних систем приводу гальм та зчеплення більшості легкових і вантажних автомобілів (крім ГАЗ-24 до 1984 р. випуску через несумісність з гумовими ущільненнями гідроприводу гальм). Рідина «Нева» вогненебезпечна, потрапляння на шкіру людини призводить до дерматитів.

Гальмівна рідина ГТЖ-22М виробляється на гліколевій основі. За показниками близька до «Неви», але має гірші антикорозійні та мастильні властивості й підвищену гігроскопічність.

Гальмівна рідина «Томь» – це складна суміш етилкарбітолу, ефірів борної кислоти з в'язкісною та антикорозійною присадками. Має кращі експлуатаційні властивості, ніж «Нева».

Гальмівна рідина «Роса» – високотемпературна гальмівна рідина, що являє собою композицію на основі сполук, що містять бор, з антикорозійною та антиокиснювальною присадками. Працездатна у широкому температурному діапазоні – від -50 до $+50$ °С.

Гальмівна рідина БСК – це суміш рівних частин рицинової оливи і бутанолу з додаванням органічного барвника. Застосовують у вантажних та легкових автомобілях (крім ВАЗ). До недоліків рицинових сумішей належать висока температура їх кристалізації (кристалізація розпочинається при -5 °С й інтенсивно продовжується до -20 °С), що призводить до утворення згустків. Слід оберегти рідину БСК від потрапляння води, оскільки це може призвести до її розшарування.

Рідини «Нева», «Томь», «Роса» сумісні між собою і їх можна змішувати в будь-яких співвідношеннях. Забороняється змішувати вказані рідини з рідиною БСК, оскільки це призводить до розшарування суміші.

Методика виконання роботи. Виконують три визначення.

Визначення марки рідини за кольором. Колір гальмівних рідин вказаний у табл. 25.

Перевірка гальмівних рідин на змішування. Якщо марка гальмівної рідини, яка залита в гальмівну систему, невідома, то роблять пробу на змішування. У пробірку наливають рівну кількість рідини з гальмівної системи і тієї, яку передбачається доливати в систему. Потім рідини збовтують. Якщо відбулось розшарування суміші, то рідини виготовлені на різних основах і доливати рідину у гальмівну систему не можна.

Перевірка взірців рідини на розчинність у воді і бензині. У разі додавання води до рідини БСК вона розшаровується, а гліколеві рідини повністю змішуються з водою. У разі додавання бензину до рицинової рідини вони повністю перемішуються і утворюють однорідну суміш. Гліколеві рідини не змішуються з бензином, отримуються два різнорідних шари.

РОЗДІЛ 7

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ РЕМОНТНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

РОБОТА № 50. ВИЗНАЧЕННЯ УМОВНОЇ В'ЯЗКОСТІ ТА РОЗТІЧНОСТІ ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Загальні відомості. В'язкість лакофарбових матеріалів суттєво впливає на вибір способу фарбування та рівномірність нанесення їх на поверхню. За високої в'язкості утруднюється застосування лакофарбових матеріалів, оскільки вони важко проходять через сопло розпилювача і не можуть бути рівномірно розподілені по поверхні. У разі низької в'язкості лакофарбові матеріали стікають з пофарбованої вертикальної чи нахиленої поверхонь, утворюючи напливи. Кожному типу фарбувального матеріалу відповідає своя робоча в'язкість, за якої отримується найвища якість покриття.

Чинні стандарти й технічні умови нормують значення в'язкості в умовних одиницях, що відображають час витікання, с, певного об'єму рідкого матеріалу через калібрований отвір прийнятого діаметра при 20°C або іншій регламентованій температурі. Найпоширенішими у практиці є два експрес-методи визначення в'язкості. Перший із них (ГОСТ 8420) передбачає визначення умовної в'язкості за допомогою приладу ВЗ-4. Другий метод полягає у вимірюванні часу, с, проходження сталюю кулькою відстані між двома вітками вертикально встановленої скляної трубки віскозиметра, наповненої досліджуваним матеріалом. Також визначають в'язкість за допомогою капілярних (типу Оствальда) або ротаційних (РРЕ-1П, Brookfield, ВСН-3 тощо) віскозиметрів та пластометрів.

Розтічність (розливання) – здатність лакофарбового матеріалу після нанесення його на основу розтікатися з утворенням рівного поверхневого шару. Розрізняють три методи визначення розтічності.

Перший метод застосовують для визначення розтічності лакофарбових матеріалів, що наносяться розпилюванням. У цьому разі розтічність оцінюється величиною шагрені (нерівності) і наявністю підтікання.

Якісну оцінку розтічності проводять за трьома ступенями розтікання.

Перший ступінь – покриття рівне, без видимих слідів шагрені при нанесенні фарборозпилювачем: а) швидка розтічність – лакофарбовий матеріал розтікається не пізніше як за 10 хв; б) сповільнена розтічність –

матеріал розтікається впродовж 10–15 хв; в) повільна розтічність – матеріал не розтікається протягом 15 хв.

Другий ступінь – після 30 хв на покритті видно нечіткі сліди від щітки або несильна шагрень при нанесенні фарборозпилювачем.

Третій ступінь – після 30 хв на покритті видно суттєві сліди від щітки або значна шагрень.

Другий метод полягає у візуальному зіставленні плівки сухого лакофарбового покриття з еталонним зразком. Поверхня плівки лакофарбового матеріалу повинна повністю відповідати поверхні плівки еталона.

Третій метод полягає у вимірюванні на профілографо-профілометрі шагрени плівки лакофарбового матеріалу, який висох, і оцінці за п'ятибальною шкалою. Величина шагрени характеризується висотою і кроком нерівностей.

Методика виконання роботи. Перед визначенням в'язкості досліджуваних матеріалів їх фільтрують через дротяну сітку (не менше ніж 567 отворів на 1 см²) або через подвійний шар марлі для очистки від механічних домішок і згущень.

Віскозиметр типу ВЗ (див. рис. 55) може комплектуватися трьома змінними соплами 2 з діаметром отвору $2\pm 0,012$, $4\pm 0,015$ і $6\pm 0,015$ мм. Діаметр отвору вибирають залежно від консистенції фарби.

В'язкість досліджуваного матеріалу визначають у вихідному (початковому) стані, а також доведеному до робочої консистенції. Для доведення лакофарбового матеріалу до робочої консистенції його розбавляють розчинником. Зважують порції по 100 г матеріалу і відповідного розчинника. Після зважування у матеріал додають розчинник до досягнення в'язкості 18–20 с (для ґрунтовок) і 28–30 с (для фарб) та зважують залишок розчинника.

Перед кожним визначенням умовної в'язкості резервуар 3 віскозиметра ретельно промивають розчинником для заданого матеріалу, а потім висушують повітрям або ополіскують етиловим спиртом. За необхідності сопло віскозиметра ще раз додатково промивають розчинником.

Матеріал ретельно перемішують і відстоюють впродовж 5–10 хв, щоб вийшли бульбашки повітря. Температуру матеріалу доводять до 20 °С.

Порядок підготовки приладу до роботи та методика вимірювання описані у лабораторній роботі № 40.

Для оцінки розтічності на скляну пластинку, розміщену на столі у витяжній шафі під кутом 45°, наносять фарборозпилювачем один шар фарби. Не пізніше, ніж за 30 с пластинку кладуть горизонтально, одночасно вмикають секундомір і стежать за розтічністю лакофарбового матеріалу.

Оцінку розтічності лакофарбового матеріалу здійснити за трьома ступенями, описаними вище (перший метод).

Обробка результатів. Розбавлення X , %, вихідного матеріалу до робочої консистенції визначають за формулою

$$X = \frac{m}{m_1} \cdot 100, \quad (104)$$

де m , m_1 – відповідно маси лакофарбового матеріалу і витраченого для розбавлення розчинника, г.

Умовну в'язкість визначають за формулою (88). За результат досліджень приймають середнє арифметичне значення трьох дослідів.

РОБОТА № 51. ВИЗНАЧЕННЯ МАСОВОЇ ЧАСТКИ НЕЛЕТКИХ РЕЧОВИН У ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛАХ

Загальні відомості. Сучасні лакофарбові матеріали – це складні багатокомпонентні суміші, що складаються з летких (розчинники, розріджувачі) і нелетких (плівкоутворювальні речовини, пігменти, наповнювачі) речовин.

Метод (ГОСТ 17537) визначення вмісту летких і нелетких речовин у лакофарбових матеріалах полягає у нагріванні навіски досліджуваного матеріалу при заданій температурі до постійної маси.

Методика виконання роботи. Прилад для визначення вмісту нелетких речовин у лакофарбових матеріалах (рис. 66) складається з інфрачервоної лампи 1, закріпленої на штативі 2 над столом 4, і огороженої екраном 3 з білої жерсті. Стіл розміром 350×350 мм закритий азбестом, а зверху листом білої жерсті. Висота екрану на 50 мм вища від розташування інфрачервоної лампи; висота лампи над столом – не менше 5 см. У передній стінці екрану 3 є отвір 5 з засувкою 6 для встановлення зразків. Під лампою в центрі розміщують зразок 7, на який кладуть термометр для контролю температури. Прилад розміщують у витяжній шафі.

Далі під інфрачервону лампу ставлять чашку і за допомогою регулятора напруги, ввімкненого в мережу живлення лампи, встановлюють температуру 140 ± 2 °С, контролюючи напругу за допомогою вольтметра. Температуру під лампою вимірюють впродовж 5 хв термометром, розташованим на жерстяній пластинці в центрі освітленого кола не раніше, ніж через 5 хв після увімкнення лампи.

Чашку нагрівають під інфрачервоною лампою 5–10 хв, після чого її розміщують в ексікаторі, охолоджують до кімнатної температури і зважують на технічних терезах з точністю до 0,01 г.

Ретельно перемішаний до однорідної консистенції лакофарбовий матеріал масою 1,5–2 г набирають у чашку і зважують з точністю до 0,01 г. З метою попередження втрат летких речовин, чашку закривають кришкою.

Після зважування відкривають чашку і, обертаючи її навколо своєї осі, розподіляють лакофарбовий матеріал тонким шаром по всій поверхні чашки.

Пізніше ставлять чашку під інфрачервону лампу в центрі освітленого кола і нагрівають впродовж 5 хв. Нагрівання повторюють через кожні 3–5 хв до отримання постійної маси.

Обробка результатів. Масову частку нелетких речовин X_1 , %, визначають за формулою

$$X_1 = \frac{m_2}{m_1} \cdot 100, \quad (105)$$

де m_1 і m_2 – відповідно маси лакофарбового матеріалу до та після нагрівання, г.

Масову частку летких речовин X , %, можна знайти за формулою

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100. \quad (106)$$

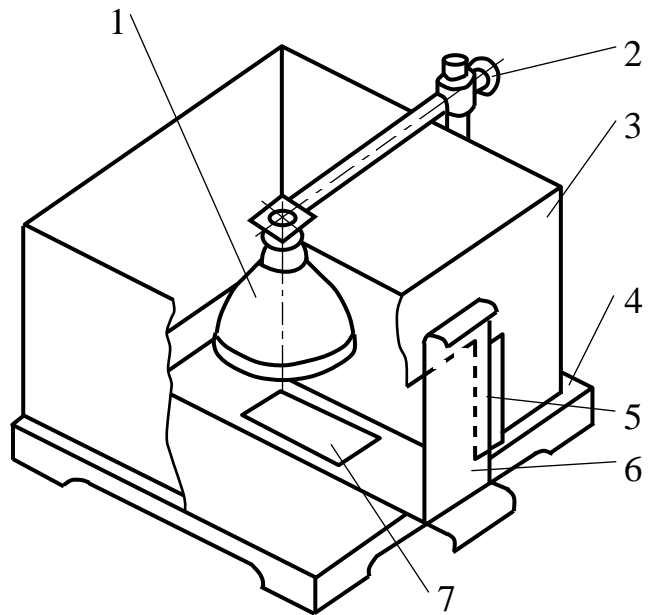


Рис. 66. Прилад для визначення вмісту нелетких і летких речовин:

1 – лампа; 2 – штатив; 3 – екран; 4 – стіл; 5 – отвір; 6 – засувка; 7 – зразок.

РОБОТА № 52. ВИЗНАЧЕННЯ ПОКРИВНОСТІ ТА ЧАСУ ВИСИХАННЯ ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Загальні відомості. Покривність (покривна здатність) – це маса лакофарбового матеріалу, г, необхідна для утворення непросвічуваною пофарбованої поверхні площею 1 м². Вказаний показник визначає рівномірність нанесення шару лакофарбового матеріалу, що сприяє економії матеріалу. Визначають покривність трьома методами: за коефіцієн-

том контрастності, інструментально-математичним методом та з використанням шахової дошки.

Метод за коефіцієнтом контрастності передбачає вимірювання коефіцієнта яскравості покриття різної товщини, розташованого на білій і чорній підкладках. Ним визначають покривність емалей та фарб білих і світлих тонів у затверділих покриттях з коефіцієнтом яскравості не менше ніж 0,6.

Коефіцієнт яскравості R – це відношення яскравості покриття до яскравості еталона, заміряних в однакових умовах освітлення з урахуванням кута падіння світла 45° .

Коефіцієнт контрастності C – відношення коефіцієнта яскравості від чорної підкладки R_c до коефіцієнта яскравості від білої підкладки R_b . Поверхня вважається покритою, якщо коефіцієнт контрастності покриття дорівнює 0,98.

Інструментально-математичний метод визначення покривності на чорно-білій підкладці з використанням ЕОМ передбачає визначення коефіцієнтів яскравості непокриваючого і перепокриваючого покриттів, розташованих на чорній і білій підкладках.

Найпоширеніший метод визначення покривності – з використанням шахової дошки. Метод (ГОСТ 8784) полягає в нанесенні лакофарбових матеріалів на скляну пластину до моменту втрати візуального відображення чорно-білих квадратів на шаховій дошці, підкладеній під пофарбовану пластину.

Процес переходу рідкого лакофарбового матеріалу у тверду плівку називають висиханням. Ступінь висихання характеризує стан поверхні лакофарбового матеріалу за певного часу і заданої температури сушіння. Цей показник є важливий, оскільки від ступеня висихання залежить подальша працездатність покриття (стійкість в умовах експлуатації, декоративні властивості). Під часом висихання розуміють проміжок часу, впродовж якого досягається певний ступінь висихання при заданій товщині лакофарбового шару і певних умовах сушіння.

Відповідно до ГОСТ 19003 процес висихання характеризується за сімома ступенями (табл. 26).

Метод (ГОСТ 19007) визначення ступеня висихання лакофарбових матеріалів полягає в здатності покриття в процесі висихання утримувати на своїй поверхні скляні кульки або папір під відповідним навантаженням.

Методика виконання роботи. Визначення покривності лакофарбових матеріалів. Для виготовлення шахової дошки (рис. 67) беруть аркуш білого паперу розміром 90×120 мм та розкреслюють на 12 квадратів розміром 30×30 мм і зафарбовують їх у шаховому порядку

чорною тушшю. Після висихання аркуш наклеюють на дерев'яну або скляну пластинку розміром 90×120 мм. Коефіцієнт яскравості білих квадратів після накладання скляної пластинки повинен бути 0,8–0,85, чорних – не більше ніж 0,05.

Таблиця 26. Характеристика ступеня висихання

Ступінь висихання	Навантаження	Результати випробування
1	насип скляних кульок	скляні кульки повністю видаляються м'якою волосяною щіткою, не пошкоджуючи поверхні плівки
2	200 мН	папір не прилипає до покриття
3	2000 мН	те ж саме
4	20 Н	папір не прилипає до покриття, але на поверхні утворюється слід від навантаження
5	20 Н	папір не прилипає до покриття і не залишає сліду від навантаження
6	200 Н	папір не прилипає до покриття, але на поверхні утворюється слід від навантаження
7	200 Н	папір не прилипає до покриття і не залишає сліду від навантаження

Фарбу розбавляють розчинником до робочої в'язкості 25 с за ВЗ-4. Потім скляні фотографічні пластинки (90×20×1,4 мм) промивають у теплій воді і витирають чистою бавовняно-паперовою тканиною, знежирюють зануренням в ацетон, висушують при 20 °С впродовж 5 хв і зважують з точністю до 0,0002 г.

Наносять фарбу на скляну пластинку пульверизатором. Готують три паралельні зразки.

Скляну пофарбовану пластинку накладають на шахову дошку і при рівномірному денному світлі спостерігають, чи просвічуються чорні квадрати шахової дошки. Якщо квадрати просвічуються, наносять ще один шар фарби, поки різниця між чорними і білими квадратами не зникне.

Після повного покриття пофарбовану пластинку зважують з точністю до 0,0002 г.

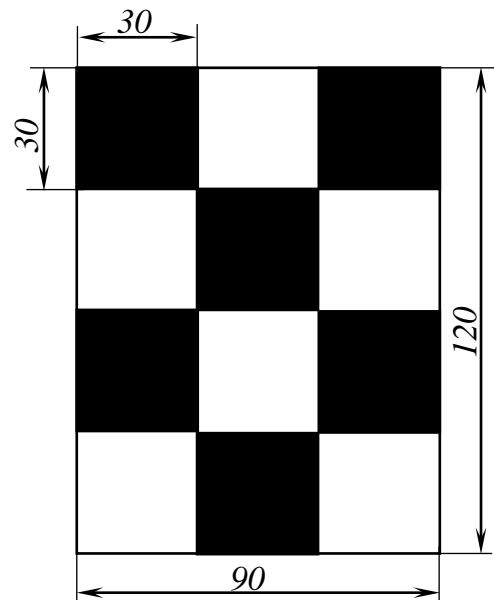


Рис. 67. Шахова дошка.

Визначення часу і ступеня висихання лакофарбових матеріалів. На рис. 68 представлено пристрій для створення навантажень від 20 до 200 Н. Маса гільзи 5 і важеля 4 без вантажу створює навантаження на поверхні покриття у 20 Н.

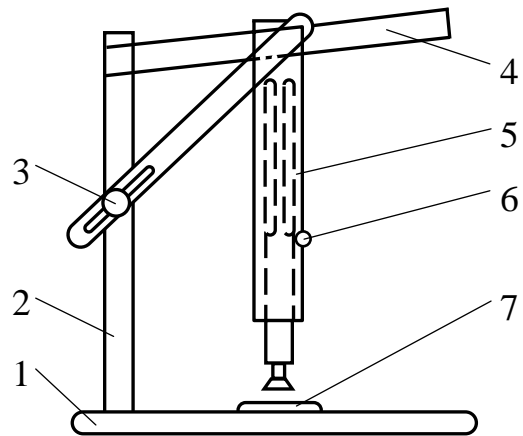


Рис. 68. Пристрій для створення навантаження під час визначення часу і ступеня висихання:

1 – основа; 2 – стояк; 3 – гвинт; 4 – важіль; 5 – гільза з гвинтовою пружиною; 6 – контрольна мітка; 7 – пластинка для випробування.

Пофарбовані пластини розташовують горизонтально у витяжній шафі та вмикають секундомір. Легко доторкаючись пальцем руки до поверхні досліджуваного матеріалу, очікують, поки буде відсутня липкість емалі. Виконавши цю умову, насипають з висоти 10–13 см над поверхнею лакофарбового матеріалу скляні кульки діаметром 100–

180 мкм та загальною масою 0,5 г. Через 60 ± 2 с пофарбовану пластинку нахиляють під кутом 20° і обережно змітають кульки м'якою волосяною щіткою. Якщо кульки легко змітаються, не пошкоджуючи поверхню плівки, то покриття досягло ступеня висихання – 1. Вимикають секундомір, фіксуючи тривалість висихання.

Для визначення тривалості наступних ступенів висихання пластину знову розташовують горизонтально. На поверхню покриття, не ближче ніж 1–2 см до краю, кладуть диск діаметром 26 мм з друкарського паперу марки А. На паперовий диск накладають гумовий диск і встановлюють на основу 1 пристрою (рис. 68). За допомогою важеля 4 притискають диски до поверхні матеріалу з певним зусиллям (табл. 26) впродовж 60 ± 2 с. Після зняття навантаження паперовий диск повинен легко відокремлюватись від лакофарбового покриття. Визначають ступінь висихання згідно з вимогами табл. 26.

Обробка результатів. Покривність лакофарбового матеріалу V , г/м², розраховують за формулою

$$V = \frac{D \cdot X_1}{100}, \quad (107)$$

де $D = 10^6 (m_1 - m_0) / S$; m_1 , m_0 – відповідно маси пофарбованої і нефарбованої пластинки, г; S – площа скляної пластинки, мм²; X_1 – вміст нелетких речовин у лакофарбовому матеріалі за робочої в'язкості, %.

Час висихання визначають як середнє арифметичне трьох паралельних вимірювань, розбіжність між якими не повинна перевищувати 15 %.

РОБОТА № 53. ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ КЛЕЙОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Загальні відомості. До основних показників якості (фізико-хімічних властивостей) клейових матеріалів належать: зовнішній вигляд, відносна густина, в'язкість, швидкість затвердіння, липкість.

За зовнішнім виглядом клейового матеріалу можна визначити орієнтовно його основу, призначення, а також придатність до застосування.

Відносна густина характеризує масу клейового матеріалу в одиниці об'єму віднесено до маси дистильованої води за температури 4 °С. Її необхідно знати для перерахунку об'ємних одиниць у масові та навпаки.

Вибір методу визначення відносної густини залежить від виду клею й точності, з якою необхідно провести випробування. Найточнішим для рідких композицій і твердих клеїв є метод визначення відносної густини за допомогою пікнометра, але його використання утруднено для пасто-подібних клеїв.

Для рідких і пастоподібних клеїв може бути рекомендований метод визначення відносної густини за допомогою звичайного медичного шприца місткістю 15–30 мл. Для випробування рідких клеїв застосовують товсту голку, під час роботи з пастоподібними композиціями – шприц без голки.

В'язкість – важливий показник якості різних клейових композицій. Клеї з високою в'язкістю незручно наносити на поверхні, а при малій в'язкості клей необхідно наносити в декілька шарів, особливо під час склеювання пористих матеріалів. Тому дуже важливо в кожному конкретному випадку приготувати клей оптимальної в'язкості.

Методика виконання роботи. Для визначення в'язкості клейових композицій використовують віскозиметр ВЗ-4 та кульковий віскозиметр. Кульковий віскозиметр складається зі скляної трубки з внутрішнім діаметром 20 мм і довжиною 35 см та сталюї кульки діаметром 8 мм. Можна використовувати скляний циліндр діаметром 60–70 мм і металеву кульку діаметром 17,5 мм та масою 21,8 г. На відстані 5 см від кінців трубки нанесені мітки, відстань між якими повинна бути 25 см. Нижній отвір трубки, закріпленої в штативі, щільно закривають корком. Останнім часом застосовують удосконалений кульковий віскозиметр (рис. 69), в якому у разі падіння кульки 5 на дно посудини 4 замикаються мідні контактні штифти 10, що знаходяться там, і загоряється сигнальна лампа 7. До початку падіння кулька 5 утримується за допомогою електромагнітного стрижня 1.

Зовнішній вигляд клейових композицій визначають візуально. Для визначення зовнішнього вигляду рідких клеїв, які швидко тверднуть, використовують тільки свіжоприготовлений клей.

Для цього в скляну або фарфорову склянку місткістю 50–100 см³ поміщають клей (25–50 г). Чисту суху скляну паличку або шпатель занурюють у клей і піднімають на висоту 10–20 см над склянкою. Стікаючий струмінь повинен бути однорідний, без сторонніх механічних домішок і згустків.

Для визначення відносної густини досліджуваній клей набирають у шприц, стежачи за відсутністю бульбашок повітря. Потім видавлюють клей зі шприца у зважену колбу з притертим корком і визначають масу клею. Таким самим способом знаходять масу дистильованої води при 4 °С у тому ж об'ємі. Відносну густину визначають діленням маси клею на масу води.

Під час визначення в'язкості досліджуваній клей наливають у скляний циліндр і після видалення бульбашок повітря кладуть у термостат на 30–40 хв для того, щоб температура клею досягла 20 °С.

Далі наливають клей у віскозиметр, встановлений вертикально, і опускають кульку в клей. Секундоміром визначають час, необхідний для проходження кульки через шар клею, обмежений двома мітками. Умовну в'язкість визначають як середнє арифметичне трьох замірів.

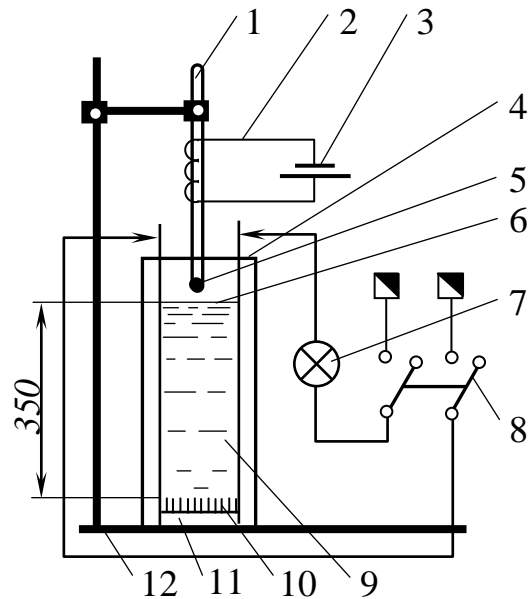


Рис. 69. Кульковий віскозиметр:

1 – електромагнітний стрижень; 2 – обмотка стрижня; 3 – батарея; 4 – циліндрична посудина; 5 – кулька; 6 – верхній рівень клею; 7 – лампа розжарювання; 8 – перемикач; 9 – клей; 10 – контактні штифти; 11 – ебонітова дошка; 12 – штатив.

РОБОТА № 54. ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖІ МІЦНОСТІ ГУМИ

Загальні відомості. Міцність, як опір матеріалу руйнуванню, характеризується граничним для заданого режиму навантаження напруженням, за якого відбувається руйнування.

Статичні випробування на міцність, як правило, проводять під час розтягування на двох основних режимах: перший – при заданій швидкості

ті розтягування на розривній машині, другий – при заданому навантаженні розтягування, його ще називають випробуванням на довговічність (визначення часу до руйнування).

Напруження, за якого відбувається руйнування на першому режимі, називають межею міцності під час розриву, а точніше – межею міцності під час розтягування. Напруження, за якого відбувається руйнування на другому режимі, називають довготривалою міцністю або статичною міцністю від втоменості.

Для випробування використовують різні типи зразків залежно від вимог, що ставляться до випробування, і можливості виготовлення зразків. Застосовують сім типів зразків (I, II, III, IV, V, VI і VII) різних розмірів з шириною робочої ділянки b_0 (рис. 70) відповідно рівною $6\pm 0,4$, $3\pm 0,2$, $4\pm 0,1$, $2\pm 0,1$, $6\pm 0,4$, $3\pm 0,2$, $2\pm 0,1$ мм і відстанню між мітками робочої ділянки l_0 відповідно 25, 25, 20, 10, 50, 50 і 10 мм. Зразки типу VII застосовують, якщо з виробу не можна приготувати зразки типів I–VI. Зразки повинні мати товщину 1 або 2 мм, але не більше 3 мм.

Властивості гуми залежать від її складу та способів виготовлення. Зразки можна виготовляти такими способами: 1) вулканізацією гумової суміші в індивідуальних гніздах спеціальної форми; 2) вулканізацією пластин (суцільногумових або багатошарових), з яких потім вирізають окремі зразки; 3) вирізанням зразків або ж заготовок під зразки з готових гумових виробів. Кожний зі способів виготовлення зразків має свої переваги й недоліки.

Заготовлені для випробування зразки оглядають, заміряють, розмічають, нумерують (маркують), забезпечують відповідними паспортами для запису результатів випробування. На зразках ставлять мітки, які обмежують робочу ділянку і межі затискання. Мітки повинні бути шириною не більше 0,5 мм і забарвлені контрастними кольорами: білим для чорних гум і червоним – для світлих.

Усі зразки витримують у кондиціонованих умовах (у стандартних 23 ± 2 °C і за підвищених температур).

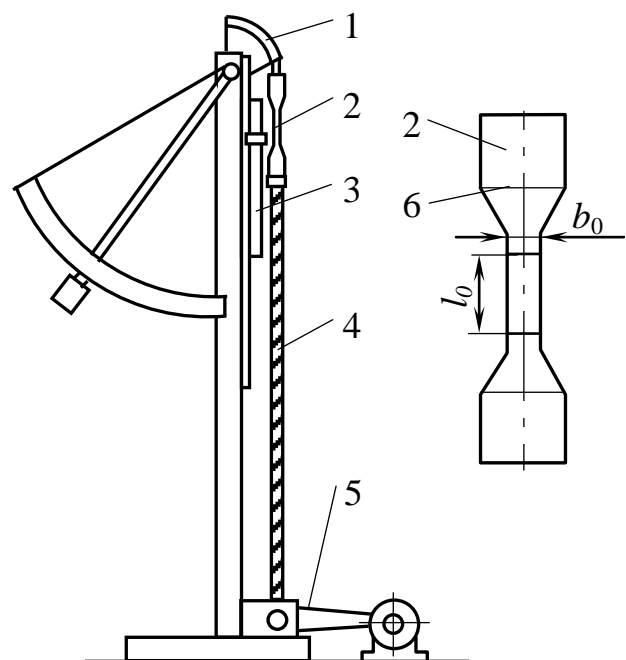


Рис. 70. Схема розривної машини:

1 – рухомий сектор; 2 – зразок гуми; 3 – вимірювальна лінійка; 4 – черв'ячний гвинт; 5 – привід черв'ячного гвинта; 6 – місце для затискання.

Методика виконання роботи. Випробування проводять за температури 23 ± 2 °С і швидкості руху активного затискача розривної машини (рис. 70) 500 ± 50 мм/хв.

Допускається проводити випробування при підвищених температурах рекомендованого ряду: 70, 100, 125, 150, 200, 250 °С.

Рекомендовано випробування зразків V і VI проводити зі швидкістю руху активного затискача 1000 ± 50 мм/хв.

Зразок закріплюють у затискачах машини за встановленими мітками так, щоб вісь зразка збігалася з напрямком розтягу. Під час випробування зразків з напливами їх закріплюють у затискачах по краях напливів.

Перевіряють нульові (початкові) установки приладів, що фіксують силу і подовження та приводять у дію механізм розтягу. Під час безперервного розтягування зразка фіксують силу, що відповідає заданим умовам.

У момент розривання зразка фіксують силу і відстань між мітками. У разі руйнування зразка за межами вузької частини результати випробування не зараховуються.

Обробка результатів. Межу міцності гуми під час розтягування σ_z , Мпа, визначають за формулою

$$\sigma_z = \frac{P_h}{h_0 \cdot b_0}, \quad (108)$$

де P_h – навантаження, за якого розривається зразок, Н; h_0 і b_0 – відповідно початкові товщина і ширина зразка, мм.

Відносне подовження гуми під час розриву ε_z , %, становить:

$$\varepsilon_z = \frac{l_k - l_0}{l_0} \cdot 100, \quad (109)$$

де l_k , l_0 – відповідно довжина зразка в момент розриву і початкова довжина, мм.

Відносне залишкове подовження після розривання θ , %, становить

$$\theta = \frac{l_z - l_0}{l_0} \cdot 100, \quad (110)$$

де l_z – довжина розірваного зразка через 1 хв після його розриву, мм.

За результати випробування приймають середнє арифметичне показників усіх випробуваних зразків з однієї закладки гумової суміші, однієї пластини, одного виробу. Результати випробувань не мають відхилятися від середнього значення більше ніж на 10 %.

РОБОТА № 55. ВИЗНАЧЕННЯ ТВЕРДОСТІ ТА ЕЛАСТИЧНОСТІ ГУМИ

Загальні відомості. Твердість гуми здебільшого характеризується опором втискуванню в гуму (зануренням) інденторів (наконечників) різної форми. Результати визначення твердості є умовними, оскільки залежать від способу навантаження (режиму), розмірів і форми індентора.

Твердість визначають для трьох режимів навантаження: за умови дії на індентор впродовж заданого часу певного навантаження; під час змінного навантаження, що створюється zdeформованою пружиною, яка підпирає занурений у гуму індентор; за заданим зануренням у гуму індентора впродовж певного проміжку часу.

Перший режим найчастіше застосовують для способу, рекомендованого Міжнародною організацією стандартизації (ISO), що полягає у вдавлюванні сферичного наконечника в зразок під дією шайби (кільця) певної ваги. Для цього застосовують твердомір НДІГП (НИИРП).

Другий режим найчастіше застосовують в умовах експлуатації під час використання портативних переносних приладів кишенькового типу, найпоширенішими з яких є твердомір Шора та аналогічний йому твердомір ТМ-2. При цьому твердість за Шором А орієнтовно збігається для однорідних незаповнених гум з їх твердістю за ISO.

Третій режим визначення твердості гуми застосовують рідко.

Еластичність (пружність) за відскоком визначають як відношення енергії, поверненої гумовим зразком після удару по ньому ударника, до загальної енергії, затраченої на удар. Вимірювання еластичності за відскоком здійснюють застосовуючи маятниковий прилад.

Методика виконання роботи. Визначення твердості гумових матеріалів. Індентор 8 (рис. 71) твердоміра – це голка з наконечником у вигляді усіченого конуса, який виступає з корпусу через отвір у шайбі 7 на відстань 25 мм. Верхнім кінцем він упирається в плоску пружину 4. Суть методу полягає в тому, що під час натискання на головку 3 приладу під дією zdeформованої пружини 4 голка занурюється в зразок на деяку глибину доти, доки сила виштовхування її з гуми не зрівноважиться опором zdeформованої пружини. З рухом голки пов'язано переміщення зубчастої рейки 5 та обертання шестерні 6, на осі якої знаходиться стрілка 2 приладу, що показує твердість в умовних одиницях від 0 до 100. Пружина 4 приладу періодично калібрується.

Покази твердоміра за максимальної твердості перевіряють, встановлюючи його на скляну або гладеньку металеву поверхню. При цьому при натисканні на головку приладу, стрілка повинна розміщуватися навпроти поділки 100 на шкалі.

Перед випробуванням зразки витримують за температури $23 \pm 2^\circ\text{C}$ не менше ніж 1 год, при цьому вони повинні бути захищені від дії прямого сонячного проміння. Заміряють товщину зразка і заокруглюють результат до цілого числа.

Досліджуваний зразок гуми розташовують на гладенькій горизонтальній поверхні. Твердомір встановлюють на зразок так, щоб із гумою контактували опорна поверхня пластинки, металева пластинка 1 і шайба 7.

Відраховують значення твердості за шкалою приладу після 3 с з моменту притискання приладу до зразка.

Для зразків, в яких відбувається подальше занурення індентора, покази підраховують після 15 с, що обумовлюється в нормативно-технічній документації на гуму чи гумотехнічні вироби.

Твердість вимірюють не менше ніж у трьох точках у різних місцях зразка. За результати дослідження приймають середнє арифметичне трьох вимірювань. Допустиме відхилення кожного виміру від середнього арифметичного значення не повинно перевищувати 3 одиниці.

Визначення еластичності гумових матеріалів. Маятниковий пружномір (рис. 72) містить маятник 1 із вантажем 3, що закінчується бойком 4. Маятник підвішений на осі кронштейна 12 станини 7. Навпроти бойка станина має площинку, на якій за допомогою двох пружин 2 кріпиться зразок 5. Відстань від осі обертання маятника до центра удару бойка і радіус заокруглення бойка стандартизовані. Заціпкою 13 маятник утримується в піднятому положенні під кутом 90° , одержуючи запас енергії в 0,5 Нм. На осі маятника є пружинний захват 10, який в момент відскоку маятника від зразка захоплює стрілку 8, піднімаючи її вгору. Стрілка з'єднана з віссю з невеликим тертям, тому вона залишається нерухомою в положенні, що відповідає найбільшому куту відскоку маятника, для вимірювання якого є шкала.

Для повернення стрілки в початкове положення призначений пружинний механізм з рукояткою 11.

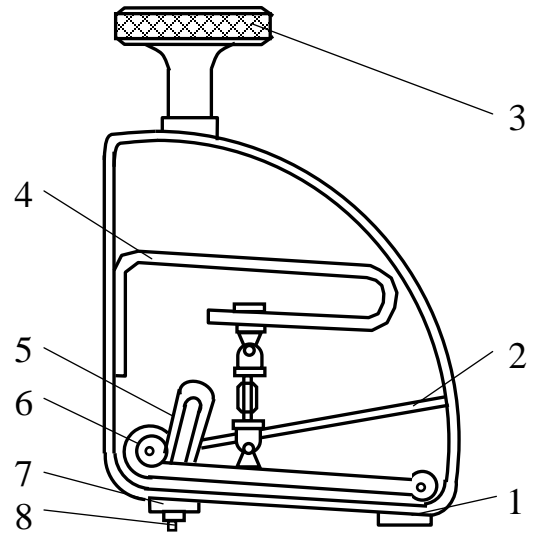


Рис. 71. Твердомір Шора:
1 – пластинка; 2 – стрілка; 3 – головка; 4 – пружина; 5 – зубчаста рейка; 6 – шестерня; 7 – шайба; 8 – індентор (голка).

Перед випробуванням пружинний захват 10 прикріплюють до маятника так, щоб при початковому положенні маятника стрілка 8 знаходилась навпроти поділки 100 робочої шкали, а при вертикальному положенні маятника і знятому обмежувачі 9 – навпроти поділки «0».

Перед проведенням випробувань маятник перевіряють на тертя в його осі. Допускається така величина тертя, за якої маятник здійснює не менше ніж 30 вільних затухаючих коливань з початковим відхиленням на кут 45° .

Зразки для випробування повинні мати форму шайб діаметром не менше ніж 29 мм або форму квадрата, сторона якого має бути не менше як 29 мм. Товщина зразків становить $12 \pm 0,5$ або $6 \pm 0,25$ мм. Випробування проводять не менше ніж на двох зразках.

Закріплюють зразок так, щоб він повністю притискувався до площинки і точки удару були на відстані не менше ніж 10 мм від країв зразка. Не допускається переміщення зразка по площинці під час випробування.

Звільняють маятник і проводять удар по зразку. Повторно вдаряють по зразку, піднімаючи в початкове положення маятник після кожного удару, не даючи йому здійснювати затухаючі коливання. По зразку проводять шість послідовних ударів в одній точці; покази приладу знімають після четвертого, п'ятого і шостого ударів.

Обробка результатів. Еластичність ε , %, гуми визначають за формулою

$$\varepsilon = \frac{1 - \cos \alpha_2}{1 - \cos \alpha_1} \cdot 100\% , \quad (111)$$

де α_1 , α_2 – відповідно початковий кут і кут відскоку маятника, град.

Для кожного з двох зразків під час визначення еластичності гуми визначають середнє значення трьох замірів. За результат випробування приймають середнє арифметичне двох визначених значень.

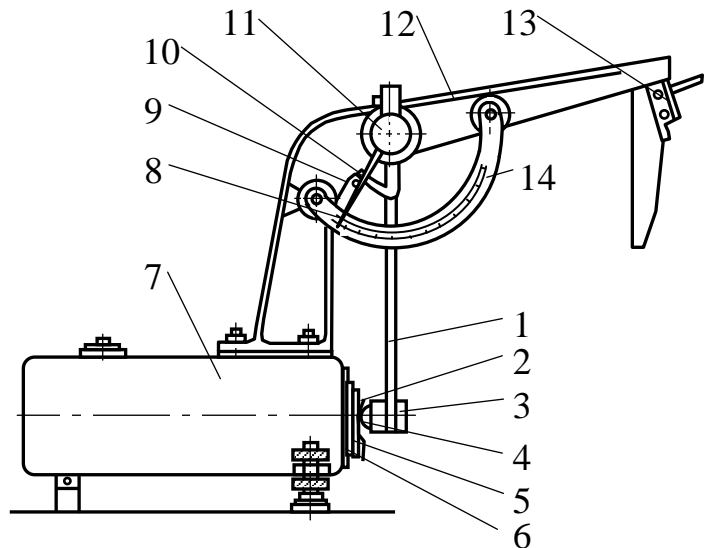


Рис. 72. Маятниковий пружномір:

1 – маятник; 2 – пружина; 3 – вантаж; 4 – бойок; 5 – зразок; 6 – площинка; 7 – станина; 8 – стрілка; 9 – обмежувач; 10 – захват; 11 – пружинний механізм з рукояткою; 12 – кронштейн; 13 – защіпка; 14 – шкала.

РОЗДІЛ 8

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ НАФТОПРОДУКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МОБІЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЙ

Загальні відомості. Для перевірки якості паливно-мастильних та інших експлуатаційних матеріалів встановлені приймальні (приймально-здавальні), контрольні, повні та арбітражні випробування. У сільськогосподарських підприємствах якість нафтопродуктів перевіряє завідувач нафтогосподарства за допомогою ручної лабораторії РЛ або експрес-лабораторії ЕЛАН та польової лабораторії ПЛ-2М. В обласних і районних нафтобазах контроль якості нафтопродуктів здійснюють у спеціалізованих лабораторіях використовуючи фотоелектричну установку для спектрального аналізу олів МФС-7 (малий фотоспектрограф), установки для визначення октанового числа бензинів УИТ-85 і цетанового числа дизельного пального ИДТ-90 тощо. В їхньому розпорядженні можуть бути мобільні експрес-лабораторії ЛПКН-1, змонтовані на базі автомобіля Volkswagen LT 35, які комплектуються в Українському науково-дослідному інституті по прогнозуванню та випробуванню техніки для сільськогосподарського виробництва (УкрНДІПВТ).

Працівники, які контролюють якість нафтопродуктів, повинні: дотримуватись періодичності в проведенні аналізу якісних показників нафтопродуктів; повідомляти головного інженера, керівника сільськогосподарського підприємства та бази Головнафтопостачу і завод-виробник про виявлений некондиційний нафтопродукт; вивчати нові нормативні матеріали, технічну документацію і літературу з питань контролю якості нафтопродуктів.

Мобільну експрес-лабораторію на базі автомобіля Volkswagen залежно від вимог замовника комплектують різним обладнанням, до складу якого можуть входити лабораторії типу РЛ або ПЛ-2М.

Зокрема, лабораторія РЛ знаходиться в ящику розмірами 625×240×265 мм з кришкою; маса укомплектованої лабораторії становить 14 кг. Прилади, посудини та реактиви, що входять до комплексу лабораторії, розташовують у гніздах ящика та кришки і закріплюють за допомогою поясів чи вертушок. Набір нафтоденсиметрів, гідрометр і спиртометр розташовують у відкидному штативі, дно якого може бути використане як робочий стіл.

Для збирання проб нафтопродуктів на кришці ящика закріплено пробовідбірники (див. рис. 1) у вигляді алюмінієвих трубок діаметром 18 мм, що можуть з'єднуватися різьбовим перехідником. Пробу рідкого палива відбирають трубкою з найменшим отвором; пробовідбірник для

консистентних мастил має поздовжній виріз по всій довжині трубки, з торців якої розташовані кришка і підрізний ніж. До комплекту входить лот-пробовідбірник у вигляді циліндричної посудини з кришкою. На внутрішній стороні дна посудини завальцьовано трубку для дозування заповнення пробовідбірника, а із зовнішньої сторони вздовж циліндричної стінки посудини розташовано металеву лінійку з пружинними фіксаторами. На кришці пробовідбірника знаходиться штуцер для кріплення шланга, що з'єднує посуд з атмосферою, та кріпиться рулетка. До комплекту лабораторії входять: гумова груша, щітка для миття посудин, лопатка.

За допомогою приладів і хімічних реактивів лабораторії РЛ визначають такі показники нафтопродуктів:

- колір, прозорість, вміст механічних домішок (візуально);
- густину (нафтоденсиметром);
- вміст води (водочутлива паста або марганцевокислий калій);
- температуру замерзання низькотемпературних охолоджувальних рідин (гідрометром);
- міцність спирту (спиртометром).

Тривалість підготовки лабораторії до проведення досліджень і складання після роботи – 3–5 хв.

Для визначення наявності механічних домішок і води ручну лабораторію укомплектовують скляним відстійником місткістю 100 мл, який у нижній частині завершується вузькою трубкою, проградуєваною до 10 мл із ціною поділки 0,05 мл. У верхній частині відстійника є поділки, що відповідають вмісту 25, 50 і 100 мл. Досліджуване паливо ретельно перемішують і швидко наливають у відстійник до рівня 100 мл. Після утримування відстійника нерухомо у вертикальному положенні впродовж 25 хв, визначають кількість механічних домішок і води у відсотках, що відповідають вмісту кожного компонента в мілілітрах.

В оливах домішки осідають дуже повільно, тому досліджувану пробу наливають у відстійник до рівня 25 чи 50 мл і до 100 мл додають очищений бензин. Суміш ретельно перемішують і відстійник занурюють в підігріту воду. Після відстоювання визначають відсоткове співвідношення вмісту механічних домішок і води. Наявність цих домішок у зрівноваженому стані суттєво погіршує прозорість нафтопродуктів. Паливо у всьому об'ємі пробірки мутне. Крапля оливи, нанесена на скло, через яке проходять сонячні промені, мутна.

Наявність вологи в оливах перевіряють методом їх нагрівання. Для цього в пробірку наливають 2...3 мл досліджуваної оливи та обережно нагрівають. За наявності води чути слабке потріскування, олива піниться і на верхній холодній частині пробірки конденсується волога.

Наявність механічних домішок в оливах визначають методом притирання двох плоских скелець. На чисту скляну поверхню наносять одну-дві краплі досліджуваної оливи і накривають другим склом. Щільно притиснувши пальцями кусочки скла, їх пересувають одне відносно іншого. Якщо в оливі наявні абразивні матеріали, то чути різкий скрип і на поверхні скла можуть залишатись подряпини.

Для визначення наявності смол у паливі застосовують піпетку і сферичне (годинникове) скло. Піпеткою набирають 1 мл досліджуваного бензину і переносять його на сферичне скло та підпалюють. Якщо досліджують дизельне пальне, то до цієї порції додають стільки ж бензину, який не містить смол. Після згоряння палива на скляній поверхні залишаються жовті або коричневі кільця. Чим більше смол міститься в досліджуваному паливі, тим темніший залишок і більший діаметр плями, за яким орієнтовно можна визначити концентрацію смол:

діаметр плями, мм	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
концентрація смол, мг/100 мл	4	11	22	32	43	56	70	85	102	120

Якщо в паливі відсутні смолисті речовини, то на склі залишається малопомітна невелика біла пляма. За наявності в паливі маслянистих речовин на краю плями залишаються коричневі краплі.

Визначення наявності в паливі ненасичених вуглеводнів здійснюють змішуванням в однакових об'ємах досліджуваного палива і водного розчину марганцевокислого калію рожевого кольору. Суміші дають змогу відстоятися, і якщо забарвлення водного розчину змінилося на жовте, то це вказує на наявність ненасичених вуглеводнів у великій кількості.

До комплекту входять також реактиви і посуд для визначення наявності водорозчинних кислот і лугів.

Для визначення диспергуючої властивості оливи, яка пропрацювала певний час у двигуні, використовують метод крапельної проби. Суть методу полягає в нанесенні краплі гарячої оливи на фільтрувальний папір «синя стрічка». Після того як олива повністю вбереться в фільтрувальним папером, на утвореній хроматограмі проводять оцінку якості оливи за відношенням площі зони дифузії частини забруднення (центрального ядра) до загальної площі плями забруднення. Диспергуючу властивість (ДВ) оливи підраховують за формулою

$$ДВ = 1 - \frac{d^2}{D^2}, \quad (112)$$

де d – середній діаметр центрального ядра, що відповідає розпливу краплі на поверхні фільтрувального паперу, мм; D – середній діаметр зони дифузії, тобто кільця, окресленого нерозчинними в оливі продуктами забруднень навкруги центрального ядра, мм.

Середній діаметр підраховують як середнє арифметичне двох замірів, виконаних у взаємоперпендикулярних напрямках. Незадовільними вважаються диспергуючі властивості менше 0,3. При цьому необхідна заміна оливи у двигуні.

Будова і можливості лабораторії ПЛ-2М (рис. 73) значно більші, ніж у РЛ. Корпус лабораторії ПЛ-2М – ящик, в якому передня стінка виконує функцію дверей з двох частин у вигляді пеналів. У нижній частині корпусу розташовано відставні стійки, а у верхній – розкладний предметний стіл. Об'єм ящика розділено на 26 відділень, в яких поміщено комплект обладнання. На табличках, прикріплених до передньої стінки кожного відділення, відзначено порядковий номер і перелік наявних предметів; згідно з переліком здійснюють підготовку приладів та реактивів до проведення досліджень, а також складають лабораторію після завершення роботи. Усі прилади, посудини і хімічні реактиви розташовано у відповідних для кожного предмета гніздах й закріплено за допомогою поясів, вертушок та інших пристроїв.



Рис. 66. Польова лабораторія ПЛ-2М.

Лабораторія готується до роботи впродовж 1 год 30 хв.

За допомогою обладнання, приладів і хімічних реактивів лабораторії ПЛ-2М аналізують такі показники нафтопродуктів:

- колір, прозорість, вміст механічних домішок (візуально);
- густину (нафтоденсиметром);
- вміст води (водочутлива паста або марганцевокислий калій);
- вміст водорозчинних кислот і лугів;

- кінематичну в'язкість (віскозиметром);
- фракційний склад;
- вміст меркаптанової сірки (випробування мідною пластиною);
- кислотність і кислотне число;
- температуру спалаху у відкритому тиглі;
- розчинність у паливі спеціальних рідин;
- температуру крапання;
- температуру замерзання низькотемпературних охолоджувальних рідин (гідрометром);
- міцність спирту (спиртометром);
- наявність смол, зольність.

У салоні автомобіля Volkswagen все обладнання, що описане вище, може розташовуватись в окремо змонтованих шафках. Для зручності проведення досліджень до комплекту також входить лабораторний стіл.

Якість нафтопродуктів визначають також за допомогою мобільної лабораторії, сформованої на базі автомобіля Volkswagen LT 35 (рис. 74).



а)



б)

Рис. 74. Експрес-лабораторія на базі автомобіля Volkswagen LT 35:
а) салон лабораторії; б) робоче місце оператора.

У салоні автомобіля Volkswagen LT 35 розташовані робочі місця двох операторів з відкидними столиками. Система кондиціонування і примусового вентиляювання забезпечує комфортні умови праці в різні

періоди року. Біля задніх дверей розташовано метршток, мірники зразків (10, 20, 50 л). Ліворуч і праворуч розташовуються бокси для зберігання проб і обладнання. На столі розташовано портативний аналізатор автомобільного палива Petro Spec GS-1000 Plus та експрес-аналізатор для визначення температури спалаху в закритому тиглі SETAFLASH. У центрі розміщена шафа для інструментів і обладнання, а праворуч біля неї – холодильник.

За допомогою цієї лабораторії визначають:

- вміст олефінів, ароматичних і ненасичених вуглеводнів в автомобільних бензинах;
- густину;
- вміст водорозчинних кислот і лугів;
- октанове число;
- фракційний склад;
- температуру спалаху в закритому тиглі;
- вміст свинцю.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бойченко С. В., Тітова О. С., Федорович Л. А. Контроль якості газів: лабораторний практикум. Київ: НАУ, 2004. 108 с.
2. Братичак М. М., Гринишин О. Б. Технологія нафти та газу: навч. посіб. Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2002. 180 с.
3. Гайванович В. І., Топільський П. І., Палюх В. М. Хімотологія бензинів: навч. посіб. Львів: Військ. ін-т при ДУ «Львівська політехніка», 2000. 157 с.
4. Моторні палива: властивості та якість: підручник / С. Бойченко, А. Пушак, П. Топільницький, К. Лейда; за заг. ред. проф. С. Бойченка. Київ: Центр учбової літ., 2017. 324 с.
5. Новікова Б. П., Полякова О. В., Бойченко С. В. Паливно-мастильні матеріали: лаборатор. практикум. Київ: НАУ, 2002. 44 с.
6. Окоча А. І., Антипенко А. М. Паливно-мастильні та інші експлуатаційні матеріали. Київ: Урожай, 1996. 336 с.
7. Окоча А. І., Білоконь Я. Ю. Паливно-мастильні та інші витратні матеріали: довідник. Київ: Вид-во ТОВ «Аграр Медія Груп», 2012. 201 с.
8. Окоча А. І., Білоконь Я. Ю. Паливно-мастильні та інші експлуатаційні матеріали. Київ: Укр. центр духов. культури, 2004. 448 с.
9. Паливно-мастильні та інші експлуатаційні матеріали: навч.-метод. комплекс / І. М. Бендера, В. І. та ін.; за ред. І. М. Бендери, В. І. Дуганця. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І., 2016. 420 с.
10. Пластичні мастила: властивості та якість: підручник / П. Топільський та ін.; за ред. проф. С. Бойченка. Львів: НУ «Львівська політехніка», 2021. 274 с.
11. Фізико-хімічні та експлуатаційні властивості товарних нафтопродуктів: навч. посіб. / П. І. Топільницький, О. Б. Гринишин, О. І. Лазорко, В. В. Романчук. Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2015. 248 с.
12. Чабанний В. Я. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення. Кн. 2: Системи забезпечення якості паливо-мастильних матеріалів. 2-ге вид., перероб. та допов. Кіровоград: Центрально-Українське вид-во, 2008. 500 с.
13. Шпак О. Г. Нафта і нафтопродукти. Київ: Ясон-К, 2000. 370 с.
14. ENL film thickness in rolling element bearing sevaluated by electrical capacitance method: a review / Hui Cen, Dan Bai, Yanpu Chao, Yaohui Li, Ruihua Li. Tribology – Materials, Surfaces & Interfaces. 15:1. 2021. № 15. P. 55–77.