

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування
Кафедра агроінженерії

02-07-38М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт
з дисципліни «**Трактори і автомобілі**»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною
радою з якості ННМІ
Протокол № 2 від 02.10.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Трактори і автомобілі» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія» денної та заочної форм навчання. [Електронне видання] / Голотюк М. В., Рижий О. П., Морозюк С. В. – Рівне : НУВГП, 2024. – 41 с.

Укладачі: Голотюк М. В. – к.т.н., доцент кафедри агроінженерії;
Рижий О. П., к.т.н., доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства;
Морозюк С. В., старший викладач кафедри автомобілів та автомобільного господарства.

Відповідальний за випуск: Налобіна О. О., доктор технічних наук, професор, завідувачка кафедри агроінженерії.

Попередня версія 02-03-94М

© М. В. Голотюк,
О. П. Рижий,
С. В. Морозюк, 2024
© НУВГП, 2024

Лабораторна робота № 1

Визначення максимального тиску в циліндрах ДВЗ без згоряння

1. Обладнання, інструмент. Стенд для обкатування, дизельний та бензиновий ДВЗ, компресометр з границями вимірів для дизельних та бензинових ДВЗ, барометр, набір ключів.

2. Основні теоретичні відомості. Компресія - це максимальний тиск, який створюється всередині циліндра ДВЗ наприкінці такту стиснення під час руху поршня від нижньої мертвої точки до верхньої. За значенням даного тиску можна судити про технічний стан двигуна.

Високі значення компресії забезпечують ефективне згоряння палива, що сприяє підвищенню потужності та покращенню паливної економічності двигуна в цілому. Якщо величина компресії недостатня, то робота двигуна стає неефективною, відповідно росте питома витрата палива, падає потужність та підвищується кількість шкідливих елементів в продуктах згоряння.

Основними причинами низької компресії можуть бути:

- зношення та залягання поршневих кілець, які забезпечують герметичність між поршнем і циліндром;
- прогоряння або значна деформація клапанів, що призводить до розгерметизації камери згоряння;
- тріщини або пошкодження головки блоку циліндрів, що сприяє витоку свіжого заряду з циліндрів двигуна;
- пошкодження прокладки головки блоку циліндрів, яка забезпечує герметичний стик між головкою і блоком циліндрів;
- значне зношення циліндрів, що також знижує герметичність циліндрів двигуна.

Вимірювання компресії виконується на прогрітому двигуні до робочої температури та повністю відкритій дросельній заслінці, що забезпечує подачу свіжого заряду в циліндри ДВЗ. Оскільки процес згоряння під час вимірювання компресії не відбувається, то подача палива припиняється. Свічку запалювання або паливну форсунку в залежності від типу ДВЗ необхідно демонтувати, а на

її місце вкручують шлаг компресометра. Компресометр (рис.1.1) – це прилад за допомогою якого проводиться вимірювання компресії. Це фактично манометр, що з'єднується з камерою згоряння та обладнаний зворотним клапаном.



Рис. 1.1. Загальний вигляд компресометра

Отримані в результаті виміру показники компресії порівнюються з рекомендованими для конкретного ДВЗ. Допустима різниця між цими значеннями не повинна перевищувати 0,5...1 атм для бензинових двигунів та 2,5...3 атм для дизельних.

3. Послідовність виконання роботи.

1. Ознайомитись з методичними вказівками щодо виконання лабораторної роботи та вивчити основні теоретичні відомості.

2. Вивчити обладнання та правила користування інструментом. Підготувати вимірювальний інструмент. Повторити правила техніки безпеки.

3. Прогріти двигун до робочої температури та демонтувати форсунки або свічки запалювання в залежності від типу ДВЗ.

4. Під'єднати компресометр до двигуна використовуючи необхідний перехідник та встановити у початкове положення.

5. Обертати колінчатий вал двигуна за допомогою електричної машини стенду з мінімально можливою частотою та зафіксувати значення компресії. Проводити три виміри компресії компресометром.

6. Результати вимірів заносяться в стовпці 2, 3 і 4 протоколу

вимірювань (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1

Протокол вимірювань

№ цилін- дра	Компресія, МПа				В, мм.р т.ст	P_a , МПа	P_c , МПа	$\frac{P_c - P_k}{P_c}$,%
	P_{K1}	P_{K2}	P_{K3}	P_{Kcp}				
1					760			
2								
3								
4								

Умовні позначення:

$P_{K1}, P_{K2}, P_{K3}, P_{Kcp}$ - тиск в циліндрах (перший, другий, третій вимір, середнє значення) в МПа; B - тиск навколишнього середовища в мм.рт.ст.; P_a - тиск на початку стискання, МПа; P_c - тиск в кінці такту стискання, МПа.

4. Розрахункові формули:

1. P_{Kcp} - середнє значення компресії:
$$P_{Kcp} = \frac{P_{K1} + P_{K2} + P_{K3}}{3}$$

МПа;

2. $P_c = P_a \varepsilon^{n_1}$, МПа – тиск кінця стиску;

3. P_a - тиск на початку стиску ($P_a = 0,9 P_0$); ε - ступінь стиску (визначається техніко-експлуатаційними характеристиками досліджуваного двигуна); n_1 - показник політропи стиску. На підставі дослідних даних для дизелів і двигунів із зовнішнім сумішеутворенням при роботі на номінальному режимі n_1 знаходиться в межах 1,32...1,38.

4. Відносна різниця величини теоретичного максимального тиску та фактичного (компресії)
$$\frac{\Delta P}{P_c} = \frac{P_c - P_k}{P_c} 100, \%$$

Зміст звіту лабораторної роботи:

1. Тема та мета лабораторної роботи.

2. Перелік приладів і обладнання.
3. Схема установки з номерами позицій.
4. Проведені розрахунки (розрахункова формула, вихідні дані, результат).
5. Протокол до лабораторної роботи.
6. Висновки до лабораторної роботи за наступними переліком:
 - 6.1. Визначення технічного стану кожного циліндра.
 - 6.2. Встановлення можливих причин зменшення компресії у відповідних циліндрах двигуна.
 - 6.3. Зазначити спосіб відновлення початкових значень компресії у конкретних випадках.

5. Контрольні запитання. 1. Що таке компресія? В яких одиницях вона вимірюється? 2. Чим вимірюється компресія? 3. Величина компресії повинна бути більшою чи меншою тиску кінця теоретичного стиску? 4. Від яких факторів залежить компресія в циліндрі двигуна? 5. Як впливає технічний стан поршневих кілець на компресію? 6. Як впливає технічний стан клапанів ГРМ на компресію в ДВЗ? 7. На які показники роботи ДВЗ впливає значення компресії в циліндрах?

Лабораторна робота № 2

Дослідження пропускнув здатності термостата від температури охолоджуючої рідини

1. Обладнання, інструмент. скляна ємність з охолоджуючою рідиною; електричний нагрівач; термометр; індикатор; досліджуваний термостат.

2. Основні теоретичні відомості. Під час роботи ДВЗ в середині циліндрів виділяється значна кількість теплоти, частина з якої перетворюється в механічну роботу, а решта іде на нагрів самого двигуна та передається до навколишнього середовища. Якщо не здійснювати охолодження двигуна, то надмірний нагрів призведе до вигорання плівки оливи між деталями тертя, що негативно вплине на його ресурс роботи. З іншої сторони значний відвід тепла понижує робочу температуру ДВЗ та веде до зниження потужності та підвищеної витрати палива. Таким

чином надлишковий відвід тепла небажаний так само, як і перегрів двигуна. Нормальний температурний режим двигуна забезпечується в інтервалі 80...95°C.

Система охолодження призначена для забезпечення оптимального температурного режиму роботи двигуна за рахунок відведення тепла від нагрітих деталей і передачі його до навколишнього середовища. Відвід надлишкового тепла в ДВЗ досягається примусовим охолодженням за допомогою рідини (рідинна система охолодження) або оточуючого повітря (повітряна система охолодження).

Найбільш поширені ДВЗ з рідинною системою охолодженням завдяки кращій ефективності функціонування даної системи. У переважній більшості в якості охолоджуючої рідини використовують різного роду антифризи з низькою температурою замерзання. Конструкція рідинної системи охолодження включає наступні основні елементи:

- радіатор (додатковий теплообмінник, забезпечує передачу надлишкової кількості теплоти до навколишнього середовища);
- термостат (відповідає за підтримання оптимальної температури двигуна);
- рідинний насос (забезпечує примусову циркуляцію охолоджуючої рідини);
- сорочка охолодження (в ній здійснюється циркуляція охолоджуючої рідини, яка контактує з нагрітими зонами двигуна та переносить тепло до радіатора).

Термостат (рис.2.1) в системі охолодження регулює кількість рідини, яка проходить через радіатор. Якщо двигун холодний, то для прискореного прогрівання, термостат перекриває рух рідини на радіатор. По мірі підвищення температури двигуна термостат відкривається і частина охолоджуючої рідини починає рухатися через радіатор, віддаючи при цьому надлишкову кількість теплоти навколишньому середовищу. Завдяки цьому забезпечується оптимальний температурний режим роботи двигуна.



Рис. 2.1. Загальний вигляд термостата:

1 – шток; 2 – основний клапан; 3 – корпус; 4 – твердий наповнювач; 5 – гумова вставка; 6 – перепускний клапан; 7 – пружина перепускного клапана; 8 – пружина основного клапана

Термостат обладнаний рухомим клапаном, який відкривається або закривається завдяки його нагріванню або охолодженню антифризом. Це можливе за рахунок наявного термоелемента в його конструкції, в якому міститься твердий наповнювач (цезезин) з мідним порошком для кращої теплопровідності.

Термостат може втрачати свою працездатність. Найчастішою причиною є корозія, яка може з'явитися внаслідок використання старого або неякісного антифризу. Так термостат може заклинити в повністю відкритому положенні. У даній ситуації двигун буде прогріватися занадто довго, а в зимовий період навряд чи прогріється до оптимальної температури. Повністю закритий термостат дасть можливість рухатися охолоджуючій рідині виключно по малому колі, відповідно виникне перегрів двигуна, а радіатор залишиться холодним. Якщо виникне поломка і термостат заклинить в проміжному положенні, то діагностувати дану несправність буде досить складно. Тому у випадку часткової непрацездатності системи охолодження необхідно перевірити термостат, щоб виключити його зі списку можливих причин.

3. Принципова схема установки.

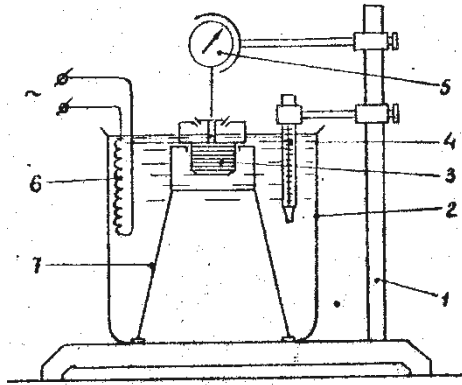


Рис. 2.2. Схема лабораторної установки:

1 – лабораторний штатив; 2 – скляна ємність з охолоджуючою рідиною; 3- термостат; 4 – термометр; 5 – індикатор; 6 – електричний нагрівач; 7 – стійки кріплення термостата

4. Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитись з методичними вказівками щодо виконання лабораторної роботи та вивчити основні теоретичні відомості.

2. Вивчити обладнання та правила користування інструментом. Підготувати вимірювальний інструмент. Повторити правила техніки безпеки.

3. Встановити досліджуваний термостат на підставку 7 лабораторної установки.

4. Наповнити скляну ємність охолоджуючою рідиною до повного занурення термостата.

5. На штативі 1 закріпити термометр 4 та індикатор 5. Останній встановити таким чином, щоб наконечник вимірювального стрижня контактував з клапаном досліджуваного термостата 3.

6. Виконати налаштування індикатора 5 в початкове положення шкали.

7. Ввімкнути електричний нагрівач та проводити нагрівання охолоджуючої рідини до температури 60°C . При досягненні зазначеного температурного значення, проводити вимірювання положення клапана термостата за допомогою індикатора до максимально зазначеної в протоколі температури.

8. Вимкнути нагрівач. Під час охолодження також проводити вимірювання положення клапана термостата за індикатором.

9. Результати вимірів заносяться в стовпці 3 і 4 протоколу вимірювань (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1

Протокол вимірювань

№ з/п	Температура охолоджуючої рідини $t_p, ^\circ C$	Переміщення клапана при нагріванні $h_n, мм$	Переміщення клапана при охолодженні $h_{ox}, мм$	Середнє переміщення $h_{cp}, мм$	Площа пропускного перерізу $f_n, мм^2$
1	60				
2	65				
3	70				
4	74				
5	76				
6	78				
7	80				
8	82				
9	84				
10	86				
11	88				
12	90				
13	92				
14	94				

Умовні позначення:

t_p - середня температура охолоджуючої рідини, $^\circ C$;

h_n, h_{ox} та h_{cp} - переміщення клапана при нагріванні, охолодженні та середнє, мм;

f_n - площа пропускного перерізу клапана термостата, $мм^2$.

5. Розрахункові формули:

1. Площа пропускного перерізу клапана: $f_n = \pi D h_{cp}$, $мм^2$,

де D – діаметр клапана в $мм$ ($D = 40$ $мм$); h_{cp} - середнє переміщення клапана, $мм$ ($h_{cp} = \frac{h_n + h_{ox}}{2}$);

2. Середня температура охолоджуючої рідини:

$$t_x = \frac{f_{n \max} \omega \rho c_p \Delta t_p}{k F_p} + t_{cp \text{ нов}},$$

де ω - швидкість потоку охолоджуючої рідини через клапан ($\omega = 1,5 \dots 2,5$ $м/с$); ρ - густина охолоджуючої рідини в $кг/м^3$ ($\rho = 1000$ $кг/м^3$); c_p - гранична теплоємність води ($c_p = 4187$ $Дж/кг$); Δt_p - перепад температури води в радіаторі ($\Delta t_p = 10^\circ C$); k - коефіцієнт тепловіддачі радіатора ($k = 150$ $Вт/(м^2 \text{ град})$); F_p - площа охолоджуючої поверхні радіатора ($F_p = 15$ $м^2$); $t_{cp \text{ нов}}$ - середня температура повітря в зоні радіатора ($t_{cp \text{ нов}} = 40^\circ C$).

Зміст звіту лабораторної роботи:

1. Тема та мета лабораторної роботи.
2. Перелік приладів і обладнання.
3. Схема установки з номерами позицій.
4. Проведені розрахунки (розрахункова формула, вихідні дані, результат).
5. Протокол до лабораторної роботи.
6. Графік залежності величини пропускного перерізу клапана термостата від температури охолоджуючої рідини.
7. Висновки до лабораторної роботи.

6. Контрольні запитання. 1. Які речовини використовуються в якості наповнювачів в термостатах? 2. Чи можна сказати, що термостат – елемент автоматичної системи керування температурою двигуна внутрішнього згорання? 3. В яку пору року вплив термостата на роботу двигуна найбільший? 4. Чи змінюється температура двигуна внутрішнього згорання з при зміни температури навколишнього середовища? 5. Чому іноді

експлуатують двигуни внутрішнього згорання без термостата? 6. Які переваги та недоліки підвищення робочої температури двигуна внутрішнього згорання? 7. Як може проявитися при роботі двигуна внутрішнього згорання несправність термостата?

Лабораторна робота № 3

Дослідження залежності коефіцієнта подачі масляного насоса від тиску масла в системі та частоти обертання

1. Обладнання, інструмент. Стенд для дослідження масляних насосів, досліджуваний масляний насос, секундомір.

2. Основні теоретичні відомості. В сучасних автотракторних двигунах для зменшення механічних втрат, значного підвищення ресурсу роботи та часткового відведення теплоти застосовуються моторні оливи. Крім того, моторна олива контактуючи зі спряженими поверхнями виносить з зон тертя продукти зношення, забезпечує деталям, які контактують між собою, захист від корозії та частково оходжує їх. Подача оливи в зони тертя може здійснюватися розбризуванням, під тиском, самопливом та комбіновано, що і визначає назву самої системи мащення. Більшість конструкцій сучасних ДВЗ обладнані комбінованою системою мащення, яка забезпечує змащення частини деталей під тиском, а інших - розбризуванням та самопливом.

Масляний насос створює в системі мащення необхідний тиск оливи та подає її до зон тертя. Найпоширенішими є шестеренчасті масляні насоси (рис.3.1), які мають просту будову та забезпечують надійну роботу.

Шестеренні масляні насоси відносяться до насосів об'ємного типу, у яких подача прямо пропорційна частоті обертання шестерень.

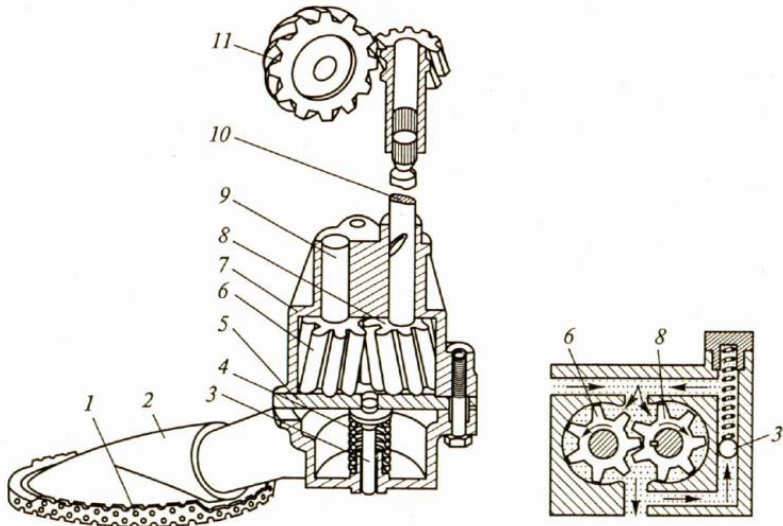


Рис. 3.1. Схема та принцип дії шестеренчастого масляного насоса: 1 – фільтр маслозабірника; 2 – патрубок; 3 – редукційний клапан; 4 – пружина клапана; 5 – кришка; 6, 8 – шестерні; 7 – корпус; 9 – вісь; 10 – вал приводу; 11 – шестерня приводу

Масляний насос при низьких температурах здійснює подачу великої кількості оливи, тиск якої в системі зростає через надмірну в'язкість, що значно підвищує опір руху по масляним каналам. З метою уникнення пошкодження фільтра та інших елементів системи, в корпусі насоса є редукційний клапан, який автоматично обмежує величину максимального тиску в системі.

В момент значного підвищення тиску кулька стискає пружину і частина оливи надходить в піддон картера. Регулюючи попереднє стискання пружини гвинтом, який фіксується відносно корпусу насоса контргайкою, встановлюють максимальне значення тиску оливи в системі (0,65...0,70 МПа).

3. Принципова схема установки.

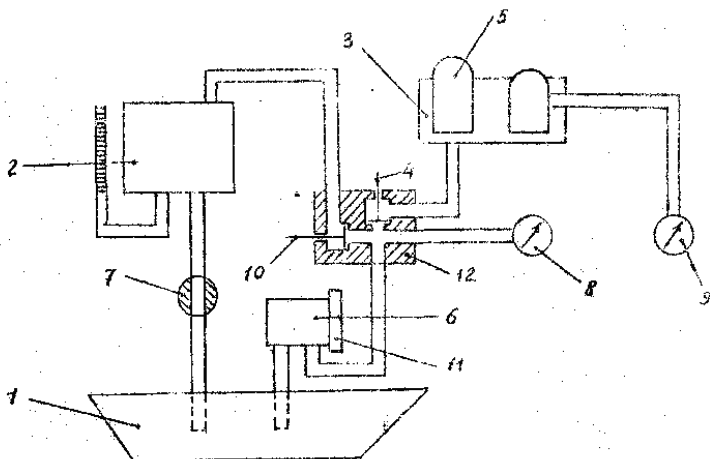


Рис. 3.2. Схема лабораторної установки:

- 1- забірний бак; 2- мірний бак; 3- плита кріплення;
 4, 10 - вентилі; 5 - досліджуваний фільтр; 6 – досліджуваний насос; 7 – кран; 8, 9 – манометри; 11 – плита кріплення насоса;
 12 – корпус

4. Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитись з методичними вказівками щодо виконання лабораторної роботи та вивчити основні теоретичні відомості.

2. Вивчити обладнання та правила користування інструментом. Підготувати вимірювальний інструмент. Повторити правила техніки безпеки.

3. Повністю відкрити вентиль 10 установки, який регулює тиск в системі, а маховиком варіатора встановити перше значення частоти обертання валу масляного насосу.

4. Вентилем 10 встановити перше значення тиску в системі.

5. Закрити кран 7 і для заданого значення частоти і тиску проводити два виміри.

6. Кількість подачі оливи за заданий час виміру τ визначається її рівнем відповідно до мірної шкали в баку 2.

7. Для проведення повторного виміру необхідно злити оливу в забірний бак 1 відкривши кран 7.

8. Коли рівень масла впаде до відмітки „0” закривається кран 7 і проводиться повторний вимір.

9. Після повторного виміру за допомогою вентиля 10 встановлюється наступне значення тиску в системі. Відповідно маховиком варіатора встановити наступне значення частоти обертання валу масляного насосу та проводиться дослідження для нових значень частоти та тиску масла.

10. Результати вимірів заносяться в стовпці 4...9 протоколу вимірювань (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1

Протокол вимірювань

№ п/ п	Час вимірів, τ , с	Частота обертів n_n , об/хв	Об'єм масла поданого насосом Q , л.					
			P=0,15МПа		P=0,20МПа		P=0,25МПа	
			I	II	I	II	I	II
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	30	700						
2	30	800						
3	30	900						
4	30	1000						
5	30	1100						

Умовні позначення: τ - час виміру, с ($\tau = 30$ с); n_n - частота обертання валу масляного насосу, об/хв.; P – тиск масла в системі, МПа; Q – об'єм масла, поданого насосом за час дослід, л.

5. Розрахункові формули:

$$1. \quad Q_o = 2 \pi z m^2 b,$$

де z – число зубців шестерні насоса ($z = 12$); m – модуль зачеплення шестерні насоса ($m = 5$ мм); b – довжина зубця, мм ($b = 45$ мм).

2. Теоретична годинна продуктивність масляного насосу:

$$Q_m = \frac{Q_o n_n 60}{10^6}, \text{ л/год.}$$

3. Дійсна годинна продуктивність масляного насосу:

$$Q_o = \frac{Q3600}{\tau}, \text{ л/год.}$$

4. Коефіцієнт подачі масляного насосу: $\lambda_n = \frac{Q_o}{Q_m}$.

Результати розрахунків записуються в таблицю в наступній формі:

№ П/П	n_n , об/хв	Q_m , л/год.	Q_o , л/год.			λ_n		
			P=0,15 МПа	P=0,2 0 МПа	P=0,2 5 МПа	P=0,1 5 МПа	P=0,2 0 МПа	P=0,2 5 МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Зміст звіту лабораторної роботи:

1. Тема і мета лабораторної роботи.
2. Прилади та обладнання.
3. Схема установки з номерами позицій.
4. Протокол лабораторної роботи.
5. Проведені розрахунки.
6. Графік залежності коефіцієнта подачі масляного насосу від частоти обертання валу при заданих значеннях тиску.
7. Висновки за результатами лабораторної роботи.

6. Контрольні запитання. 1. Від яких параметрів залежить тиск масла, що створює насос? 2. Що таке коефіцієнт подачі масляного насосу? 3. Від яких параметрів залежить теоретична годинна продуктивність масляного насосу? 4. Як визначається дійсна годинна продуктивність масляного насосу? 5. Причини зменшення коефіцієнта подачі масляного насосу в процесі експлуатації? 6. Які елементи системи мащення додатково можна випробувати на стенді?

Лабораторна робота № 4

Визначення величини подачі насосної секції паливного насосу високого тиску дизельного ДВЗ

1. Обладнання, інструмент. Стенд для дослідження паливних насосів високого тиску (ПНВТ) NC-110, досліджуваний ПНВТ.

2. Основні теоретичні відомості. Конструкція ПНВТ рядного типу (рис. 4.1) включає корпус, в якому закріплені насосні секції, кількість яких відповідає кількості циліндрів ДВЗ. Вони приводяться в рух колінчастим валом двигуна завдяки обертанню кулачків та роликів штовхачам.

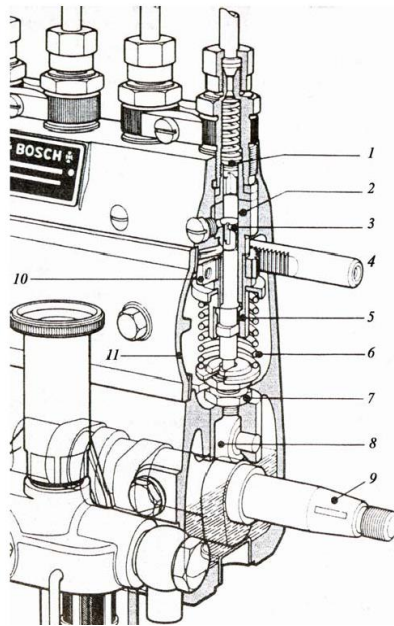


Рис. 4.1. Конструкція секції рядного ПНВТ:
1 – нагнітальний клапан; 2 – втулка плунжера; 3 – плунжер; 4 – рейка; 5 – поворотна втулка; 6 – пружина плунжера; 7 – регулювальний гвинт; 8 – роликів штовхач; 9 – кулачковий вал; 10 – зубчастий хомут; 11 – люк

Насосна секція ПНВТ, яка безпосередньо здійснює процес нагнітання палива, працює наступним чином (рис. 4.2). Плунжер під час руху донизу, відкриває впускне вікно і паливо через канал заповнює верхню порожнину над плунжером. Рухаючись доверху плунжер в момент перекриття впускного вікна у втулці починає стискати паливо. Процес підвищення тиску спричиняє відкриття нагнітального клапана і паливо подається до форсунки, яка впорскує його в циліндр двигуна. Процес впорскування триває до моменту, коли відсічна кромка каналу на плунжері співпадає з відсічним вікном. В цьому разі паливо, маючи менший опір для перетікання, рухається через зливне вікно. Тиск палива над плунжером різко зменшується, нагнітальний клапан закривається і процес нагнітання палива до форсунки закінчується.

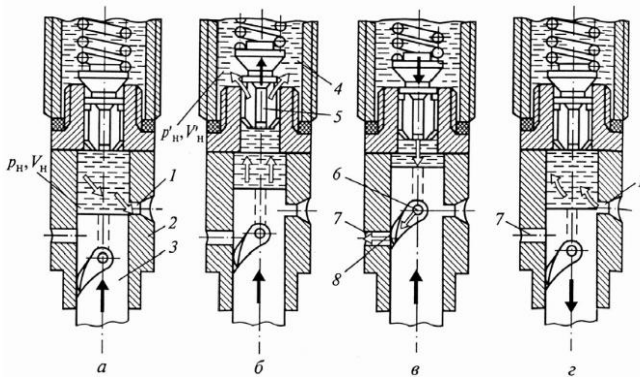


Рис. 4.2. Схема роботи секції ПНВТ:

- а – процес витиснення; б – процес нагнітання (впорскування);
- в – процес відсікання; г – процес наповнення; 1 – впускне вікно;
- 2 – втулка; 3 – плунжер; 4 – штуцер; 5 – нагнітальний клапан;
- 6 – отвір; 7 – зливне вікно; 8 – відсічна кромка

Кількість подачі палива регулюється обертанням плунжера навколо його поздовжньої осі за допомогою зубчастої рейки. Під час повороту плунжера, завдяки косій відсічній кромці, міняється момент відкриття пропускного вікна. Завдяки цьому тривалість подачі палива стає більшою чи меншою в залежності від напрямку обертання.

Необхідна кількість палива для роботи двигуна на сталих обертах колінчастого валу забезпечується регулятором. Вони бувають однорежимними, дворежимними або всережимними, за конструкцією – механічними, відцентровими або електронними.

Відповідне значення моменту початку впорскування палива забезпечує муфта випередження впорскування палива, через яку здійснюється привод ПНВТ. Під час збільшення частоти обертання тягарці, під дією відцентрової сили розходяться, повертаючи кулачковий вал та збільшуючи кут випередження впорскування. При зменшенні частоти під дією пружин тягарці повертаються у початкове положення.

3. Принципова схема установки.

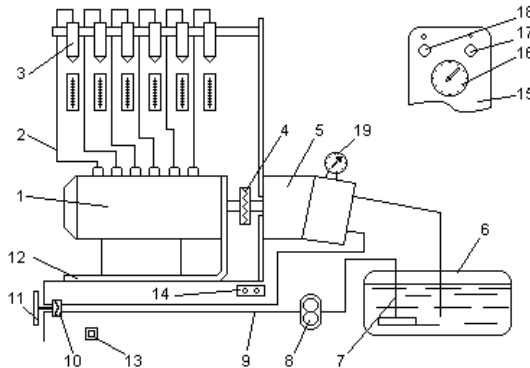


Рис. 4.3. Схема лабораторної установки:

- 1 – ПНВТ рядного типу; 2 – паливопроводи високого тиску;
- 3 – еталонні форсунки стенду; 4 – з’єднувальна кулачкова муфта стенду; 5 – приводний гідромотор стенду; 6 – масляний резервуар; 7 – лінія всмоктування масляного насосу;
- 8 – масляний насос; 9 – лінія нагнітання масляного насосу;
- 10 – дросель регулювання частоти обертання; 11 – штурвал керування частотою обертання ПНВТ; 12 – станина кріплення ПНВТ; 13 – тумблер включення стенду; 14 – кнопки керування електродвигуном приводу масляного насосу; 15 – пульт керування; 16 – перемикач кількості циклів; 17 – кнопка подачі палива; 18 – тахометр.

4. Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитись з методичними вказівками щодо виконання лабораторної роботи та вивчити основні теоретичні відомості.

2. Вивчити обладнання та правила користування інструментом. Підготувати вимірювальний інструмент. Повторити правила техніки безпеки.

3. На пульті 15 стенду NC-110 встановити за допомогою перемикача 16 кількість циклів упорскування палива (100 циклів). Рейку паливного насоса закріпити у положення максимальної подачі.

4. Включити стенд тумблером 13 і запустити електродвигун приводу паливного насосу вмикачем.

5. Штурвалом 11 встановити частоту обертання валу ПНВТ 150 об/хв. Частота обертання контролювати за допомогою тахометра 18.

6. Визначити продуктивність кожної насосної секції, натискуючи на кнопку 17 подачі палива з форсунок у мірні колби.

7. Провести вимірювання продуктивності насосної секції відповідно до пунктів 5 і 6 для частот обертання валу ПНВТ 750 об/хв. та 1050 об/хв.

8. Результати вимірів заносяться в стовпці 3...8 протоколу вимірювань (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1

Протокол вимірювань

№ з/п	Частота обертання n, об/хв	Подача палива форсунками за 100 циклів						Середня подача палива $Q_{ср}$, см ³	Циклова подача палива g_c , г/кВт·г	Нерівномірність подачі δ , %
		Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	150									
2	750									
3	1050									

Умовні позначення: n – частота обертання кулачкового валу

ПНВТ, об/хв.; i – кількість циклів вимірювання ($i=100$); Q_i – подача палива форсункою за i -циклів, см^3 ; Q_{cp} – середня подача, см^3 ; $q_{\text{ц}}$ – циклова подача, г/цикл ; δ – нерівномірність подачі, %.

5. Розрахункові формули:

$$1. Q_{\text{CP}} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6}{6}, \text{ см}^3 - \text{середня подача}$$

палива форсунками за i циклів;

$$2. q_{\text{ц}} = \frac{Q_{\text{CP}}}{100} \cdot \rho_{\text{T}}, \text{ г/цикл.} - \text{циклова подача палива;}$$

ρ_{T} – густина палива у г/см^3 ($\rho_{\text{T}} = 0,842 \text{ г/см}^3$)

$$3. \delta = \frac{2 \cdot (Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}})}{Q_{\text{max}} + Q_{\text{min}}} \cdot 100\%,$$

Q_{max} та Q_{min} – відповідно, максимальне та мінімальне значення подачі Q_i з одного рядка таблиці 4.1.

Зміст звіту лабораторної роботи:

1. Тема і мета лабораторної роботи.
2. Прилади та обладнання.
3. Схема установки з номерами позицій.
4. Протокол лабораторної роботи.
5. Проведені розрахунки.
6. Висновки за результатами лабораторної роботи.

6. Контрольні запитання. 1. Які типи ПНВТ використовуються на автотракторних ДВЗ? 2. Який елемент ПНВТ відповідає за створення тиску палива? 3. Чим здійснюється регулювання кількості подачі палива секцією ПНВТ? 4. Для чого необхідно забезпечувати рівномірну подачу палива в циліндри двигуна? 5. Яка допускається нерівномірність подачі палива форсунками? 6. Як проводиться регулювання подачі палива форсунками?

Лабораторна робота № 5 Перевірка технічного стану паливних форсунок

дизельного ДВЗ

1. Обладнання, інструмент. Тестер дизельних форсунок Mag-Pol M57686, паливні форсунки дизельного ДВЗ, перехідні штуцери та універсальний набір ключів.

2. Основні теоретичні відомості. Одним із основних елементів паливної системи дизельного ДВЗ є форсунка, яка розпилює паливо, забезпечує рівномірну подачу по циліндрах та точне дозування. За рахунок великого тиску впорскування розпилене паливо ефективно перемішується з повітрям, що безпосередньо впливає на процес сумішоутворення, а отже, і на основні параметри роботи дизеля.

Загалом конструкція паливної форсунки включає металевий корпус, розпилювач, всередині якого знаходиться запірна голка з пружиною та сітчастий фільтр. Також до складу форсунки входить керуючий елемент, який за принципом роботи може бути механічним, електромагнітним чи п'єзоелектричним. Деякі паливні системи дизельних ДВЗ обладнані насос-форсунками, які комплексно стискають паливо до необхідного тиску та розпилюють його.

Більшість сучасних дизельних двигунів комплектуються системами живлення з електрогідравлічними або п'єзоелектричними форсунками. В даному випадку процесом подачі палива керує соленоїд (електромагнітний клапан), який в певний момент забезпечує регулювання тиску палива в відповідній камері, що створює умови для відкриття або закриття розпилювача форсунки.

Паливна форсунка (рис. 5.1) складається з корпусу 4 та розпилювача 1, який кріпиться гайкою 3. В нижній частині розпилювача 1 є декілька отворів для подачі палива в камеру згоряння. Їх кількість та взаємне розташування визначається з умови рівномірного розподілу палива в циліндрах двигуна. Для цього розпилювач встановлюється в заданому положенні відносно корпусу форсунки за допомогою штифтів 17. Запірна голка 2 прижимається до конуса корпусу пружиною 6 і штангою 5. Необхідне зусилля притискання регулюється жорсткістю пружини 6 за допомогою гвинта 9 у стакані 8. Утримує

регулювальний гвинт у заданому положенні контргайка 10. Герметичність між корпусом форсунки 4 і ковпаком 11 забезпечує прокладка 7. Форсунка фіксується фланцем, який має отвори під шпильки кріплення.

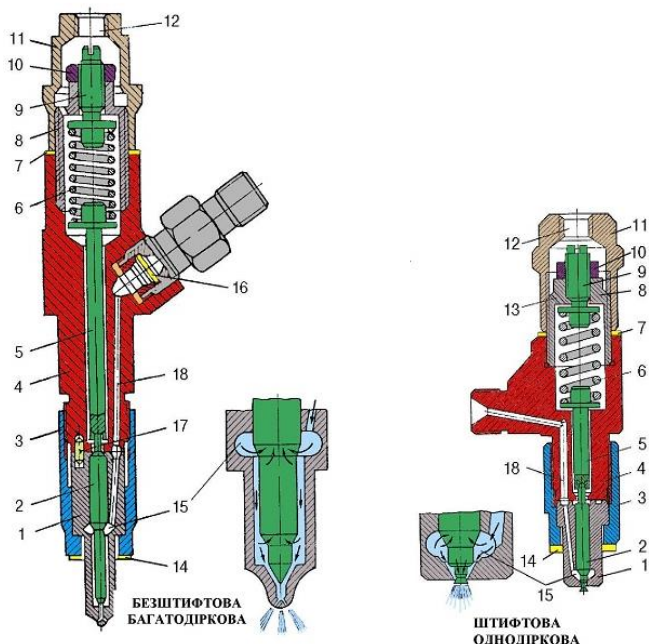


Рис. 5.1. Конструкція паливних форсунок дизельного ДВЗ:

- 1 – корпус розпилювача; 2 – запірна голка; 3 – гайка розпилювача; 4 – корпус форсунки; 5 – штанга; 6 – пружина; 7, 14 – прокладки; 8 – стакан пружини; 9 – регулювальний гвинт; 10 – контргайка; 11 – ковпак; 12, 13 – отвори для зливання палива; 15 – паливна камера; 16 – сітчастий фільтр; 17 – штифт; 18 – паливний канал.

Паливний насос здійснює подачу палива, яке через штуцер і сітчастий фільтр 16 потрапляє каналом 18 у паливну камеру 15 корпусу розпилювача. В момент, коли тиск палива у камері підвищився до 17,5...18,0 МПа, голка, долаючи опір пружини 6, піднімається, і паливо через отвори впорскується у камеру

згоряння. По завершенню подачі палива, за рахунок зменшення тиску, голка розпилювача, під дією пружини, переміщається донизу і закриває отвори в корпусі розпилювача. В результаті цього впорскування палива припиняється. Невелика частина палива, яке перетікає через зазор між голкою і корпусом розпилювача, відводиться через отвір 13 на злив.

Форсунка, яка має однодірчастий розпилювач, називається штифтовою. В конструкції таких форсунок передбачено конусне виконання штифта, що забезпечує необхідний кут розпилення палива.

3. Схема лабораторної установки.



Рис. 5.2. Конструкція тестера дизельних форсунок:
1 – корпус; 2 – привідний важіль ручного насосу високого тиску; 3 – ємність для дизельного палива; 4 – манометр;
5 – штуцер для кріплення досліджуваної форсунки;
6 – розподільник; 7 – вентиль запірного клапана.

4. Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитись з методичними вказівками щодо виконання

лабораторної роботи та вивчити основні теоретичні відомості.

2. Вивчити обладнання та правила користування інструментом. Підготувати вимірювальний інструмент. Повторити правила техніки безпеки.

3. Зняту з двигуна форсунку очистити та промити. Розібрати форсунку та перевірити рухомість голки розпилювача в корпусі.

4. Промити та зібрати форсунку та відкрити запірний клапан вентилем 7 для під'єднання манометра 4.

5. Встановити форсунку на тестер та провести нагнітання палива привідним важелем 2 ручного насосу високого тиску. Зафіксувати за допомогою манометра тиск початку підйому голки розпилювача форсунки.

6. Визначити (візуально) якість розпилювання палива відключивши манометр 4 вентилем 7, при цьому здійснювати нагнітання палива важелем 2 з частотою 70...80 разів на хвилину та спостерігаючи за факелом палива (розпилювання палива повинно бути у вигляді туману, без видимих крапель та струменів).

7. Перевірити герметичність форсунки спостерігаючи за падінням тиску (зменшення тиску на 1,0 МПа допускається, якщо час падіння більший за 20 с).

8. Результати вимірів заносяться в протокол вимірювань (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1

Протокол вимірювань

№	Назва параметра	Одиниця виміру	Форсунки			
			1	2	3	4
1.	Тиск впорскування	МПа				
2.	Герметичність розпилювача форсунки (час падіння тиску)	с.				
3.	Якість розпилювання (характер звуку)	-				

Зміст звіту лабораторної роботи:

1. Тема і мета лабораторної роботи.
2. Прилади та обладнання.
3. Схема установки з номерами позицій.
4. Протокол лабораторної роботи.
5. Висновки за результатами лабораторної роботи.

5. Контрольні запитання. 1. Які основні несправності паливної апаратури є причиною порушення нормального процесу сумішоутворення двигуна при його експлуатації? 2. Які технічні засоби можна використати для перевірки технічного стану паливних форсунок дизельного ДВЗ? 3 Назвіть основні елементи паливної системи дизеля та параметри їх контролю. 4. Які типи паливних форсунок використовуються в сучасних дизельних ДВЗ? 5. З яких основних елементів складається паливна форсунка дизельного ДВЗ?

Лабораторна робота № 6 **Зняття зовнішньої швидкісної характеристики** **бензинового ДВЗ**

1. Обладнання, інструмент. Стенд обкатувально-гальмувальний КІ-5543 зі встановленим бензиновим ДВЗ.

2. Основні теоретичні відомості. Двигуни сучасних тракторів та автомобілів у реальних експлуатаційних умовах працюють у широкому діапазоні зміни швидкісних та навантажувальних режимів. Величина зміни значень режимів роботи може відбуватися незалежно один від одного, при цьому на будь-якому зі швидкісних режимів може мати місце зміна навантаження від нуля до максимального. При цьому на основні показники двигуна одночасно впливає багато факторів, врахувати загальний вплив яких майже неможливо. Тому доцільно встановити залежність основних параметрів роботи двигуна в деяких сталих умовах (постійний швидкісний режим, постійне положення органу керування подачею палива тощо).

Характеристикою двигуна називається графічна залежність основних показників його роботи від одного з факторів, що впливають на них, за деяких сталих умов. Назва та вид характеристики визначається змінним параметром, який

вибирається з експлуатаційних або конструктивних факторів (частота обертання колінчастого валу, потужність, витрата палива, кут випередження запалення, коефіцієнт надлишку повітря та ін.).

Для отримання відповідної графічної залежності один параметр роботи двигуна виступає в ролі змінного фактору, значення інших залишаються постійними. За таких умов визначаються основні показники роботи двигуна, які є залежними змінними, або функціями характеристик. Найчастіше в якості залежних змінних приймаються: ефективна потужність двигуна, крутний момент, частота обертання колінчастого валу, годинна та питома витрати палива. Відповідно до того параметра, який вибирається як незалежна змінна, отримують різні характеристики двигунів.

Частота обертання колінчастого валу має вагомий вплив на параметри робочого циклу та основні показники роботи двигуна. Збільшення частоти обертання колінчастого валу є одним із найбільш ефективних способів підвищення потужності двигунів. Тому дослідження закономірностей, які дозволять встановити характер зміни основних параметрів робочого циклу та показників роботи двигуна від частоти обертання колінчастого валу, дозволяє визначити найбільш раціональні методи підвищення ефективності застосування двигунів тракторів та автомобілів.

Швидкісна характеристика двигуна зображується у вигляді графічних залежностей зміни ефективної потужності, середнього ефективного тиску, крутного моменту, годинної та питомої витрат палива від частоти обертання колінчастого валу. Визначення даної характеристики для бензинових ДВЗ проводиться при повністю відкритій дросельній заслінці, а для дизельних – при максимальній подачі палива.

Проведений аналіз швидкісної характеристики дозволяє:

- а) визначити абсолютні значення потужності, крутного моменту та витрат палива досліджуваного двигуна;
- б) встановити характер зміни основних показників двигуна залежно від частоти обертання колінчастого валу;
- в) визначити коефіцієнт пристосованості двигуна та оцінити

його динамічні характеристики;

г) отримати питомі показники даного двигуна та здійснити порівняльний аналіз їх з питомими показниками інших двигунів.

Швидкісні характеристики, які отримані аналогічно зовнішній швидкісній характеристиці, але зняті при незмінному проміжному положенні дроселя (часткове відкриття дроселя), або неповній (частковій) подачі палива називаються частковими швидкісними характеристиками. Ці характеристики двигуна знімаються для отримання значень, необхідних під час розрахунків техніко-експлуатаційних властивостей автомобіля.

Знімають зазвичай серію часткових швидкісних характеристик при 20, 40 і 60% відкриття дросельної заслінки, щоб охопити весь діапазон роботи двигуна при часткових навантаженнях.

3. Принципова схема установки.

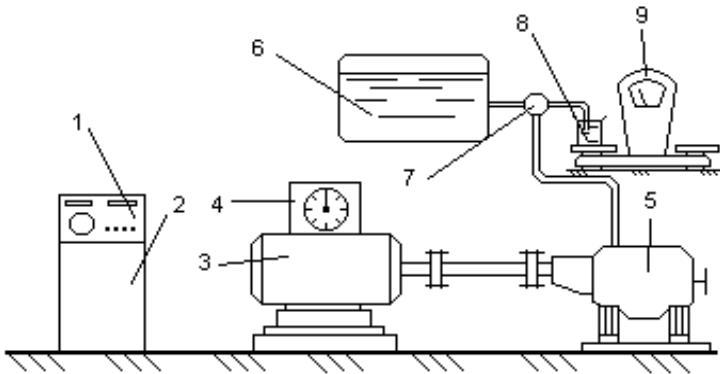


Рис. 6.1. Схема лабораторної установки:

1 – пульт керування; 2 – електрична шафа; 3 – електрична машина зворотної дії; 4 – вимірювальний прилад; 5 – двигун; 6 – паливний бак; 7 – кран подачі палива; 8 – мірна колба з паливом; 9 – вага

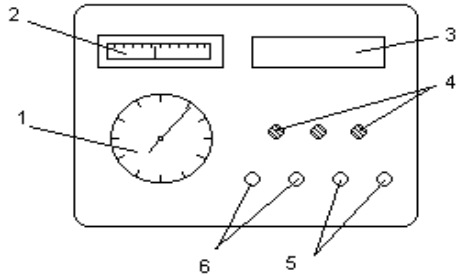


Рис. 6.2. Схема пульта керування:

- 1 – манометр; 2 – показник температури; 3 – цифровий тахометр;
 4 – сигнальні лампи; 5 – кнопки керування електродами реостату;
 6 – кнопки подачі напруги

4. Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитись з методичними вказівками щодо виконання лабораторної роботи та вивчити основні теоретичні відомості.

2. Вивчити обладнання та правила користування інструментом. Підготувати вимірювальний інструмент. Повторити правила техніки безпеки.

3. Подати напругу на стенд вимикачем. Ввімкнути електромашину натисканням на кнопку 6. Натисканням на кнопку 5 повністю занурити електроди. Після запуску двигуна, перед зняттям швидкісної характеристики прогріти його до досягнення робочої температури охолоджуючої рідини.

4. Зняття швидкісної характеристики проводять з повністю відкритою дросельною заслінкою та починають з мінімально стійкої частоти обертання колінчастого валу. Для досягнення цього, поступово збільшуючи навантаження на гальмо, знижують частоту обертання колінчастого валу, поки двигун не почне працювати нерівномірно і з перебоями. Після цього, зменшуючи навантаження на гальмі, збільшують частоту обертання колінчастого валу до виявлення мінімально стійкої частоти обертання, коли двигун працює рівномірно і без перебоїв. Кран подачі палива встановити у положення "Вимір".

5. Проводити вимірювання витрати палива на протязі 2 хвилин (120 с.), а за допомогою ваги фіксувати витрату пального, зафіксувати

показники вагового механізму 4 стенда (рис. 5.1) та швидкості обертання за тахометром 3 (рис.5.2).

6. Кран подачі палива 7 (рис.5.1) встановити у положення "Залив", заповнити вимірювальну колбу. Натиснути на кнопку 5 підняти електроди і зменшити таким чином навантаження на двигун на 20 % від максимального (для наступних дослідів зменшувати навантаження відносно попереднього значення).

7. Повторити дослідження відповідно до пунктів 5 та 6 три рази.

8. Заглушити двигун, вимкнути електроживлення стенду.

9. Результати вимірів заносяться в стовпці 3...6 протоколу вимірювань (таблиця 6.1).

Таблиця 6.1

Протокол вимірювань

№ п/п	τ , с	n , об/хв	P_T , кг	$G_{п}$, г	$G_{к}$, г	$M_{к}$, Н·м	N_e , кВт	ΔG , г	G_T , кг/год	g_e , г/кВт·год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1										
2										
3										
4										
5										

Умовні позначених: τ – час дослід, с; n – частота обертання колінчастого валу ДВЗ, об/хв; $G_{п}$ – початкова вага палива, г; $G_{к}$ – вага палива в кінці дослід, г; $M_{к}$ – крутний момент, Н·м; N_e – потужність двигуна, кВт; ΔG – витрата палива за час дослідження, г; G_T – годинні витрати палива, кг/год.

5. Розрахункові формули:

- $\Delta G = G_{п} - G_{к}$, г – паливо, витрачене за час дослідження;
- $G_T = \frac{3,6 \cdot \Delta G}{\tau}$, кг/год – годинні витрати палива;
- $M_{к} = 7,023 \cdot \frac{P_T}{\eta_T}$, Н·м – значення крутного моменту ДВЗ;

4. $N_e = 0,735 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{P_T \cdot n}{\eta_T}$, кВт – значення потужності ДВЗ;
5. $g_e = \frac{G_T}{N_e} \cdot 10^3$, г/(кВт·год) – питомі витрати палива;

Зміст звіту лабораторної роботи:

1. Тема і мета лабораторної роботи.
2. Прилади та обладнання.
3. Схема установки з номерами позицій.
4. Протокол лабораторної роботи.
5. Проведені розрахунки.
6. Графік зовнішньої швидкісної характеристики ДВЗ.
7. Висновки за результатами лабораторної роботи.

6. Контрольні запитання. 1. Що таке зовнішня швидкісна характеристика ДВЗ? 2. У чому різниця між зовнішньою і частковою характеристиками ДВЗ? 3. Вкажіть необхідні умови для експериментального визначення зовнішньої швидкісної характеристики ДВЗ. 4. Які параметри і показники визначаються під час дослідження і за допомогою яких приладів? 5. Дайте аналіз графіків зовнішньої швидкісної характеристики ДВЗ? 6. Що таке коефіцієнт пристосовування ДВЗ і як він визначається? 7. Як визначити витрату палива під час дослідження? 8 Як через показники навантажувального пристрою визначити крутний момент ДВЗ?

Лабораторна робота № 7

Визначення густини нафтопродуктів та наявності в них механічних домішок

1. Обладнання, інструмент. Нафтоденсиметри, мірні циліндри, відстійник, набір пробірок, колби ємністю 50 см³ і 250см³, фільтрувальний папір, водний розчин метилоранжу, спиртовий розчин фенолфталеїну, водний розчин перманганату калію, проби бензинів марок А-92, А-95, А-98 та дизпалива (літнього, зимового).

2. Основні теоретичні відомості. Паливо для двигунів повинно періодично перевірятися на наявність у ньому домішок

і води. Це здійснюють простими методами або за допомогою спеціальних приладів чи установок.

Аналізуючи наочно вигляд палива, відзначають його забарвлення, наявність характерного запаху, прозорість, як швидко проходить процес випаровування та маслянистість.

Бензини термічного крекінгу фактично не мають забарвлення, але протягом декількох тижнів після їх виготовлення, вони починають забарвлюватися смолами.

Трохи жовтий і світло-коричневий колір бензину може бути зумовлений вмістом у ньому розчинених смолистих речовин або забрудненням олівам.

Запахи палива різного походження легко відрізнити. Дизельне паливо має слабкий запах. За своїм характером він є ідентичним для багатьох нафтопродуктів (за винятком бензинів та гасів). Зимові сорти дизельного палива у своєму складі містять гас; тому за запахом вони можуть бути подібними до гасу.

При визначенні випаровуваності беруть одну краплину палива, що досліджується, за допомогою скляної палички, наносять її на білий папір і дають йому випаруватися. Автомобільний бензин випаровується повністю за 1 хвилину. Для прискорення випаровування папір можна трохи провітрювати. Через 1 хвилину на папері залишаються незначні сліди (плями), що випаровуються лише при допоміжному незначному нагріванні паперу над електроплиткою. Дизельне паливо залишають на папері жирні плями, які протягом декількох хвилин залишаються незмінними.

Сторонні (органічні та неорганічні) речовини, що містяться в паливі й олівах, називаються механічними домішками. Із навколишнього середовища вони потрапляють у паливно-мастильні матеріали під час експлуатації, транспортування, заправки і зберігання. Найнебезпечнішим є присутність абразивних частинок, що сприяють сильному зношенню деталей машин (особливо прецизійних пар тертя гідроагрегатів і двигуна), скорочуючи термін їхньої служби та зумовлюючи раптові відмови.

Усі стандартні способи визначення механічних домішок у

нафтопродуктах є кількісними, тому паливо треба періодично перевіряти на наявність у ньому механічних домішок і води як найпростішими способами, так і за допомогою спеціальних приладів.

Густина – це маса речовини, що знаходиться в одиниці об’єму. В системі СІ густину вимірюють в кг/м³, однак на практиці частіше всього мають справу з безрозмірною величиною – відносною густиною нафти чи нафтопродукту. Остання характеризує відношення їх маси до маси води при 4°С такого самого об’єму. Густина води при 4°С приймається за одиницю. Густину нафтопродуктів визначають при стандартній температурі 20°С і позначають символом ρ_{20} . В тих випадках, коли температура визначення густини відрізняється від 20°С, отримані значення густини ρ_t при t°С приводять до стандартного за формулою:

$$\rho_{20} = \rho_t + \alpha(t - 20), \text{ кг/м}^3$$

де α - температурна поправка на густину (табл. 7.1.).

Таблица 7.1.

Значення температурної поправки

Густина, кг/м ³	Температурна поправка	Густина, кг/м ³	Температурна поправка
690...699	0,910	810...820	0,752
700...710	0,397	820...830	0,738
710...720	0,864	830...840	0,725
720...730	0,870	840...850	0,712
730...740	0,857	850...860	0,699
740...750	0,844	860...870	0,686
750...760	0,867	870...880	0,673
760...770	0,818	880...890	0,660
770...780	0,805	890...900	0,647
780...790	0,792	900...910	0,633
790...800	0,778	910...920	0,620
800...810	0,760	920...930	0,607

Нафтоденсиметри дозволяють визначити густину

нафтопродуктів в межах $650 \dots 1070 \text{ кг/м}^3$ та різняться між собою точністю вимірювань (ціною поділки).

3. Принципова схема установки.

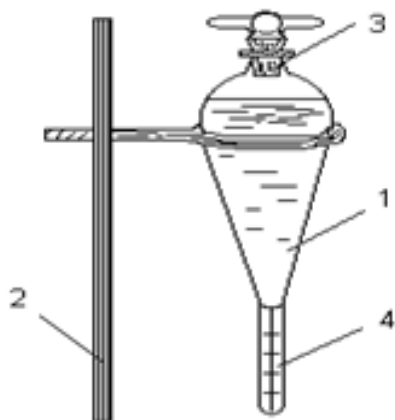


Рис. 7.1. Схема лабораторної установки:
1 – нафтопродукт; 2 – стійка штатива; 3 – пробка; 4 – шкала

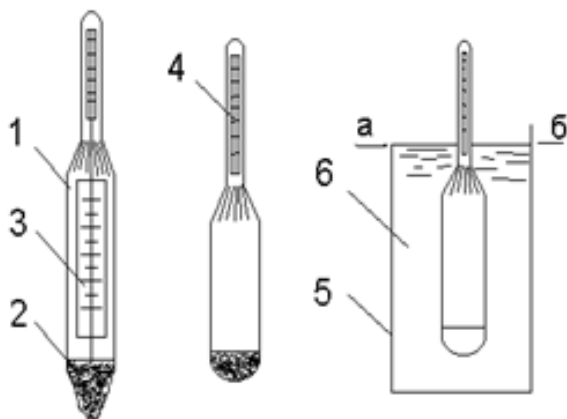


Рис. 7.2. Нафтоденсиметр:
1 – корпус; 2 – вантаж; 3 – термометр; 4 – шкала; 5 – ємність;
6 – нафтопродукт

4. Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитись з методичними вказівками щодо виконання лабораторної роботи та вивчити основні теоретичні відомості.

2. Вивчити обладнання та правила користування інструментом. Підготувати вимірювальний інструмент. Повторити правила техніки безпеки.

3. Відібрані проби палива перелити у чисті сухі колби із безбарвного прозорого скла. Через 1...2 хв., коли бульбашки повітря піднімуться на поверхню, оглянути паливо на світло. Паливо повинно бути прозорим і без частинок, які випали на дно циліндра, сторонніх домішок і крапель води.

4. Досліджуване паливо ретельно перемішати та швидко налити у відстійник (рис.7.1) до рівня 100 см³. Витримати у вертикальному положенні 25...30 хв. За поділками відстійника визначити кількість води і механічних домішок у відсотках.

5. У скляний циліндр 5 (рис. 7.2) обережно налити досліджуваний нафтопродукт 6, температура якого може відрізнятись від температури навколишнього середовища не більш як на $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

6. Чистий і сухий нафтоденсиметр 1 повільно й обережно опустити у нафтопродукт, тримаючи його за верхній кінець.

7. Зняти покази по верхньому краю меніска нафтоденсиметра, коливання якого мають бути відсутні. Під час відліку око має знаходитись на рівні меніска (лінія а-б на рис. 7.2), а нафтоденсиметр не повинен дотикатися стінок циліндра. Показ на шкалі нафтоденсиметра відповідає густині нафтопродукту при температурі дослідження.

8. Одночасно зі зняттям показу за шкалою нафтоденсиметра визначити температуру нафтопродукту за внутрішнім або додатковим термометром, занурюючи його в нафтопродукт.

9. Отриману величину густини привести до стандартних значень використовуючи вище наведені залежності. Наприклад:
 $\rho_{20} = \rho_t \pm \alpha (t - 20) = 727 + 0,817 (17 - 20) = 724 \text{ кг/м}^3$.

10. Результати вимірів заносяться до протоколу вимірювань (таблиця 7.2).

Таблиця 7.2.

Протокол вимірювань

№ з/п	Покази нафтоденсиметра ρ_t , кг/м^3	Температура нафтопродукту, $t^\circ\text{C}$	Температурна поправка α , $\text{кг/(\text{м}^3\cdot^\circ\text{C})}$	Приведена густина нафтопродукту ρ_{20} , кг/м^3
1				

Зміст звіту лабораторної роботи:

1. Тема і мета лабораторної роботи.
2. Прилади та обладнання.
3. Схема установки з номерами позицій.
4. Протокол лабораторної роботи.
5. Проведені розрахунки.
6. Висновки за результатами лабораторної роботи про відповідність визначених кількісних показників якості нафтопродукту нормам стандарту.

5. Контрольні запитання. 1. Чим обумовлений той чи інший колір бензину? 2. Що називають механічними домішками? 3. Чому стандартами не допускається наявність механічних домішок у нафтопродуктах? 4. Які методи застосовують для визначення наявності механічних домішок у нафтопродуктах і в чому їх суть? 5. За допомогою якого приладу вимірюється густина нафтопродукту? 6. Для чого необхідно знати густину нафтопродукту? 7. Які методи існують для визначення густини нафтопродуктів та в чому їх суть? 8. Як привести густину до стандартних умов?

Лабораторна робота № 8

Визначення кінематичної в'язкості дизельного палива

1. Обладнання, інструмент. Віскозиметр, установка для визначення низькотемпературних властивостей дизельного палива, секундомір, водяна баня, термометр проби дизпалива (літнього, зимового).

2. Основні теоретичні відомості. Дизельне паливо - світло-коричнева масляниста рідина, густина якої знаходиться в межах $780\dots 860 \text{ кг/м}^3$, є продуктом прямої перегонки нафти, можливе

змішування з газойлем каталітичного крекінгу. В склад дизельного палива входять фракції нафти, що википають при температурі від $150^{\circ}\dots 170^{\circ}\text{C}$ до $350^{\circ}\dots 365^{\circ}\text{C}$.

Самозаймання дизпалива - це його здатність загорятися в камері згорання двигуна без стороннього джерела запалювання. При вчасному займанні суміш згоряє швидко, але достатньо плавно, без перевантажень, забезпечує максимальну потужність і необхідну економічність двигуна. Самозапалювання палива з запізненням призводить до жорсткої роботи двигуна, нагадує роботу бензинового двигуна з детонацією. При цьому деталі двигуна перевантажуються, швидше зношуються і виходять з ладу.

В'язкістю (внутрішнім тертям) називають властивість рідини чинити опір течії (взаємному переміщенню її шарів) під дією зовнішньої сили. Зовні в'язкість проявляється в мірі текучості рідини: чим менша в'язкість, тим більша текучість рідини, і навпаки. Опір переміщенню шарів рідини створюють сили молекулярного зчеплення. Якщо наливати через лійку, наприклад, бензин і моторну оливу, то за рівні проміжки часу бензину проллється значно більше, ніж оливи.

В'язкість розрізняють динамічну η і кінематичну ν . Динамічна в'язкість η є коефіцієнтом внутрішнього тертя і вимірюється силою опору в $F=1\text{Н}$ при взаємному зміщенню двох шарів рідини площею $S=1\text{м}^2$, що знаходяться на відстані $dx=1\text{м}$ один від одного і переміщуються з відносною швидкістю $dV=1\text{м/с}$.

Кінематична в'язкість ν – це відношення динамічної в'язкості рідини η до її густини ρ при однакових температурах (питомий коефіцієнт внутрішнього тертя).

Кінематична в'язкість - міра опору рідини течії під впливом гравітаційних сил. Кінематичну в'язкість (ν) розраховують, як добуток виміряного часу витікання (τ) і сталої віскозиметра (κ). У системі СІ одиницями кінематичної в'язкості є: $1\text{ м}^2/\text{с}$; $1\text{Ст(стокс)}=10^{-4}\text{м}^2/\text{с}$. На практиці використовують менші одиниці: $1\text{ мм}^2/\text{с}=10^{-6}\text{м}^2/\text{с}$; $1\text{сСт}=1\text{ мм}^2/\text{с}$. Допускається застосовувати одиницю вимірювання кінематичної в'язкості сантистокс сСт.

Кількісні вимірювання абсолютної в'язкості викликають

значні труднощі. Зазвичай, виконують порівняльні вимірювання і в'язкість рідини визначають відносно іншої рідини (води), в'язкість якої знайдено за допомогою будь-якого абсолютного методу. Такий спосіб визначення фізико-хімічних констант шляхом відносних вимірювань, результати яких порівнюють після 3 аналогічних вимірювань, проведених для стандартної речовини, застосовують дуже часто. Абсолютні вимірювання для стандартної речовини вимагають багато часу, а відносні вимірювання проводяться легко, швидко і з високим ступенем точності.

Таким чином, в результаті вимірювання густини обох рідин і часу їх протікання через капіляр можна легко розрахувати в'язкість першої рідини, якщо відома в'язкість другої. В якості стандартної рідини зазвичай беруть воду, яка має при 20°C в'язкість $\nu_2=1\text{сСт}$.

3. Принципова схема установки.

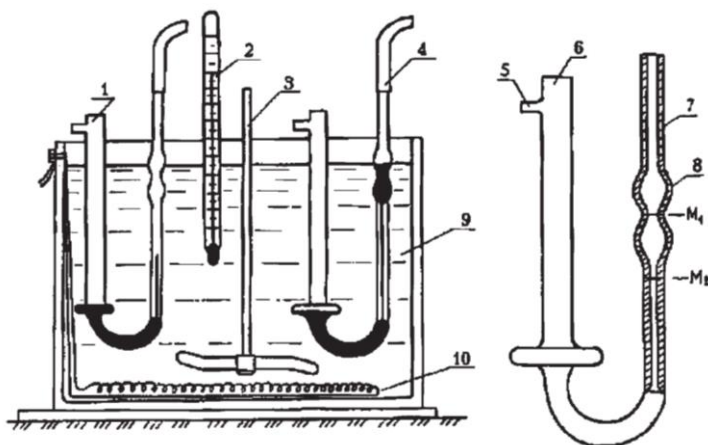


Рис. 8.1. Схема лабораторної установки:

- 1 – вискозиметр; 2 – термометр; 3 – ручний змішувач;
- 4 – відвідна трубка; 6,7 – коліно; 8 – місцеве розширення;
- 9 – нагрівальна рідина; 10 – електричний нагрівач

4. Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитись з методичними вказівками щодо виконання

лабораторної роботи та вивчити основні теоретичні відомості.

2. Вивчити обладнання та правила користування інструментом. Підготувати вимірювальний інструмент. Повторити правила техніки безпеки.

3. Підібрати віскозиметр з розрахунком, щоб час витікання дизельного палива становив не менше 200 с. При меншому часі витікання рідини зменшується точність вимірювання. Для визначення кінематичної в'язкості ($0,6 \dots 17000 \text{ мм}^2/\text{с}$) застосовують капілярний віскозиметр Освальда-Пінкевича.

4. Перед визначенням в'язкості віскозиметр декілька раз промити розчинником, який добре розчиняє дизельне паливо (бензином, нейтральним ефіром, ацетоном), потім розчинником, який повністю випаровується.

5. Просушити віскозиметр слабким потоком чистого сухого повітря до повного видалення слідів розчинника.

6. Очистити за допомогою паперового фільтра пробу дизельного палива, яку відібрали для дослідження.

7. Встановити температуру нагрівальної рідини, необхідну для визначення в'язкості (похибка не більше $\pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$). Розташування термометра забезпечити максимально близько біля віскозиметра на висоті середини його капіляра.

8. Наповнити віскозиметр дизельним паливом. Для цього на відвідну трубку 5 (рис. 8.1) надіти гумову грушу. Закрити коліно 6 і в перевернутому стані опустити коліно 7 віскозиметра в посуд з нафтопродуктом. Заповнити його за допомогою гумової груші до мітки M_2 , слідкуючи за тим, щоб в рідині не було бульбашок повітря. Вийняти віскозиметр, повернути його в початкове положення та злити з кінця коліна 7 надлишок дизельного палива.

9. Помістити вертикально капіляр віскозиметра в нагрівальну рідину, при цьому розширення 8 повинно знаходитися нижче рівня рідини.

10. Протримати віскозиметр в нагрівальній рідині при заданій температурі $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ не менше 15 хвилин. Засмоктати дизельне паливо в коліно 7 приблизно на $1/3$ висоти розширення 8. З'єднати коліно 7 з атмосферою та визначити час переміщення меніска палива від мітки M_1 до мітки M_2 .

11. Повторити дослідження не менше трьох разів з точністю 0,2 с, час витікання повинен бути не менше 200 с. Окремі результати не повинні відрізнятися один від другого більше ніж на 0,5%, в іншому разі треба повторити вимірювання.

10. Провести обробку результатів вимірювань та необхідні розрахунки.

5. Обробка результатів вимірювань

Кінематичну в'язкість досліджуваного палива визначають за формулою:

$$v = k \cdot \tau,$$

де k - стала віскозиметра, $\text{мм}^2/\text{с}^2$; τ - середнє арифметичне значення часу витікання палива з віскозиметра, с.

Динамічну в'язкість (η) в $\text{мПа}\cdot\text{с}$ розраховують за формулою:

$$\eta = v \cdot \rho,$$

де ρ – густина при тій же температурі, за якої визначалась в'язкість, $\text{кг}/\text{м}^3$; v - кінематична в'язкість, $\text{мм}^2/\text{с}$.

Зміст звіту лабораторної роботи:

1. Тема і мета лабораторної роботи.
2. Прилади та обладнання.
3. Схема установки з номерами позицій.
4. Проведені розрахунки кінематичної та динамічної в'язкості дизельного палива.
5. Висновки за результатами лабораторної роботи.

6. Контрольні запитання. 1. Що таке в'язкість? Які існують види в'язкості? 2. Яку в'язкість називають кінематичною? 3. Який прилад застосовують для визначення кінематичної в'язкості? 4. Яка послідовність наповнення віскозиметра дизельним паливом? 5. Як визначити кінематичну та динамічну в'язкості? Чи залежить динамічна в'язкість від кінематичної?

Список рекомендованої літератури

1. Автомобілі. Теорія : навч. посіб. / Сахно В. П., Сирота В. І., Поляков В. М., Головань В. Г., Лисий О.В. Одеса : Військ. акад., 2017. 412 с.
2. Транспортні енергетичні установки (традиційні, нетрадиційні та альтернативні), принцип роботи та особливості будови. / Гутаревич Ю. Ф., Мержиєвська Л. П., Сирота О. В., Трифонов Д. М. Київ : НТУ, 2015. 224 с.
3. Білоконь Я. Ю. Окоча А. В. Трактори і автомобілі : підручник. Київ : Урожай, 2002. 318 с.
4. Трактори та автомобілі. / Лебедев А. Т. та ін.; за ред. А. Т. Лебедева. Київ, 2004. 336 с.
5. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення / Чабанний В. Я. та ін.; за ред. В. Я. Чабанного. Кіровоград, 2008. 353 с.
6. Автомобільні двигуни. / Абрамчук Ф. І., Гутаревич Ю. Ф., Долганов К. Є., Тимченко І. І. Київ : Арістей, 2006. 476 с.
7. Дацюк Л. М., Вржещ М. В. Трактори і автомобілі : навч. посіб. Луцьк : ЛНТУ, 2017. 236 с.