

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра будівельних, колійних та
вантажно-розвантажувальних машин

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт
з дисципліни

«УПРАВЛІННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЄЮ ТА РЕМОНТОМ
БУДІВЕЛЬНИХ, КОЛІЙНИХ ТА
ВАНТАЖНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ РОБІТ»

Харків 2015

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин 9 грудня 2013 р., протокол № 4.

Рекомендуються для студентів спеціальності 8.05050308 «Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання» при вивченні курсу навчальної дисципліни «Управління експлуатацією і ремонтом будівельних, дорожніх і вантажно-розвантажувальних машин».

Укладачі:

асист. П.Є. Коновалов (УкрДУЗТ),
канд. військ. наук Р.О. Гончар (НАНГУ)

Рецензент

доц. Г.М. Афанасов

Лабораторна робота 1

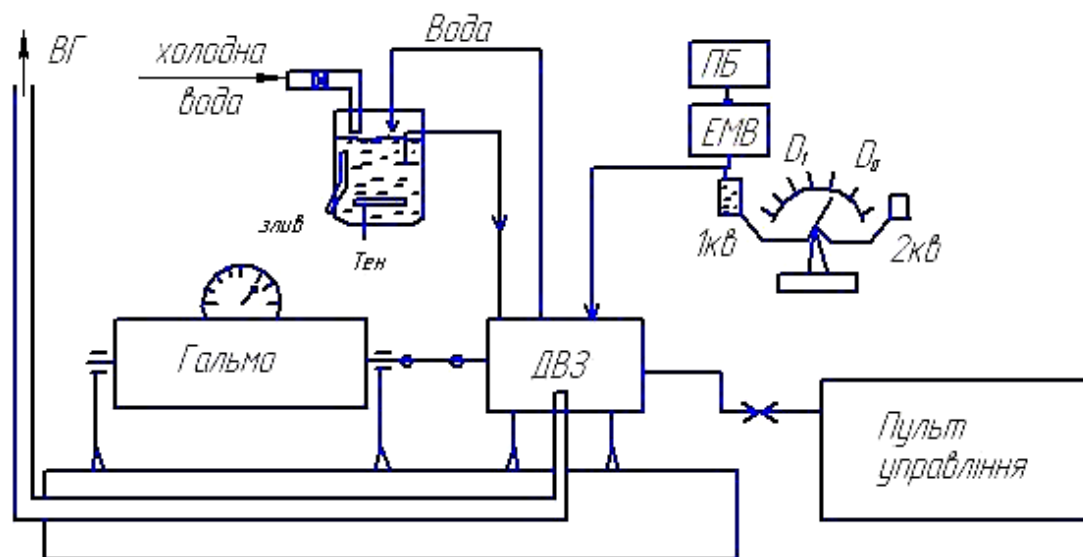
ОБЛАДНАННЯ І ПРИЛАДИ ДЛЯ СТЕНДОВИХ ВИПРОБУВАНЬ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Мета роботи: ознайомлення з пристроєм і роботою стендів, обладнання та приладів, що застосовуються при випробуваннях двигунів.

У стаціонарних умовах двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ) випробовують у спеціально обладнаних приміщеннях (боксах) на спеціальних установках – стендах (рисунок 1.1).

Випробувальний стенд оснащується такими агрегатами:

- пристроєм кріплення двигуна;
- гальмівним пристроєм;
- з'єднувальним пристроєм двигуна і гальма;
- пристроєм охолодження двигуна;
- газовідвідним пристроєм;
- паливним баком;
- органами управління двигуном;
- вимірювальними приладами.



ТБ – паливний бак; ЕМВ – електромагнітний вентиль; 1 кв, 2 кв – кінцеві вимикачі; D1, D0 – датчики початку і кінця вимірювання (часу); ВГ – відпрацьовані газы; ТЕН – трубчастий електронагрівач

Рисунок 1.1 – Схема стенда для випробування двигуна внутрішнього згорання

Особливості обладнання для випробування двигунів

Пристрій кріплення двигуна

Для забезпечення безпечної роботи і зниження робочих вібрацій двигун встановлено на бетонному фундаменті, який ізолювано від стін будівлі та підлоги. В основі фундаменту вмонтовані плити, які мають спеціальні отвори для кріплення регульованих по висоті стояків, що дає змогу встановлювати на стенд двигуни різної маси і габаритів.

Гальмівні пристрої

Ефективна потужність двигуна (потужність, що знімається з маховика) поглинається гальмівною установкою. Для випробувань двигунів найчастіше використовують гідравлічні й електричні гальмівні установки.

За особливостями конструкції **гідравлічні гальма** поділяють на дискові, штифтові і лопатеві. На рисунку 1.2 подано схему дискового гальма.

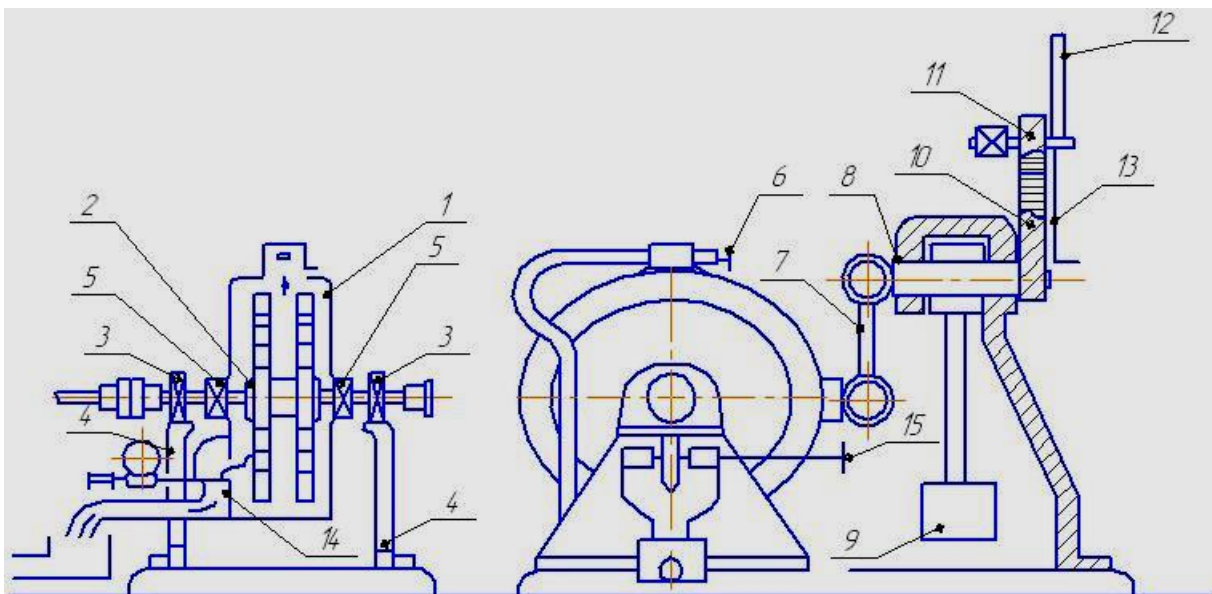


Рисунок 1.2 – Схема дискового гідрогальма

Дискове гальмо складається із закритого литого чавунного корпусу 1, усередині якого вмонтований ротор 2 (вал з диском). Ротор обертається за допомогою вала, який з'єднано з двигуном. Корпус гальма встановлений на підшипниках 3 в нерухомих стояках 4 і має можливість гойдатися, що дає йому додатковий ступінь свободи. Вал ротора спирається на підшипники 5, які

встановлені в корпусі. До корпусу через спеціальні канали і кран 6 подається вода. Потужність, що розвивається двигуном, гаситься силами, які виникають під час обертання ротора у воді. Виділене при цьому тепло відводиться об'ємом води, яка циркулює крізь корпус. Для підвищення ефективності гальмування в дисках виконані наскрізні отвори, а внутрішня поверхня корпусу має додаткову структурну шорсткість.

Внаслідок опору рухові ротора виникають реакції, які збігаються з напрямком обертання ротора і викликають відхилення положення корпусу щодо осі вала. При цьому на тягу 7 і ексцентриковий вал 8 передається реактивний момент. Цей момент урівноважується маятником 9, який відхиляється на кут, що є пропорційним величині реактивного моменту.

На кутове відхилення ексцентрикового вала 8 вказує стрілка 12, яка кінематично зв'язана з ним зубчастою парою 10 та 11. Величина перетвореного реактивного моменту вимірюється градуйованою шкалою 13. При сталому режимі роботи двигуна його крутний момент дорівнює реактивному моменту статора гальма.

Установки з описаним принципом визначення потужності двигуна називаються балансирними.

Зі зміною радіальної ширини кільця води змінюється і величина гальмівного моменту.

Ширина кільцевого шару води регулюється або зміною положення зливного отвору в заслінці 14, або зміною кількості води, що подається при фіксованому положенні зливного отвору.

Перевагами гальм гідравлічного типу є простота конструкції, низька вартість виготовлення, висока енергоємність і низький рівень шуму.

Водночас недоліками таких гальм є: неможливість використовувати енергію, що вивільняється під час гальмування; необхідність у додатковому джерелі енергії в момент запуску двигуна; неможливість проводити холодну обкатку двигуна на вказаній установці; складність автоматичного регулювання навантаження внаслідок великої інерційності конструкції.

Гальма електричного типу здатні працювати як у режимі генератора, так і в режимі двигуна. При цьому ефективна потужність випробовуваного двигуна трансформується в

електричну енергію. Для роботи гальм електричного типу застосовують як змінний, так і постійний струм.

Комплектація машини включає балансиру підвіску, ваговий пристрій, станцію управління, комплект навантажувальних реостатів і пульт управління.

Для випробування двигунів гальма постійного струму мають широке застосування, оскільки відзначаються плавністю і широкими межами регулювання швидкісних та навантажувальних режимів. Схему електричної балансируної машини показано на рисунку 1.3.

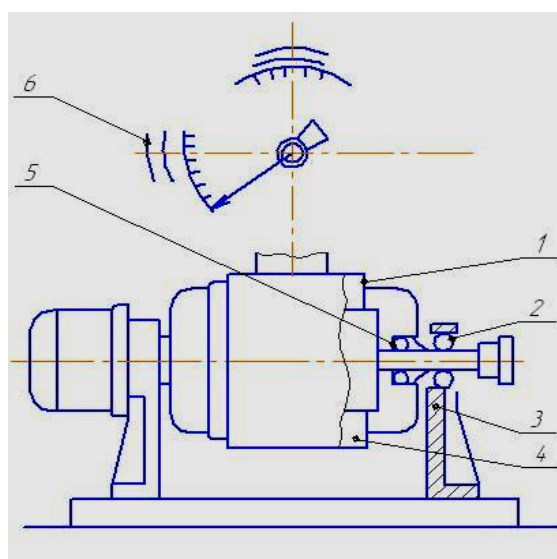


Рисунок 1.3 – Схема електричної балансируної машини

Статор 1 електричної машини спирається на підшипники 2 у стояках 3. Ротор 4 має пару підшипникових опор 5, вмонтованих у корпус. Ротор з'єднується з колінчастим валом двигуна, який випробовується. Статор та ротор, маючи спільну вісь обертання, можуть обертатися незалежно один від одного. Конструкція вагового механізму аналогічна обладнанню, яке розглянуто вище для гідрогальма.

Принцип роботи гальм електричного типу побудований на взаємодії сил магнітних полів ротора і статора залежно від відстані між ними. Величина цих сил регулюється за допомогою змінного електричного опору, включеного у ланцюг якоря, та обмотки збудження статора.

Підбираючи величину електричного опору, регулюють частоту обертання ротора (у режимі двигуна) або навантаження

(у режимі генератора). Точність вимірювання крутного моменту за цим принципом становить $\pm 0,5\%$.

Охолодження двигуна

Охолодження двигуна відбувається об'ємом води, яка надходить у бак під постійним тиском і далі циркулює крізь теплообмінник (радіатор) (рисунок 1.1). Після виходу з двигуна вода спочатку надходить у верхню, а потім у нижню частину теплообмінника, звідки насосом нагнітається у водяну сорочку двигуна. Температура води на вході і виході з двигуна регулюється кількістю поданої холодної води і зливом у каналізацію нагрітої (через верхній патрубок теплообмінника).

Вимірювання частоти обертання колінчастого вала

Частота обертання колінчастого вала вимірюється приладами двох типів: сумарними лічильниками, що фіксують кількість обертів за певний проміжок часу, і тахометрами, що відображають поточне значення частоти обертання. У роботі сучасних випробувальних стендів дистанційне вимірювання частоти обертання здійснюється за допомогою фотометричних імпульсних тахометрів ЦАТ-2М та електронних тахометрів 7 ТЕ.

Тахометри складаються з двох основних елементів: перетворювача і вимірювача. Перший перетворює частоту обертання колінчастого вала в електричні імпульси, а другий служить для вимірювання частоти цих імпульсів.

Схема тахометра типу 7 ТЕ наведена на рисунку 1.4. Перетворювач забезпечує безконтактну реєстрацію і перетворення частоти обертання феромагнітної зубчастої деталі, яка жорстко закріплена на валу двигуна, в послідовність імпульсів. Ці імпульси фіксуються вимірювачем і відображаються на цифровому показнику у вигляді показника частоти обертання вала двигуна ($n, \text{хв}^{-1}$).

У пристрої тахометра ЦАТ-2М використовується фотоелектричний датчик-перетворювач, що дає змогу забезпечувати точність вимірювання частоти обертання $\pm 0,5\%$.

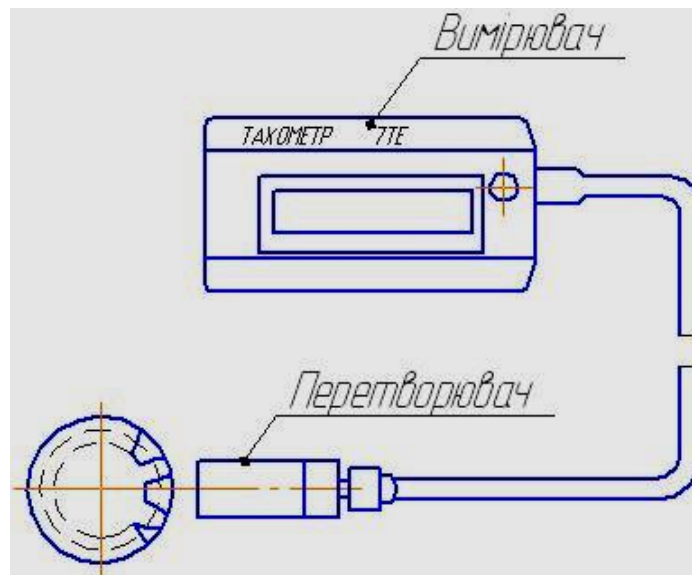


Рисунок 1.4 – Схема тахометра 7 ТЕ

Вимірювання витрати палива

Витрата палива розраховується шляхом вимірювання інтервалів часу, за які двигун витрачає однаковий об'єм палива. Величина цього об'єму вибирається виходячи з того, щоб час заміру становив проміжок приблизно 30–60 с. Найбільш простим і зручним способом вимірювання витрати палива, що застосовується для двигунів, є масовий спосіб (рисунок 1.1), що дає змогу автоматизувати процес вимірювання. Точність вимірювання пристроїв і приладів, що застосовуються, повинна бути не нижчою $\pm 0,5\%$.

Прилади для вимірювання температури

При випробуванні двигунів необхідно вимірювати зміни температур навколишнього повітря, відпрацьованих газів, охолоджуючої рідини і мастила. Зазвичай при вимірюванні температур газів, повітря і робочих рідин використовуються термометри опору. Принцип дії цих термометрів оснований на властивостях зміни електричного опору деяких провідників струму при їх нагріванні. При виготовленні цих термометрів як чутливий елемент використовують платиновий або мідний дріт. За допомогою платинових термометрів вимірюється температура в межах від $+200$ до $+500$ °С, мідних – від $+50$ до $+150$ °С.

Для визначення температури відпрацьованих газів застосовують термоелектричні термометри (пірометри). В основі їх принципу дії лежить використання термоелектричного ефекту,

який виникає в місці спаювання двох провідників струму з неоднорідних металів або сплавів (термопари) при їх нагріванні. Схема термоелектричного термометра подана на рисунку 1.5.

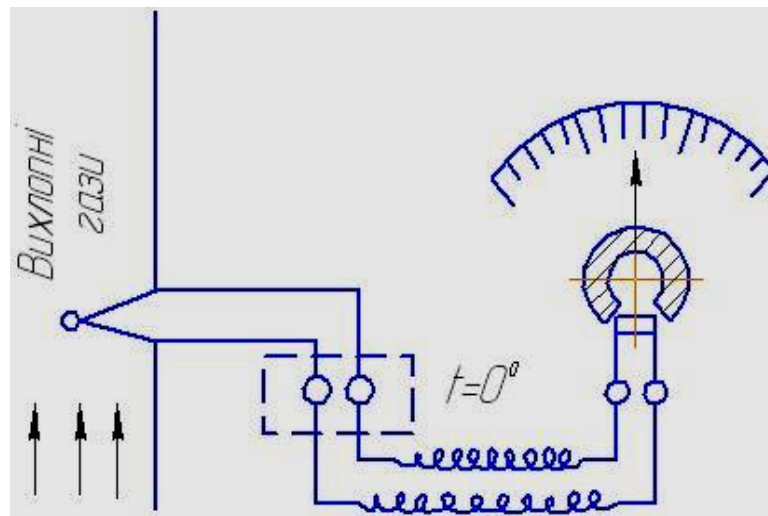


Рисунок 1.5 – Схема термоелектричного термометра

Нагрівання гарячого спаю (точки з'єднання двох провідників, що перебувають при температурі вимірюваного середовища) викликає появу у провідниках електрорушійної сили, величина якої залежить від різниці температур гарячого спаю і матеріалів термопари. Як провідники для вимірювання температури відпрацьованих газів використовують сплави хромель-алюмель (межа вимірювання до $+1000\text{ }^{\circ}\text{C}$) або хромель-копель (до $+500\text{ }^{\circ}\text{C}$). При випробуваннях точність вимірювання температури повітря має бути у межах $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$; температури охолоджуючої рідини і масла $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$; температури відпрацьованих газів $\pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Зміст звіту

- 1 Мета роботи.
- 2 Схема стенда для випробування двигуна внутрішнього згоряння.
- 3 Схема дискового гідрогальма.
- 4 Схема термоелектричного термометра.
- 5 Схема тахометра.
- 6 Схема електричної балансирної машини.

- 7 Методика вимірювання частоти обертання колінчастого вала.
8. Методика вимірювання витрати палива.
9. Методика вимірювання температури.
10. Висновки.

Контрольні питання

- 1 Установки і прилади, що застосовують для випробування двигунів внутрішнього згорання.
- 2 Побудова і принцип дії, переваги і недоліки гідравлічних та електричних гальм.
- 3 Способи вимірювання витрати палива при випробуваннях двигунів.
- 4 Термометри, що застосовуються для вимірювання температур повітря, охолоджуючої рідини і відпрацьованих газів.
- 5 Характеристики точності приладів вимірювання, які застосовуються при випробуваннях двигунів.

Лабораторна робота 2 ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛА

Мета роботи

- 1 Вивчення методів експериментального визначення моменту інерції тіл обертання.
- 2 Ознайомлення з обладнанням і установками, отримання практичних навичок експериментального визначення моменту інерції колінчастого вала.

Загальні відомості

Двигуни внутрішнього згорання – це, як правило, поршневі високооборотні агрегати, які зазнають значних навантажень як від сил робочого тиску газів, так і внаслідок сил інерції. Тому ресурс двигунів багато в чому залежить від маси його деталей, що рухаються та обертаються.

Найбільшого моменту інерції зазнають колінчастий вал і маховик. Причому величина цього моменту визначає точність

настройок швидкості обертання деталей, частоту їх коливань, вібрацій, а також характеристики перехідних процесів.

Моменти інерції колінчастого вала і маховика експериментально визначаються двома найбільш поширеними способами:

- методом «прокачування» – визначенням кутових коливань вала, підвішеного на двох тросах;
- методом «падаючого вантажу» – визначенням дії гравітаційної сили вантажу, який падає, на обертовий вал, що спирається на роликові диски.

Обладнання робочого місця

1 Стенд для визначення моментів інерції тіл обертання методом «падаючого вантажу» (рисунок 2.1).

2 Колінчастий вал.

3 Секундомір.

4 Лінійка.

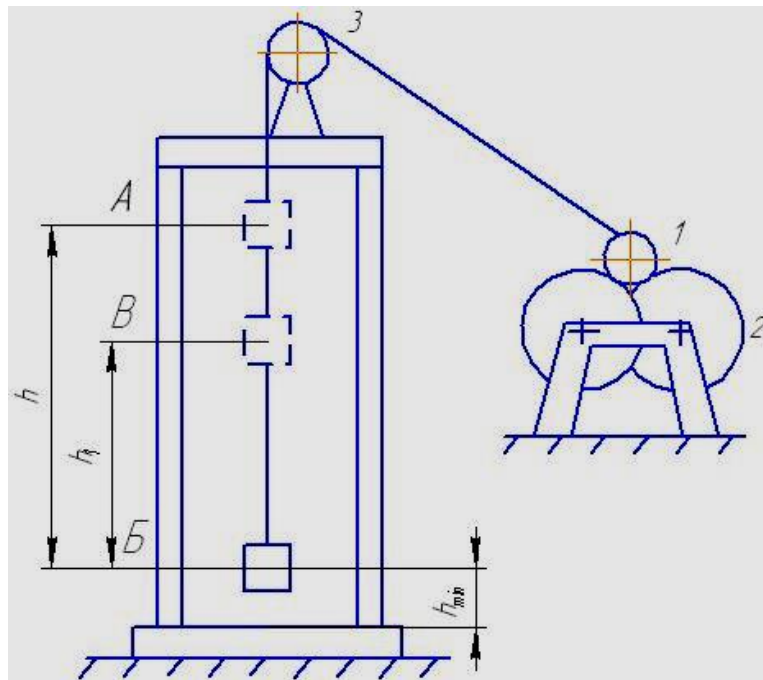
5 Крейда.

Визначення моменту інерції колінчастого вала методом «падаючого вантажу»

Згідно зі схемою, наведеною на рисунку 2.1, встановити вал 1 на дискові опори 2. Закріпити трос на корінній шийці вала і перекинути його через блок 3. Розмістити і зафіксувати вантаж на іншому кінці троса таким чином, щоб при повністю розмотаному тросі відстань h_{\min} становила не менше 50 мм. Можливе також установа вала на дискові опори в комплекті з маховиком.

Підняти вантаж на максимально можливу висоту h (положення A на рисунку 2.1), обертаючи колінчастий вал. Виміряти висоту h підйому вантажу.

Різно відпустити вал. Сила, що виникає при падінні вантажу, розкручує вал. Вантаж досягає нижньої точки (положення B), потім під дією сил інерції підіймається на висоту (положення V) і знову під дією власної ваги опускається в положення B . Відмітки крейдою наносяться на опорному стояку (висота h_1) в точках, які відповідні місцю проміжної зупинки вантажу (положення V). Дослід повторити 3–4 рази і визначити середнє значення h_1 .



1 – колінчастий вал; 2 – дискові опори; 3 – блок; A – максимальна висота підйому вантажу; B – положення вантажу при розмотаному тросі; B – положення вантажу при підйомі за рахунок сил інерції

Рисунок 2.1 – Стенд для визначення моменту інерції тіл обертання методом «падаючого вантажу»

Підняти вантаж на висоту h_1 . Відпустити колінчастий вал, зафіксувати час опускання вантажу в положення B. Повторити дослід 3–4 рази, визначивши середнє значення часу τ падіння вантажу з висоти h . Визначити момент інерції колінчастого вала (колінчастого вала у зборі з маховиком), $\text{кг} \cdot \text{м}^2$, за формулою

$$J_{\epsilon} = m_{\epsilon} \cdot r_{\text{ку}}^2 \cdot \left(\frac{g \cdot \tau^2 \cdot h_1}{(h + h_1) \cdot h} - 1 \right), \quad (2.1)$$

де m_{ϵ} – маса вантажу, кг;

$r_{\text{ку}}$ – радіус корінної шийки колінчастого вала, м;

τ – час падіння вантажу з висоти h , с;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Зміст звіту

1 Мета роботи.

- 2 Схеми установки.
- 3 Методика виконання роботи та результати вимірювань.
- 4 Розрахунок моменту інерції колінчастого вала.
- 5 Висновки.

Контрольні питання

- 1 Мета визначення моменту інерції колінчастого вала двигуна внутрішнього згорання.
- 2 Характеристики методів визначення моменту інерції тіл обертання.
- 3 Як впливає момент інерції колінчастого вала на час розгону його до заданої кутової швидкості під дією постійного крутного моменту?

Лабораторна робота 3

ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ ШАТУНА МЕТОДОМ ФІЗИЧНОГО МАЯТНИКА

Мета роботи

- 1 Визначення моменту інерції шатуна методом фізичного маятника.
- 2 Ознайомлення з методикою експериментального визначення моменту інерції тіл складної геометричної форми, що мають вісь симетрії.

Загальні відомості

Одним із способів експериментального визначення моменту інерції шатуна відносно осі, яка проходить через його центр мас, є метод фізичного маятника. Відповідно до нього шатун, момент інерції якого має бути визначено, підвішується на жорстко закріпленій горизонтальній опорі (рисунк 3.1) і приводиться до руху з малою кутовою амплітудою ($\varphi \leq 10^\circ$).

У такому стані шатун являє собою фізичний маятник з віссю гойдання O_1 . Нехтуючи тертям у точці підвішування й опором повітря, можна вважати, що рух шатуна як фізичного маятника описується рівнянням

$$J_1 = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + m_{ш} \cdot g \cdot l_1 \cdot \sin \varphi = 0, \quad (3.1)$$

де J_1 – момент інерції відносно осі гойдання O_1 , кг·м²;

φ – кут відхилення поздовжньої осі шатуна від вертикалі, рад;

$m_{ш}$ – маса шатуна, кг;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81$ м/с²;

l_1 – відстань від центра мас до осі підвішування O_1 , м.

У цьому рівнянні використовується приблизна рівність $\sin \varphi \approx \varphi$. Тому для зменшення похибки внаслідок прийнятих умов амплітуда коливання має бути знижена до мінімального значення ($\varphi < 10^\circ$). Після відповідної підстановки і ділення обох частин рівняння на J_1 маємо

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + \frac{m_{ш} \cdot g \cdot l_1}{J_1} \cdot \varphi = 0. \quad (3.2)$$

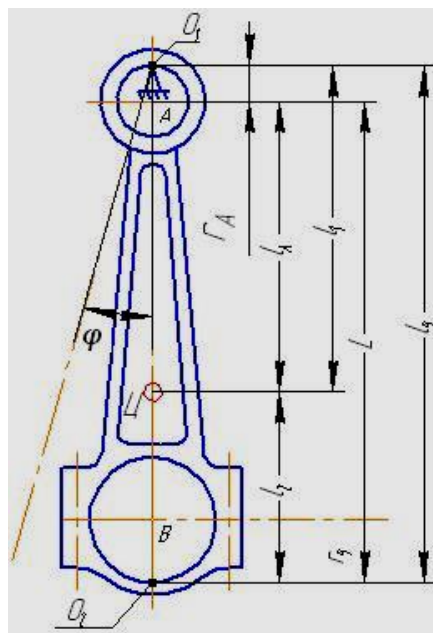


Рисунок 3.1 – Схема визначення моменту інерції шатуна методом фізичного маятника

Вводячи позначення

$$\frac{m_u \cdot g \cdot l_1}{J_1} = \omega_u^2, \quad (3.3)$$

приводимо рівняння до такого виду:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + \omega_u^2 \cdot \varphi = 0. \quad (3.4)$$

Отримане однорідне диференціальне рівняння описує гармонічні коливання фізичного маятника (шатуна) з частотою

$$\omega_u = \sqrt{\frac{m_u \cdot g \cdot l_1}{J_1}}. \quad (3.5)$$

Період T_1 , с, повних коливань шатуна, який підвішено на горизонтальній опорі в точці O_1 та коливається з певною амплітудою, визначається за формулою

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_u} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{J_1}{m_u \cdot g \cdot l_1}}. \quad (3.6)$$

З останнього виразу знаходимо

$$J_1 = \frac{T_1^2}{4\pi^2} \cdot m_u \cdot g \cdot l_1. \quad (3.7)$$

За теоремою Гюйгенса–Штейнера центральний момент інерції шатуна відносно осі, яка проходить через центр мас шатуна, визначається як

$$J_u = J_1 - m_u \cdot l_1^2 = m_u \cdot l_1 \cdot \left(\frac{T_1^2}{4\pi^2} \cdot g - l_1 \right). \quad (3.8)$$

Для визначення відстані l_1 шатун підвішується на жорстко закріпленій горизонтальній опорі в іншій точці – O_2 . Як і в першій серії дослідів, шатун піддають коливанням з малою

амплітудою та вимірюють період коливань T_2 . Момент інерції шатуна J_2 щодо нової осі підвішування визначається за формулою (3.7)

$$J_2 = \frac{T_2^2}{4\pi^2} \cdot m_u \cdot g \cdot l_2,$$

а центральний момент інерції шатуна, як і в попередньому випадку, визначається за теоремою Гюйгенса–Штейнера (3.8)

$$J_u = J_2 - m_u \cdot l_2^2 = m_u \cdot l_2 \cdot \left(\frac{T_2^2}{4\pi^2} \cdot g - l_2 \right).$$

Далі прирівнюємо праві частини виразів для J_u з обох серій дослідів. Розв'язуючи отримане рівняння спільно з рівнянням $l_1 + l_2 = l_3$, отримуємо

$$l_1 = l_3 \cdot \frac{4\pi^2 \cdot l_3 - T_2^2 \cdot g}{8\pi^2 \cdot l_3 - (T_1^2 + T_2^2) \cdot g}, \quad (3.9)$$

де l_3 – відстань між точками підвішування в обох дослідах, м.

Обладнання робочого місця

- 1 Комплект шатунів у зібраному стані.
- 2 Призматична опора для підвішування шатуна.
- 3 Ваги з комплектом гир.
- 4 Вимірвальний інструмент (штангенциркуль, лінійка, секундомір).

Порядок виконання роботи

- 1 Визначити на вагах масу m_u шатуна у зібраному стані.
- 2 Підвішуючи на опорі шатун по черзі двома точками підвішування, визначити за допомогою секундоміра періоди повних коливань T_1 і T_2 . Кут відхилення шатуна від вертикальної осі при коливаннях має бути 5–10°. Період коливань (час подвійного розмаху шатуна) визначається як середня величина 20

коливань. Для зниження похибки результатів проведених експериментів дослід проводиться не менше трьох разів.

3 Виміряти відстань l_3 між точками підвішування і визначити положення центра мас шатуна за формулою (3.9).

4 Визначити момент інерції J_1 шатуна відносно осі O_1 за формулою (3.7).

5 Визначити центральний момент інерції J_{uu} шатуна за формулою (3.8).

6 Виміряти радіус r_A кола отвору поршневої головки шатуна і обчислити координату центра мас шатуна l_A .

7 Здати інструмент та обладнання лаборанту.

Зміст звіту

- 1 Мета роботи.
- 2 Схема установки.
- 3 Методика виконання роботи та результати вимірювань.
- 4 Результати обчислення розрахункових величин.
- 5 Зіставлення результатів обчислень, оцінка похибки, висновки.

Контрольні питання

- 1 Що називається моментом інерції шатуна відносно деякої осі?
- 2 Що називається центральним моментом інерції шатуна?
- 3 У чому сутність теореми Гюйгенса–Штейнера щодо моментів інерції відносно паралельних осей?
- 4 Який з моментів інерції шатуна є більшим: відносно центральної осі чи відносно паралельної їй осі?
- 5 Які існують методи експериментального визначення центра мас деталі, що має вісь симетрії?

Лабораторна робота 4

СИСТЕМА ГАЗООБМІНУ ДВОТАКТНОГО ДВИГУНА

Мета роботи

1 Вивчення конструктивних особливостей вікон і каналів для впуску, продування та випуску відпрацьованих газів.

2 Вивчення методики побудови діаграми фаз газорозподілу двигуна.

3 Засвоєння методики визначення параметра «час–переріз» конкретного двигуна.

Загальні відомості

У роботі сучасних двотактних двигунів з кривошипно-камерним продуванням управління потоком заряду на вході в кривошипну камеру здійснюється такими способами:

- управлінням нижньою кромкою поршня;
- управлінням за допомогою зворотного клапана;
- управлінням золотником, який обертається.

При першому способі для впуску горючої суміші в кривошипну камеру у стінці циліндра на певній висоті передбачене вікно. Розміщення вікна узгоджується з переміщенням поршня, причому процесом впуску при цьому управляє його нижня кромка. Описана схема застосовується на більшості сучасних двигунів.

Інші способи управління процесом ураховують установлення додаткового елемента, який розміщено між карбюратором і кривошипною камерою. Цей елемент керує надходженням свіжого заряду суміші. При цьому впускні вікна можуть бути розташовані як у стінці циліндра, так і поза нею.

У всіх способах управління процес продування і випуску відпрацьованих газів з циліндра здійснюється за допомогою верхньої кромки поршня. У стінці циліндра виконують продувальні і випускні вікна.

Для вимірювання кута повороту колінчастого вала від моменту відкриття поршнем вікна до приходу поршня в мертво точку використовують спеціальне пристосування. У разі необхідності величина кута уточнюється розрахунком. Так, кут від початку відкриття продувального або випускного вікна до

приходу поршня у нижню мертву точку (НМТ) визначають за виразом

$$\cos \varphi = \frac{1}{\lambda} - \sqrt{\frac{1}{\lambda^2} - \frac{2}{\lambda} + \frac{4\sigma}{\lambda} + 1}, \quad (4.1)$$

де σ – висота відкритої (закритої) частини розглянутого вікна, виражена в частках від ходу поршня S ;

λ – відношення радіуса кривошипа до довжини шатуна.

Фазами газорозподілу називаються кути повороту колінчастого вала відносно мертвих точок, які збігаються з моментами відкриття і закриття вікон. Фази газорозподілу графічно подають у вигляді кругової діаграми.

Кругові діаграми двотактного і чотиритактного двигунів істотно відрізняються з двох причин: по-перше, робочий процес двотактного двигуна протікає за один оборот колінчастого вала, що знижує тривалість фаз газорозподілу приблизно у два рази. По-друге, кругова діаграма двотактного двигуна відображає процеси, що відбуваються одночасно в надпоршневій порожнині і в кривошипній камері двигуна, тобто під поршнем.

Величина прохідних перерізів вікон безпосередньо пов'язана з якістю продування, наповнення та очищення надпоршневого простору, тому її прагнуть вибрати якнайбільшою. Однак ця величина позначається на пропускній здатності системи газообміну і фазах газорозподілу лише частково. Комплексна оцінка роботи цієї системи може бути надана за допомогою параметра «час–переріз» Z , який дає змогу зробити висновки одночасно про величину прохідного перерізу вікна та про тривалість його відкриття.

Існують графічний і аналітичний способи визначення параметра «час–переріз».

При визначенні параметра Z графічним способом насамперед обчислюється кут повороту кривошипа, який відповідає відкриттю вікна через кожні 0,5 або 1 мм (див. формулу (4.1)).

Результати розрахунку заносяться в таблицю 4.1. Таблицю заповнюють з урахуванням максимальної висоти вікон у двигуна, що розглядається. У таблиці 4.1 для прикладу у скороченому

вигляді наведено дані для конкретного двигуна. Розрахунок виконано з кроком $\Delta h = 0,5$ мм.

Таблиця 4.1 – Залежність переміщення s поршня від кута φ повороту колінчастого вала

Показник	Зміна показника					
$h_i, \text{мм}$	10	8	6	4	2	0
$\sigma = h_i / S$	0,1724	0,1379	0,1034	0,0689	0,0345	0
$\cos \varphi$	0,5660	0,6482	0,7325	0,8192	0,9033	1
$\varphi, \text{град}$	$55^\circ 32'$	$49^\circ 35'$	$42^\circ 55'$	35°	$24^\circ 36'$	0

Далі розраховують площу відкриття вікна для знайдених значень кутів φ_i , використовуючи розгортку дзеркала циліндра з нанесеною на ній конфігурацією вікон. Результати заносять у таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок площі відкриття вікна

Показник	Зміна показника					
$h_i, \text{мм}$	10	8	6	4	2	0
$\varphi, \text{град}$	$55^\circ 32'$	$49^\circ 35'$	$42^\circ 55'$	35°	$24^\circ 36'$	0
$F_i, \text{мм}^2$	0	63	130	197	264	326

За даними таблиці 4.2 будується діаграма залежності площі відкриття вікна від кута повороту кривошипа (рисунок 4.1). Масштаб кута повороту φ приймаємо $\mu_\varphi = 0,75$ град/мм, а площі F відкриття вікна – $\mu_p = 10$ мм²/мм.

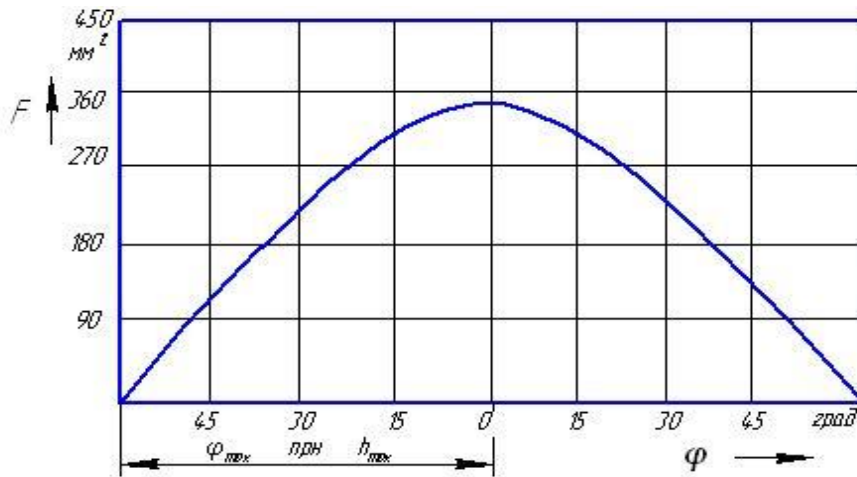


Рисунок 4.1 – Діаграма залежності площі вікна F від кута повороту φ кривошипа

За допомогою отриманої діаграми визначаємо сумарну площу F_{Σ} , яка розміщена під кривою $F = f(\varphi)$.

Параметр «час–переріз», $\text{мм}^2 \cdot \text{с}$, відповідного вікна розраховується за формулою

$$Z = \frac{F_{\Sigma} \mu_{\varphi} \mu_F}{6n}, \quad (4.2)$$

де n – частота обертання колінчастого вала, хв^{-1} .

Для побудови діаграми $Z=f(n)$ робочий діапазон частот обертання вала двигуна розбивають на 6-8 інтервалів (рисунок 4.2).

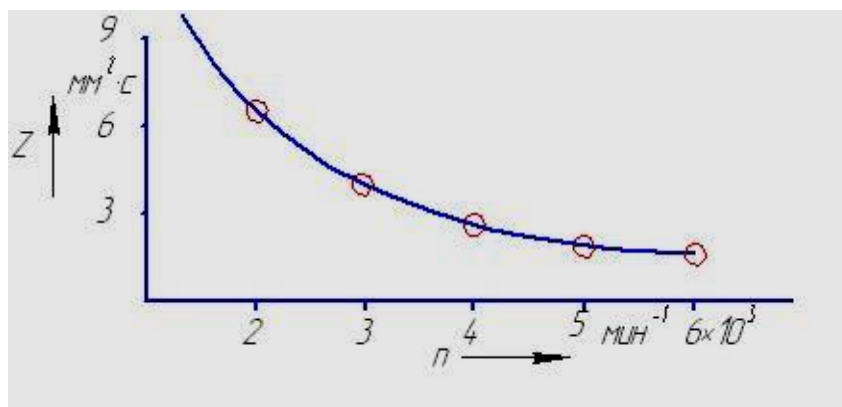


Рисунок 4.2 – Діаграма параметра «час–переріз»

Для порівняння двигунів з різними робочими об'ємами використовують параметр «питомий час–переріз», $\text{мм}^2 \cdot \text{с} / \text{см}^3$, (рисунок 4.3).

$$Z^* = \frac{Z}{v_h}. \quad (4.3)$$

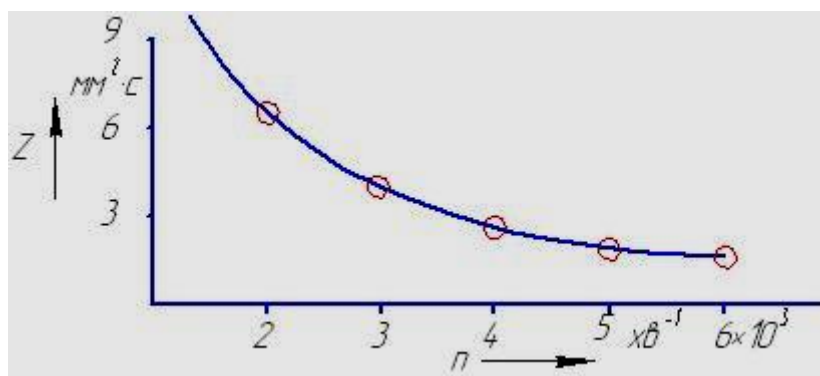


Рисунок 4.3 – Діаграма параметра «питомого часу–перерізу»

Порядок виконання роботи

1 Скласти таблицю «Залежність переміщення поршня від кута повороту колінчастого вала» (таблиця 4.1).

2 Провести виміри переміщення поршня в залежності від кута повороту колінчастого вала двигуна, відзначити точки відкриття і закриття однойменних вікон. Результати замірів уточнити розрахунками за формулою (4.1).

3 За даними таблиці 4.1 побудувати діаграму фаз газорозподілу.

4 На міліметровому папері заготовити розгортку циліндра з вікнами.

5 Використовуючи методику, яка наведена у розділі «Загальні відомості», розрахувати параметр «час–переріз» вікон циліндра, попередньо побудувавши діаграму $F=f(n)$. За результатами розрахунку параметра Z побудувати діаграму залежності $Z=f(n)$.

6 Визначити «питомий час–переріз» і побудувати діаграму $Z^* = f(n)$.

Зміст звіту

1 Мета роботи.

2 Основні положення.

3 Протокол у вигляді заповнених таблиць 4.1, 4.2, а також результати розрахунків.

4 Графічна частина: діаграма фаз газорозподілу, розгортка циліндра, діаграми.

5 Висновки.

Контрольні питання

1 Що називається діаграмою фаз газорозподілу?

2 Способи управління потоком заряду на вході в кривошипну камеру. Дайте порівняльну оцінку кожного із способів.

3 Що являє собою параметр «час–переріз» вікна циліндра? Від чого залежить величина цього параметра?

4 З якою метою застосовується параметр питомий «час–переріз»?

Лабораторна робота 5 ПЕРЕВІРКА І РЕГУЛЮВАННЯ ЗАЗОРІВ У КЛАПАННОМУ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОМУ МЕХАНІЗМІ

Мета роботи

1 Набуття навичок з регулювання зазорів у приводі клапанів.

2 Поглиблення та закріплення теоретичних знань з конструкції клапанного механізму газорозподілу.

Загальні відомості

У двигунах внутрішнього згоряння для забезпечення щільності посадки клапана на сідло та компенсації теплового розширення деталей клапанного механізму передбачено тепловий зазор між клапаном і задньою частиною кулачка (при безпосередньому контакті кулачка з клапаном) або між клапаном і ударником коромисла (при підвісних клапанах).

Недостатня величина зазора може призвести до нещільної посадки клапана у своєму сідлі і прориву газів з циліндра, обгоряння фасок клапанів і їх сідел, зниження потужності двигуна та перевитрат палива. Збільшений зазор викликає стукіт

при підйомі і посадці клапана і, як наслідок, підвищений знос дотичних поверхонь, а також зменшення ходу клапана, що призведе до погіршення наповнення двигуна. Особливо небезпечні удари клапана по сідлу, які можуть призвести до руйнування опорної поверхні і втрати компресії.

Зазор регулюють за допомогою болта, що закріплюється за допомогою контргайки та вкручується в один з кінців коромисла (ГАЗ-24, ГАЗ-53, ЗІЛ-130, КамАЗ-740). У деяких конструкціях (ВАЗ-2101, ВАЗ-2106) зазор регулюється за рахунок зміни висоти сферичної опори важеля.

Величина зазора у двигунах автотракторного призначення змінюється у межах 0,15-0,4 мм.

Обладнання робочого місця

1 Макети двигунів Д-240, ЯМЗ-236, КамАЗ-740.

2 Набір щупів для визначення зазорів, різкові ключі необхідних розмірів, викрутка.

3 Технічний опис та інструкція з експлуатації двигунів Д-240, ЯМЗ-236, КамАЗ-740.

Порядок виконання роботи

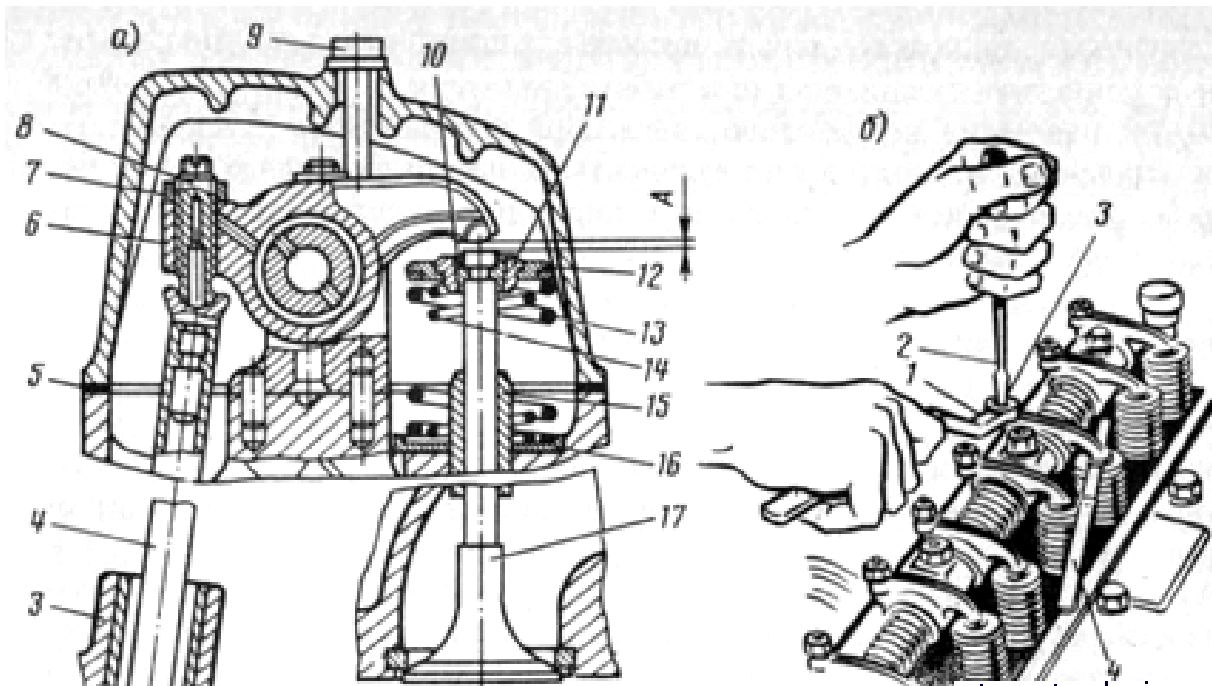
1 Згідно з технічним описом двигуна вивчити порядок регулювання зазора в приводі клапанного механізму.

2 Підготувати двигун до проведення регулювання зазорів згідно з рекомендаціями в технічному описі.

3 За допомогою плоского щупа перевірити величину теплових зазорів і зіставити їх з рекомендованими в технічному описі.

4 При необхідності відрегулювати зазори. Для цього відпустити контргайку 7 регульовального гвинта 8 на коромислі 6 регульованого клапана (рисунок 5.1) і, повертаючи гвинт 8, встановити між бойком коромисла і торцем стрижня клапана 17 необхідний зазор А. Утримуючи гвинт від прокручування викруткою, затягнути контргайку 7 і після цього знову перевірити зазор А.

5 Відповідно до порядку роботи циліндрів перевірити зазори в приводі клапанів решти циліндрів.



а – конструкція механізму: А – тепловий зазор; 1 – розподільний вал; 2 – штовхач; 3 – напрямна штовхача; 4 – штанга; 5 – прокладка кришки; 6 – коромисло; 7 – контргайка; 8 – регулювальний гвинт; 9 – болт кріплення кришки головки; 10 – сухар; 11 – втулка тарілки; 12 – тарілка пружини; 13 і 14 – клапанні пружини; 15 – напрямна клапана; 16 – упорна шайба; 17 – клапан; б – регулювання теплових зазорів у клапанному механізмі

Рисунок 5.1 – Регулювання зазора в клапанному механізмі двигуна КамАЗ-740

Зміст звіту

- 1 Мета роботи.
- 2 Основні положення (обґрунтування необхідності регулювання теплових зазорів у клапанному механізмі).
- 3 Графічна частина (схема механізму газорозподілу із зазначенням місця регулювання).
- 4 Опис послідовності регулювання теплових зазорів.
- 5 Висновки.

Контрольні питання

1. Сформулюйте призначення газорозподільного механізму.
2. Якими причинами зумовлена необхідність підтримки у заданих межах теплового зазора у клапанному механізмі газорозподілу?

3. При якому положенні поршня рекомендується проводити регулювання теплових зазорів у клапанному механізмі?

Лабораторна робота 6 ЗМАЩУВАЛЬНА СИСТЕМА. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ТА ВИПРОБУВАННЯ МАСЛЯНОГО НАСОСА

Мета роботи

1 Вивчення призначення та пристрою змащувальної системи двигуна внутрішнього згорання.

2 Ознайомлення з особливостями конструкції масляних насосів.

3 Набуття практичних навичок перевірки масляних насосів та визначення показників їх роботи.

Загальні відомості

Надійна та безперебійна робота змащувальної системи визначає довговічність роботи двигуна і забезпечує подачу необхідного об'єму мастила до поверхонь тертя, відведення зайвого тепла, забруднювачів і продуктів зношування із зони тертя, а також антикорозійний захист поверхонь тертя.

Існують два способи подачі мастила до поверхонь тертя: примусова подача під тиском за допомогою насоса і подача розбризкуванням, коли мастило подається до поверхонь крапельницями, форсунками-розбризкувачами або надходить у вигляді крапельок і мастильного туману, що утворюється при виході мастила із зазорів пар тертя.

У сучасних двигунах використовують комбіновані системи змащування. Переважна частина пар тертя змащуються розбризкуванням. Змащування під тиском здійснюється при подачі мастила до корінних і шатунних підшипників колінчастого вала, іноді до верхньої головки шатуна для змащування поршневого пальця, втулок коромисла, напрямних штовхачів, підшипників і т.п.

Як ємність для мастила може служити або нижня частина картера, або окремий бак-відстійник, який розміщено поза

двигуном. Залежно від розташування ємності для мастила розрізняють відповідно систему з «мокрим» і «сухим» картером.

У системах змащування сучасних двигунів застосовуються шестеренчасті насоси – із зовнішнім зачепленням зубів, і роторні – з внутрішнім зачепленням. У корпусі насоса розміщено дві спарені шестірні – ведуча та ведена, які встановлені з невеликими радіальними і торцевими зазорами, що служать для захоплення і перенесення об'єму мастила до порожнини нагнітання.

Однак існують і масляні насоси, що мають кілька секцій. Наприклад, друга секція меншої продуктивності двосекційного масляного насоса двигунів ЗіЛ-130, ЯМЗ-236, 238 призначена для подачі мастила в масляний радіатор.

Існують і трисекційні насоси, додаткова секція яких має вдвічі більшу продуктивність від основної і призначена вона для перекачування мастила з двигуна в спеціальний бак. Такі насоси встановлюються на двигунах із сухим картером.

У разі холодного пуску двигуна в'язкість мастила може служити причиною виникнення в системі надмірного тиску. Для зниження ймовірності виникнення перевантажень у системі передбачено редуційний клапан.

При номінальних частотах обертання вала тиск у системі змащування карбюраторних двигунів становить 0,3...0,5 МПа, у дизелях – 0,4...0,7 МПа. Мінімальний тиск під навантаженням має бути не нижче 0,1 МПа в карбюраторних двигунах та 0,15 МПа – в дизелях.

Розташовують масляні насоси всередині картера. У дизельних двигунах привід насоса здійснюється від колінчастого вала за допомогою циліндричних шестерень і додаткових валиків. У бензинових двигунах насоси приводяться у дію самостійними шестернями (ВАЗ-2101/06) або найчастіше розподільним валом (ЗіЛ, ЗМЗ), коли масляний насос і переривач-розподільник розташовують на протилежних кінцях вала.

Допоміжними елементами масляних насосів є маслоприймачі, через які мастило засмоктується до системи змащування.

Масляні фільтри за принципом дії поділяють на щілинні і відцентрові, а за розміром затримуваних частинок – на фільтри

тонкого (до 5...40 мкм) і грубого відсіювання частинок (більше 70 мкм).

Велике поширення мають повнопотокові паперові фільтри тонкого очищення з великою фільтруючою поверхнею .

Принцип роботи відцентрових фільтрів оснований на відділенні більш важких домішок, що містяться в мастилі, під дією відцентрових сил в обертовому роторі .

При досягненні в головній мастильній магістралі мінімального допустимого тиску двигун слід ремонтувати.

Для моніторингу та контролю рівня зниження показників тиску мастила в системі існують: показчик кількості мастила в картерах або циркуляційних баках, манометри та термометри .

Серед додаткових пристроїв слід відзначити спускні отвори з пробками, горловини для заливання мастила в картери і баки, системи вентиляції картерів, запобіжні клапани з полум'ягасними сітками.

Теоретична продуктивність V_m масляного насоса, л/с,

$$V_m = 6,5 \cdot m^2 \cdot z \cdot b \cdot n_H / 6 \cdot 10^7, \quad (6.1)$$

де m – модуль зубів шестерень, мм;

z – число зубів шестірні;

b – довжина зуба , мм;

n_H – частота обертання шестірні насоса , хв⁻¹.

Об'ємний коефіцієнт подачі насоса η_H

$$\eta_H = V_D / V_T, \quad (6.2)$$

де V_D – дійсна продуктивність насоса (визначається експериментально).

Порядок виконання роботи

1 Використовуючи плакати, схеми і планшети з окремими елементами систем змащування, а також спеціальну літературу,

вивчити загальну будову системи змащування (тип двигунів вказується викладачем).

2 Зафіксувати окремі елементи системи.

3 Заготовити таблиці за наведеною формою (таблиця 6.1) і для заданого викладачем інтервалу частот обертання за формулою (6.1) визначити теоретичну продуктивність масляного насоса.

4 За даними розрахунків побудувати графік залежності $V_T = f(n)$.

Таблиця 6.1 – Визначення теоретичної продуктивності масляного насоса

Номер досліду	Частота обертання вала насоса, хв^{-1}	Теоретична продуктивність насоса, л/с

Зміст звіту

1 Мета роботи.

2 Схема змащувальної системи двигуна внутрішнього згоряння.

3 Розрахунок теоретичної продуктивності масляного насоса та об'ємного коефіцієнта подачі.

4 Висновки.

Контрольні питання

1 Призначення та класифікація систем змащування.

2 Де застосовується система змащування із «сухим» картером?

3 Принцип роботи шестеренчастого масляного насоса.

4 Призначення редукційного клапана насоса.

5 Які фільтри застосовуються в системі змащування?

6 Регулюючі та керуючі пристрої у системі змащування.

7 Якими параметрами насоса визначається його продуктивність?

8 Що таке об'ємний коефіцієнт подачі насоса?

