

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І
АРХІТЕКТУРИ

«ДІАГНОСТУВАННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ»

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт

з навчальних дисциплін «Експлуатація і ремонт машин»
та «Експлуатація і обслуговування машин в логістиці»
студентами спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
по спеціалізації «Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні,
меліоративні машини і обладнання» та 131 «Прикладна механіка»
по спеціалізації «Інженерія логістичних систем»

КИЇВ 2019

УДК 621.43

ББК 39.311-06-5

Л

Укладачі: доценти В. І. Лесько, І. В. Косминський, Є.О. Міщук

Рецензент: М.О. Клименко, к.т.н., доцент

Відповідальний за випуск:

І. І. Назаренко, завідувач кафедри МОТП, д.т.н., професор.

Затверджено на засіданні кафедри машин і обладнання технологічних процесів, протокол № 18 від 10 червня 2019 року.

Видається в авторській редакції.

«Діагностування дизельних двигунів»: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт / укладачі: В.І.Лесько, І.В. Косминський, Є.О. Міщук, К.: КНУБА, 2019. - 46 с.

В методичних вказівках, які містять шість лабораторних робіт, приведена технологія, алгоритми, методи та способи діагностування деяких основних систем та механізмів дизельного двигуна будівельної машини, які вивчаються в навчальних дисциплінах «Експлуатація і ремонт машин» та «Експлуатація і обслуговування машин в логістиці».

для студентів спеціальностей: 133 «Галузеве машинобудування» по спеціалізації «Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання» та спеціальності 131 «Прикладна механіка» по спеціалізації «Інженерія логістичних систем»

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Загальні вказівки.....	5
Лабораторна робота № 1. Діагностика загального технічного стану двигуна за допомогою найпростіших методів і засобів.....	6
Лабораторна робота № 2. Діагностика технічного стану дизельного двигуна за інтегральними параметрами.....	14
Лабораторна робота № 3. Діагностика і технічне обслуговування системи очищення повітря і живлення.....	23
Лабораторна робота № 4. Діагностика технічного стану і визначення залишкового ресурсу циліндро-поршневої групи.....	33
Лабораторна робота № 5. Діагностика технічного стану і залишкового ресурсу кривошипно-шатунного механізму.....	42
Лабораторна робота № 6. Діагностика і технічне обслуговування газорозподільного механізму.....	49
Список літератури.....	55
Додаток. Довідникові матеріали.....	56

ВСТУП

Метою лабораторних робіт є закріплення теоретичних знань, отриманих у лекційних курсах із дисциплін «Експлуатація і ремонт машин», «Експлуатація і обслуговування машин» та «Експлуатація і обслуговування машин в логістиці» і набуття практичних навичок діагностування систем, вузлів і механізмів дизельних двигунів внутрішнього згоряння будівельних машини в умовах лабораторій університету.

Вітчизняний і зарубіжний досвід свідчить, що впровадження технологічних процесів технічного діагностування будівельних машин є одним з найважливіших заходів по підвищенню їхньої експлуатаційної надійності та економічної ефективності. Діагностування машин повинне базуватися на оптимальному суміщенні діагностичних робіт із процесами технічного обслуговування і ремонту сучасних парків будівельних машин, загальною метою яких є забезпечення та підтримання машин в роботоздатному стані.

Підготовка висококваліфікованих фахівців неможлива без засвоєння практичних навиків та набуття досвіду використання методів та засобів діагностування будівельних машин, їх систем і механізмів та вміння застосовувати ці знання на практиці в реальних умовах експлуатації машин.

Викладання дисципліни передбачає підготовку майбутніх спеціалістів за фундаментальними, виробничо-технологічними, організаційно-управлінськими напрямками в сфері експлуатації, технічного сервісу і ремонту будівельних машин будівельної індустрії та в логістичних системах.

З цією метою авторами розроблені дані методичні вказівки, що включають декілька лабораторних робіт по діагностуванню двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), які поєднуються між собою єдиною метою – вивчити технологію діагностування, способи, методи та засоби діагностування двигунів, знати будову та принцип дії діагностичних приладів, засвоїти практичні прийоми оцінки технічного стану двигунів в цілому та окремих його систем та механізмів, знати алгоритми діагностування та знаходити оптимальний шлях пошуку

несправностей і причин відмов основних систем і механізмів за допомогою суб'єктивних та інструментальних методів, визначення доцільності ремонту, залишкового ресурсу двигунів а також об'єму робіт по технічному обслуговуванню і ремонту.

Найважливішим елементом цього процесу навчання є набуття навиків по завершальному прийняттю самостійного управлінського рішення щодо оцінки технічного стану двигуна, визначення об'ємів технічного обслуговування та ремонтів, способів та методів відновлення роботоздатності, прогнозування залишкового ресурсу та можливості або доцільності його подальшої експлуатації

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Перш ніж приступити до виконання лабораторної роботи, студентам необхідно ознайомитись зі змістом роботи, теоретичними основами питань, що розглядаються, вимогами нормативно-технічної й звітної документації, основними правилами техніки безпеки і охорони праці.

Заняття проводяться під безпосереднім керівництвом викладача та у присутності навчального майстра. Студенти зобов'язані: точно виконувати приписи, що зазначені в методичних вказівках; уважно слідкувати за командами викладача або майстра із навчання й виконувати їх. По закінченні кожної роботи студенти оформляють короткий звіт, що містить: назву й мету роботи, схему й опис устаткування; короткий опис методики проведення роботи; необхідні таблиці отриманих результатів; графічні залежності; висновки за результатами роботи й способи усунення виявлених несправностей.

Звіт по лабораторних роботах оформляється на аркушах форматом А4 і повинен відповідати вимогам стандарту на текстові навчальні документи. Оформлений звіт подається на перевірку викладачеві. Після закінчення лабораторного курсу та захисту робіт звіти підшиваються і здаються викладачеві для зберігання.

Лабораторна робота № 1

Тема. Діагностика загального технічного стану двигуна за допомогою найпростіших методів і засобів.

Мета роботи: ознайомлення з основними методами діагностування технічного стану двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) будівельної машини; набуття практичних навичок з діагностування й визначення придатності двигуна до подальшої експлуатації.

Зміст роботи

1. Вивчення й аналіз ефективності методів оцінки параметрів технічного стану двигуна в експлуатаційних умовах.
2. Оцінка технічного стану непрацюючого двигуна.
3. Оцінка технічного стану працюючого двигуна.
4. Визначення залишкового ресурсу ДВЗ.

Короткі теоретичні відомості

Технічний стан двигуна - стан, який характеризується в певний момент часу, за певних умов експлуатації значеннями параметрів, установлених технічною документацією.

Наприклад, до параметрів технічного стану двигуна належать: потужність, витрата палива, температура, тиск мастила в головній магістралі, зазори в спраженнях деталей, тощо.

Двигун є найбільш важливим і складним агрегатом автомобіля, у якого найчастіше з'являються відмови в роботі. Розподіл несправностей у двигуні й трудомісткість їхнього усунення представлені на прикладі двигуна автомобіля у таблиці 1.1.

У несправного двигуна знижується ефективна потужність, значно ускладнюється запуск, збільшуються витрати палива й мастила, а також токсичність відпрацьованих газів. Так, при зношуванні деталей циліндропоршневої групи потужність двигуна може знизитися на 10 - 15 % і більше.

Існує багато різних методів, що дозволяють в експлуатаційних умовах оцінювати технічний стан двигуна без його розбирання. Однак, кожний метод має свої як недоліки так і переваги. При істотних недоліках вони майже не використовуються, але в деякій мірі надають певну інформацію, що є корисним доповненням при застосуванні інших методів.

Загальна оцінка технічного стану двигуна без його розбирання може бути, наприклад, надана за допомогою найпростіших технічних засобів, органолептичними методами за суб'єктивними ознаками, за наявністю зовнішніх симптомів роботи двигуна: кольору відпрацьованих газів, характеру стукоту та шуму у з'єднаннях, тиску стиснення (компресії), витоку повітря через зазори в компресійних кільцях, обсягу й тиску газів, що прориваються в картер, температури нагріву корпусів агрегатів та механізмів, витратою мастила, тиску мастила в магістралі та його витоку через зазори в підшипниках, тощо.

Таблиця 1.1

Розподіл несправностей у двигуні автомобіля ЗИЛ – 130

Найменування систем і деталей двигуна	Відносна кількість несправностей, %	Відносні затрати праці, %
Система запалювання й електроустаткування	52	26
Система живлення паливом	14	14
Деталі циліндро-поршневої групи	12	27
Система охолодження	8	3
Підшипники колінчастого валу й втулки поршнів і головок шатунів	6	18
Деталі газорозподільного механізму	4	7
Система змащення	2	2
Система підігріву двигуна	2	3

Прилади та обладнання

- дизельний двигун Д-65Н;
- пристрій КИ-5472;
- стетоскоп КИ-1154;
- термометр з діапазоном шкали 0... 110°;
- інструмент для розбірно-складальних робіт;
- плакати й схеми.

1.2. Діагностика технічного стану непрацюючого двигуна

1.2.1. Перевірити зовнішнім оглядом комплектність двигуна (наявність кришок бачка радіатора, паливного бака пускового двигуна, оливозаливної горловини, оливомірної лінійки та інших легкознімних деталей).

1.2.2. Визначити величину зношення приводних ременів, їх загальний стан та оцінити правильність регулювання натягів.

1.2.3. Встановити візуально герметичність двигуна за наявністю слідів підтікання і наявності прориву газів, герметичність з'єднань та ущільнень піддону і картеру двигуна, насоса системи охолодження, фільтрів та патрубків системи живлення, змащування та охолодження, випускного колектору та вихлопної труби.

1.2.4. Перевірити візуально та рукою місця кріплення деталей на міцність з'єднання, надійність з'єднань паливного бака пускового двигуна, карбюратора, магнето, шківів, масляного та повітряного фільтрів, крильчатки вентилятора та інших деталей механізмів.

1.2.5. Перевірити чистоту зовнішніх поверхонь радіаторів системи мащення та охолодження.

1.2.6. Оцінити стан контрольно-вимірювальних приладів за положенням стрілок та вказівників.

1.2.7. Перевірити герметичність системи охолодження, для цього необхідно відкрити кришку радіатора і переконатися у відсутності плям моторної оливи на поверхні охолоджувальної рідини.

1.2.8. Перевірити рівень моторної оливи в картері основного та пускового двигунів а також в паливному насосі (перевищення

кількості оливи в паливному насосі свідчить про потрапляння в нього палива та необхідності ремонту насоса).

1.2.9. Оцінити якість моторної оливи за її кольором, в'язкістю та наявністю абразиву. В'язкість оливи оцінюється за швидкістю її стікання зі щупа. Маслянистість та наявність абразиву в оліві визначається на дотик, шляхом перетирання краплі між пальцями.

1.2.10. Визначити наявність води в моторній оліві. Для цього необхідно злегка відкрити зливну пробку піддону картера і злити в чистий посуд 150...200 мл оливи. Наявність в оліві води більше, ніж 5% (визначається візуально по відношенню висоти шару води до загальної висоти води та оливи в посудині) свідчить про розгерметизацію системи охолодження та необхідності негайного усунення несправності а також заміни оливи.

1.2.11. Оцінити ступінь зношення циліндро-поршневої групи пускового двигуна за легкістю прокручування рукою його шків (у зношеного двигуна типу ПД-10 шків прокручується легко і компресія чітко не відчувається в момент такту стиснення).

1.2.12. Перевірити стан механізмів вмикання муфти зчеплення та редуктора пускового двигуна (у справного двигуна рукояті повинні переміщуватись вільно, без ривків і має бути чітке відчуття вмикання та вимикання механізмів).

1.3. Діагностика технічного стану працюючого двигуна

1.3.1. Підготувати і запустити спочатку пусковий а потім основний двигун та оцінити їх технічний стан за тривалістю пуску. Якщо пусковий двигун не вдається запустити з трьох спроб, то в такому разі слід перевірити стан його системи живлення та запалювання. Двигуни зі стартерною системою запуску повинні запускатися за такої-ж кількості спроб, проте, - тривалість вмикання стартера не повинна перевищувати 10 с.

1.3.2. Відразу після запуску основного двигуна встановити мінімальну частоту обертання колінчастого валу, виміряти за допомогою вбудованого манометра тиск оливи в головній магістралі та зрівняти покази манометра із допустимими (табл.1.2)

Допустимі значення тиску в головній магістралі двигуна

Марка двигуна	Тиск мастила, МПа			
	За умови мінімальної частоти обертання		За умови максимальної частоти обертання	
	допустимий	граничний	номінальний	граничний
ЯМЗ-240Б	0,15	0,05	0,55	0,20
ЯМЗ-238 НБ	0,15	0,10	0,55	0,20
Д-130	0,10	0,7	0,27	0,10
А-01М	0,15	0,08	0,40	0,20
А-41	0,15	0,07	0,40	0,20
СМД-14	0,15	0,08	0,30	0,20
Д-65Н	0,10	0,07	0,27	0,10
Д-50	0,15	0,05	0,30	0,15
Д-240	0,10	0,05	0,26	0,10

1.3.3. Під'єднати пристрій КИ-5472 до системи мащення непрацюючого двигуна, запустити двигун, прогріти його до номінальної температури (85...95°C) та виміряти тиск в системі за умов мінімальної та максимальної частот обертання колінчастого валу. Зафіксувати отримані результати та співставити їх із відомими показниками вбудованого штатного манометра на панелі приладів.

1.3.4. Оцінити технічний стан прогрітого двигуна за кольором відпрацьованих газів. Якщо вихлоп бездимний, - тоді двигун працює нормально; білий дим - свідчить про потрапляння води в циліндри, що може бути наслідком прогорання прокладки, тріщини в циліндрах або інших причин; коричневий або чорний дим - з'являється за умов перевитрати палива (неповного згорання паливної суміші з причин порушення паливоподачі, несправності форсунок або засміченість повітроочисника, тощо); світло- або темно-синій колір вказує на несправність форсунок, переохолодження двигуна або на перевитрату моторної оливи

(згоряння оливи, підвищення його рівня, залягання кілець або зношення циліндро-поршневої групи).

1.3.5. Оцінити зношення циліндро-поршневої групи за кількістю оливи, що викидається через сапун. Для цього перед сапуном нового двигуна слід потримати планшет протягом 30...40 с із чистим папером. Повторити цю процедуру на двигуні, що перевіряється і порівняти кількість плям оливи на обох планшетах. Сумарна площа плям оливи зношеного двигуна, як правило, в 2-3 рази більше ніж у нового.

1.3.6. Перевірити працездатність вбудованих термометрів за допомогою контрольного, розміщуючи його в верхньому бачкові радіаторів та в отворі для вимірювання рівня оливи, та порівняти показники з контрольними термометрами. Різниця в показниках не повинна перевищувати 5%.

1.3.7. Визначити загальний стан двигуна - методом прослуховування за допомогою автостетоскопу (рис. 1.1). Для цього необхідно запустити двигун і прогріти до робочої температури (85...95°C); визначити роботу клапанів, поршнів, поршневих пальців, шатунних і корінних підшипників в зазначених зонах (рис. 1.2).

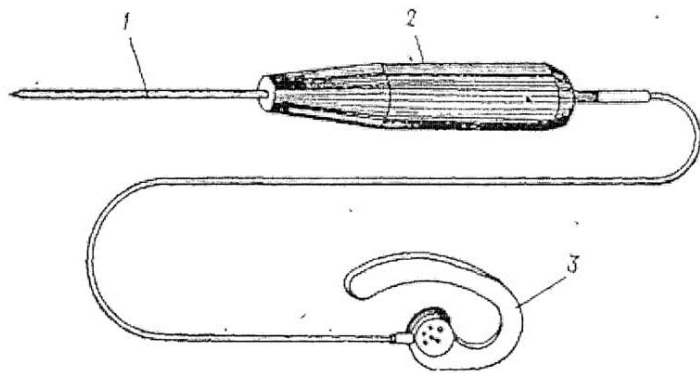


Рис.1.1. Автостетоскоп.
1 – наконечник; 2 – корпус; 3 – телефон.

Характер стуків при роботі двигуна наступний: клапанів ритмічний, добре прослуховується на мінімальних обертах холостого ходу; поршнів - сухий, що клацає (особливо у непрогрітого двигуна); поршневих пальців - різкий металевий.

Наявність шуму в передній частині двигуна свідчить про зношування розподільних шестерень або ланцюга проводу.

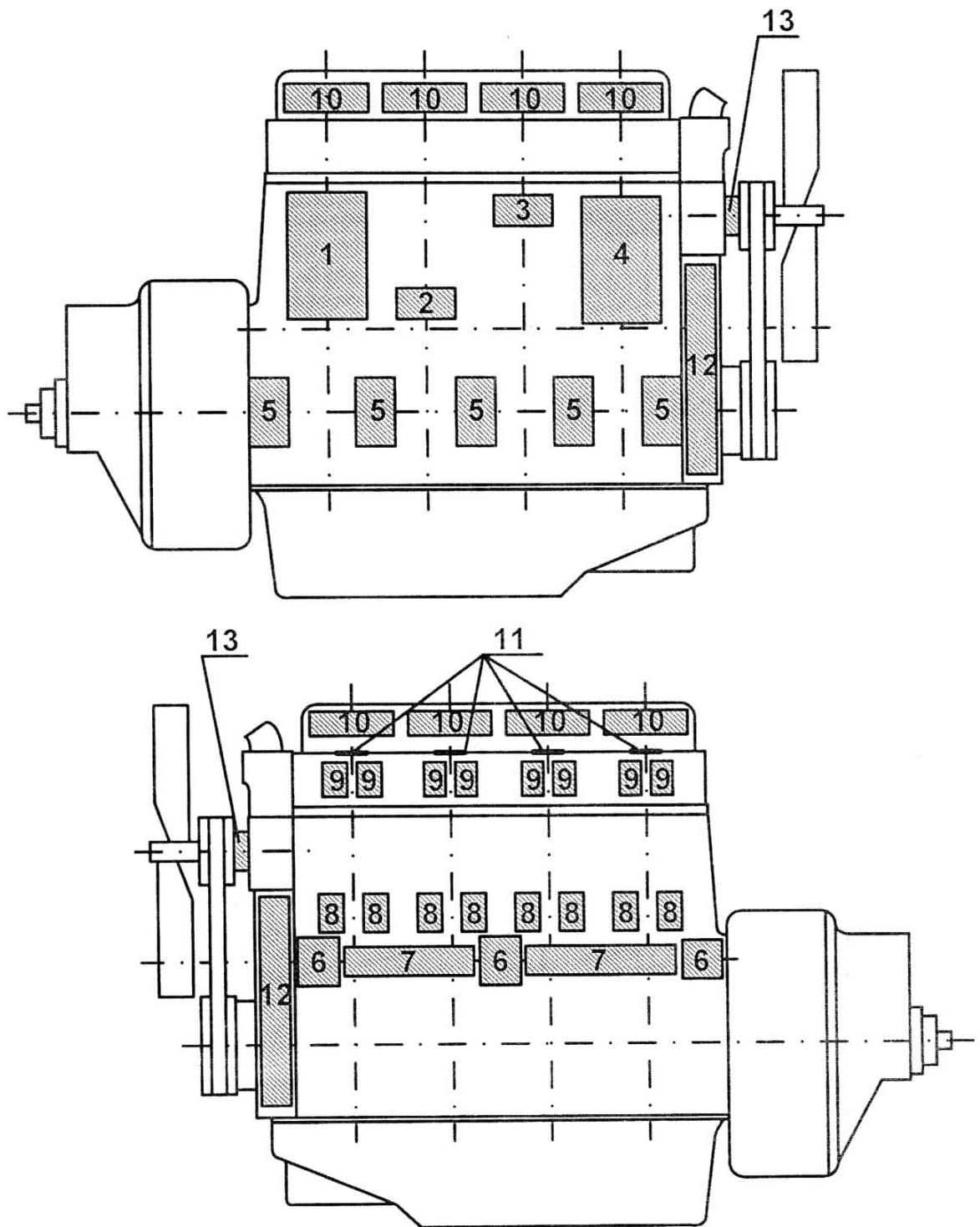


Рис.1.2. Схема прослуховування двигуна: 1 - поршень – циліндр; 2 – поршневе кільце – канавки на поршневій; 3 – поршневій палець – втулки шатуна; 4 – колінчастий вал – шатунний підшипник; 5 – колінчастий вал – корінний підшипник; 6 – розподільний вал – підшипник; 7 – кулачок розподільного вала; 8 – штовхач – втулка штовхача; 9 – стрижень клапана – направляюча втулка; 10 – бойок коромисла – стрижень клапана; 11 – клапан – дно поршня; 12 – розподільні шестерні; 13 – водяний насос.

Глухий, низького тону стукіт навпроти корінних підшипників (з протилежного боку від механізму газорозподілу) є ознакою збільшеного зазору в корінних підшипниках.

Чіткий металевий стукіт високого тону на рівні верхньої мертвої точки (ВМТ) поршневого пальця (з протилежного боку від механізму газорозподілу) свідчить про збільшений зазор в спряженнях втулки верхньої головки шатуна - поршневого пальця.

Низького тону з правого боку двигуна в зоні корінних опор може бути причиною осьового люфту колінчастого валу.

Сильний звук у верхній частині циліндра або головки циліндрів свідчить, що тарілка клапана надто виступає над площиною головки.

Слабкий глухий звук середнього тону з обох боків двигуна під ковпаком клапанного механізму є причиною великого зазору між торцем клапану і бойком коромисла.

Зміст звіту

1. Назва та мета роботи.
2. Описання методів оцінки технічного стану працюючого та непрацюючого двигуна.
3. Схема прослуховування двигуна.
4. Аналіз результатів вимірів. Пояснити методику визначення працездатності двигуна за параметрами технічного стану.

Контрольні питання

1. Назвіть основні експлуатаційні показники технічного стану двигуна.
2. Вкажіть основні методи діагностування технічного стану працюючого та непрацюючого двигуна.
3. Які є допустимі значення тиску моторної оливи в головній магістралі двигуна Д-65Н?
4. Якими методами можна оцінити якість моторної оливи?
5. Поясніть методику діагностування загального стану двигуна за допомогою прослуховування автостетоскопом.

Лабораторна робота № 2

Тема. Діагностика технічного стану дизельного двигуна за інтегральними параметрами за допомогою індикатора потужності двигуна цифрового ИМД-Ц.

Мета роботи: ознайомлення з методом діагностування технічного стану двигуна внутрішнього згоряння за допомогою приладу ИМД-Ц; набуття практичних навичок з діагностування й визначення придатності двигуна до подальшої експлуатації.

Зміст роботи

- 2.1. Призначення та принцип дії пристрою ИМД-Ц.
- 2.2. Оцінка технічного стану двигуна за результатами вимірювань частоти обертів колінчастого валу.
- 2.3. Оцінка ефективної потужності двигуна за результатами вимірювань прискорення розгону колінчастого валу в області номінальної частоти обертання.
- 2.4. Вимірювання прискорення розгону двигуна при частоті обертання колінчастого валу, що відповідає максимальному крутному моменту.

Короткі теоретичні відомості

Сутність методу оцінки потужності двигуна за його розгінною характеристикою без навантаження полягає у вимірюванні кутового прискорення колінчастого валу в режимі вільного прискорення від мінімальної до максимальної або наперед заданої частоти обертання при повному подаванні палива за мінімально стабільної частоти його обертання на холостому ході (900 хв^{-1} і менше). Якщо швидко перемістити важіль акселератора в положення максимальної подачі, тобто «до упору», то розгін двигуна відбудеться при повному цикловому подаванні палива. Отже, в умовах розгону двигун завантажується до повного циклового подавання палива і його індикаторна робота

витрачається на подолання інерційних сил опору і механічних втрат двигуна.

Індикаторний крутний момент двигуна у динамічних режимах можна представити таким чином:

$$M_i = M_\mu + I \frac{d\omega}{dt} \quad (1)$$

де M_i - момент механічних втрат двигуна, Н·м; I – зведений момент Н·м·с⁻²; $\frac{d\omega}{dt}$ – кутове прискорення обертання колінчастого валу, рад/с².

Потужність двигуна:

$$M_o \omega = I \frac{d\omega}{dt} \omega = N_e \quad (2)$$

Цей вираз дає можливість визначити N_e за кутовим прискоренням обертання колінчастого валу. Величина I для даного двигуна є сталою.

Прилади та обладнання

- дизельний двигун Д-65;
- індикатор потужності двигуна цифровий ИМД-Ц.
- інструмент для розбірно-складальних робіт;
- плакати й схеми.

2.1. Призначення та принцип дії пристрою ИМД-Ц

Пристрій ИМД-Ц (рис. 2.1) застосовується: для вимірювання частоти обертання колінчастого валу, повної ефективної потужності, потужності при заданій частоті обертання колінчастого валу, потужності при частоті обертання колінчастого валу, що відповідає максимальному крутному моменту та потужності окремих циліндрів дизельних двигунів, оцінки нерівномірності роботи циліндрів, постійної напруги електрообладнання будівельних машин в експлуатаційних умовах.

Основні робочі характеристики приладу: діапазон вимірювання потужності 0...220 кВт (0...300 к.с.); діапазон вимірювання частоти обертів колінчастого валу 0...70 с⁻¹ (0...4000

хв⁻¹). Принцип дії приладу заснований на аналоговому перетворювачі.

2.2. Оцінка технічного стану двигуна за результатами вимірювань частоти обертів колінчастого валу.

2.2.1. Підготувати пристрій для вимірювання, для цього необхідно вкрутити індукційний датчик в підготовлений отвір у кожусі маховика навпроти зубчастого вінця маховика. Цю операцію слід виконувати за умов непрацюючого двигуна. Також варто положення маховика колінчастого валу розташувати таким чином, щоб датчик приладу знаходився навпроти вершини зубів вінця маховика на відстані 1...1,5 мм.

2.2.2. Під'єднати шнур живлення до акумуляторної батареї 12 В. Увімкнути живлення приладу повертаючи рукоятку «Вкл.» за годинниковою стрілкою.

2.2.3. Під'єднати індукційний датчик до вхідного роз'єму пристрою.

2.2.4. Відкалібрувати пристрій за частотою обертання: натиснути клавішу «п»; встановити на табло пристрою калібрувальне значення для даної марки дизеля, обертаючи рукоятку потенціометра «калібрування п»; повернути клавішу «п» у вихідне положення повторним натисканням.

2.2.5. Запустити дизель і прогріти його (температура води і моторної оливи повинні бути 80...90 °С).

2.2.6. Обертанням ручки потенціометра «Вкл.» встановити на цифровому табло зручний час ідентифікації результатів вимірювань. На цифровому табло пристрою буде відобразитися значення частоти обертів колінчастого валу. Отримані значення порівняти з табличними (табл. 2.1.).

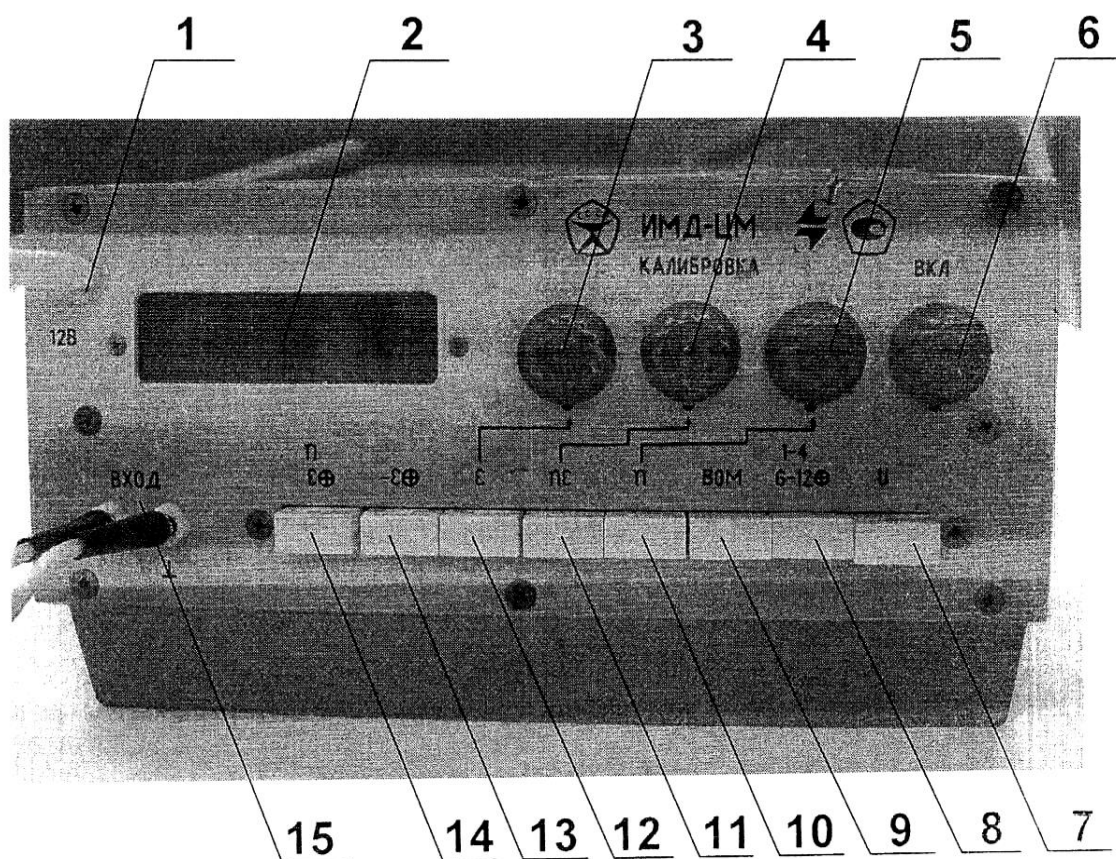


Рис. 2.1. Пристрій ІМД-Ц:

1 – роз’єм “Живлення” 12 В; 2 – цифрове табло; 3-5 – ручки потенціометрів встановлення калібровочних значень прискорення ϵ , рівня фіксації $ПЭ$ та частоти обертання $П$; 6 – ручка “Вкл” для включення приладу та регулювання часу індикації результатів вимірювання на цифровому табло; 7-14 – кнопки перемикання виду робіт; 15 - роз’єм “Вхід” для підключення первинного перетворювача (індукційного датчика).

Калібрування значення пристрою

№ п/п	Дизельні двигуни	Калібрувальні значення пристрою		Значення частоти обертання, на яку налаштовується пристрій для вимірювання прискорення	
		За частотою обертання	За прискоренням	В межах номінальної частоти обертання	В межах максимального крутного моменту
1	ЯМЗ-240Б	1630	327,2	1800	1300
2	ЯМЗ-238 НБ	1630		1600	1300
3	СМД-62	1673		2000	1650
4	А-41	1802		1650	1200
5	Д-240	1302		2100	1550
6	Д-240Л	1562		2100	1550
7	Д-65 Н	1420		1650	1200
8	Д-50	1302		1600	1200
9	Д-50 Л	1562		1600	1200
10	А-01 М	1704		1600	1200
11	Д-144	1387		1900	1400
12	СМД-14	1875		1600	1200
13	СМД-14 А	1875		1600	1200

**2.3. Оцінка ефективної потужності двигуна за результатами
вимірювань прискорень розгону колінчастого валу.**

2.3.1. Підготувати пристрій для вимірювання, відкалібрувати на номінальну частоту обертання.

2.3.2. Відкалібрувати пристрій за прискоренням: натиснути клавішу «Є» (решта клавіш мають бути віджатими); встановити на цифровому табло калібрувальне значення прискорення $327,2 \pm 0,5$, повертаючи ручку потенціометра «Є» (калібрувальна величина $327,2 \pm 0,5$ - постійна для всіх марок дизелів); повернути клавішу «Є» у вихідне положення повторним натисканням.

2.3.3. Запустити дизель і прогріти його (температура води і оливи повинні бути 80...90 °С).

2.3.4. Налаштувати пристрій на частоту обертання при якій вимірюється прискорення: натиснути клавішу « n_{ϵ} » та встановити на цифровому табло номінальне значення частоти обертання холостого ходу (номінальну частоту обертів для різних типів двигунів наведено в табл. 2.2, додаток А); повернути клавішу « n_{ϵ} » у вихідне положення повторним натисканням.

2.3.5. Встановити клавішу числа циліндрів $\frac{1-4}{6-12}$ в положення, що відповідає кількості робочих циліндрів (вихідне положення клавіші відповідає 1-4 робочим циліндрам, натиснута клавіша - 6-12 робочим циліндрам);

2.3.6. Натиснути клавішу « $\frac{n}{\epsilon}$ ».

2.3.7. Встановити максимальну частоту обертання дизеля.

2.3.8. Різко вимкнути подачу палива і, досягнувши мінімальної частоти обертання, миттєво перевести важіль подачі палива в положення «максимум» та записати показання табло (показання цифрового табло знижуються при максимальній подачі палива без зміни положення важеля подачі).

2.3.9. Повторити операції 2.3.6, 2.3.8 не менше трьох разів та знайти середнє значення показань індикатора ИМД-Ц. Якщо під час вимірювання тепловий режим двигуна відрізнявся від номінального (70...90 °С), в такому разі показання табло слід відкоригувати за графіком (рис.2.2). Приведене значення кутового прискорення:

$$\epsilon_{\text{пр}} = \epsilon_{\text{вим}} + \Delta\epsilon. \quad (2.1)$$

2.3.10. Оцінити за допомогою графіків (рис. 2.3) ефективну потужність дизеля.

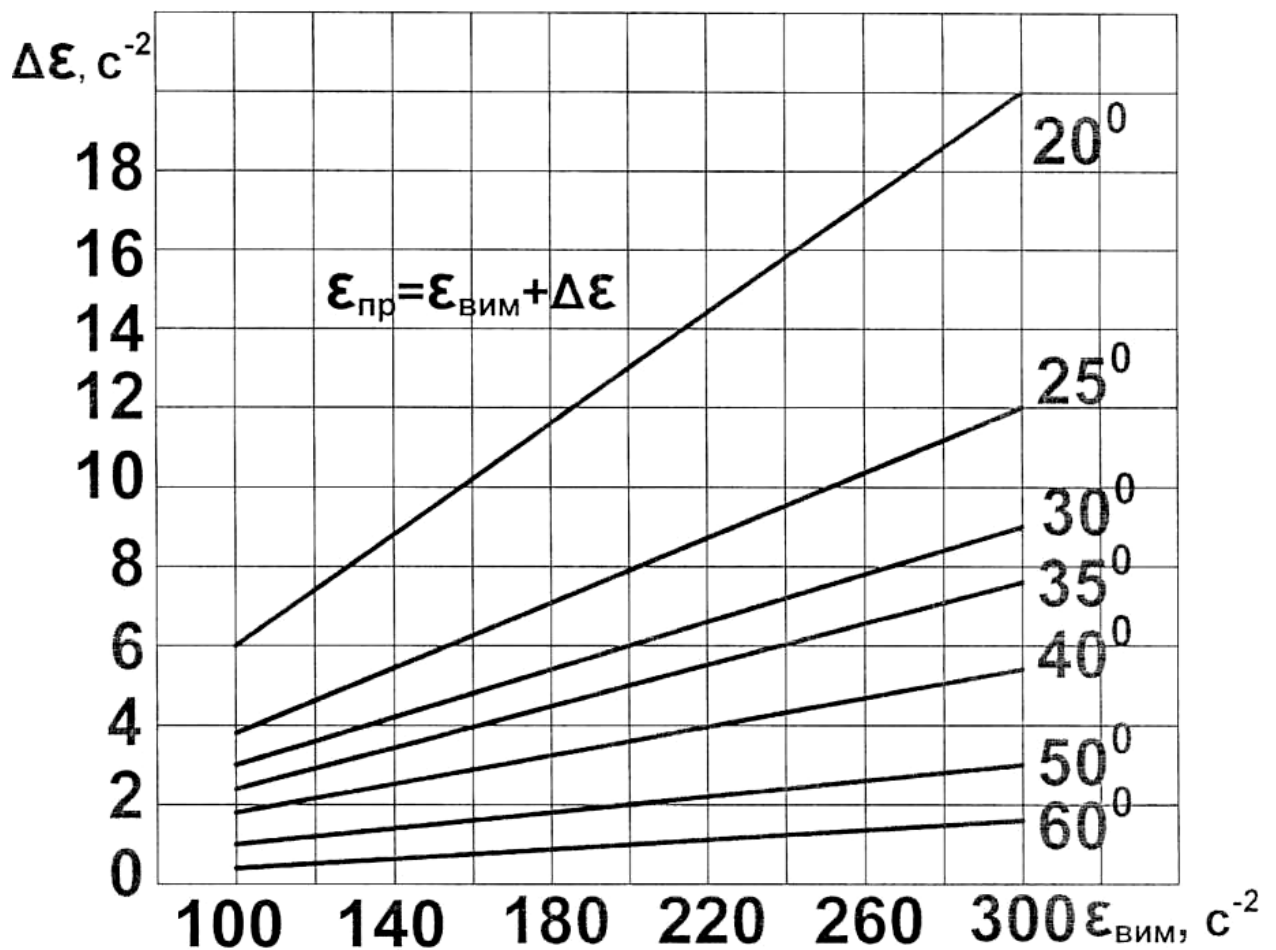


Рис. 2.2. Графік коригування прискорення розгону за температурою двигуна.

2.4. Вимірювання прискорення розгону двигуна за умови, коли частота обертання відповідає максимальному крутному моменту.

2.4.1. Підготувати пристрій до роботи. Налаштувати пристрій на частоту обертання, при якій вимірюється прискорення, для чого: натиснути клавішу « n_{ϵ} »; обертаючи ручку потенціометра, встановити на цифровому табло значення частоти обертання при максимальному крутному моменті, яке приведене в табл.2.2. (додаток А); повернути клавішу « n_{ϵ} » у вихідне положення повторним натисканням.

2.4.2. Виконати операції 2.3.5 - 2.3.9 попереднього дослідю.

2.4.3. Зрівняти отримане середнє значення з допустимим (дивись табл. 2.2., додаток А).

2.4.4. За отриманими результатами зробити висновки.

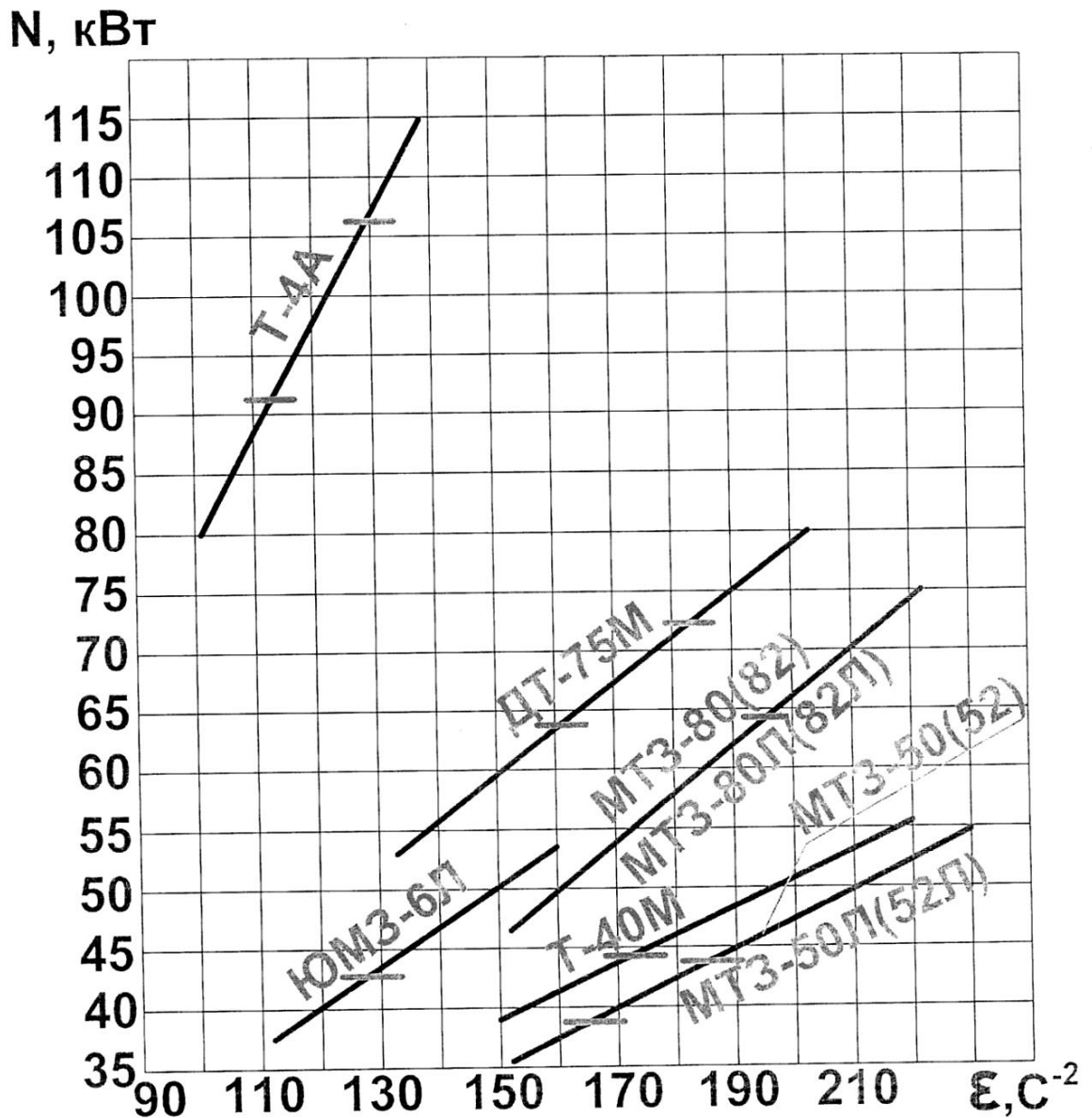


Рис. 2.3. Номограма переведення прискорення в потужність (трактори ДТ-75М, МТЗ-80/82, ЮМЗ-6Л, МТЗ-50/52, Т-4 ОМ, Т-4 А): /---/ границя допустимих значень.

Зміст звіту

1. Назва та мета роботи.
2. Описання методів оцінки технічного стану двигуна за допомогою приладу ИМД-Ц.
3. Методика оцінки технічного стану двигуна за результатами вимірювань частоти обертів колінчастого валу.

4. Методика оцінки ефективної потужності двигуна за результатами вимірювань прискорень розгону колінчастого валу.
5. Методика вимірювання прискорення розгону двигуна за умови, коли частота обертання, відповідає максимальному крутному моменту.

Контрольні питання

1. Призначення та принцип дії пристрою ИМД-Ц.
2. Як оцінити технічний стан двигуна за результатами вимірювань частоти обертів колінчастого валу?
3. Як оцінити технічний стан двигуна за результатами вимірювань прискорень розгону колінчастого валу?
4. Які заходи необхідно прийняти, якщо отримані значення частоти обертів або прискорення не співпадають із нормативними?

Лабораторна робота № 3

Тема: Діагностика і технічне обслуговування системи очищення повітря і живлення.

Мета роботи: ознайомлення з методом діагностування технічного стану системи очищення повітря і живлення; набуття практичних навичок з технічного обслуговування систем подачі та очищення повітря а також системи живлення низького та високого тиску дизельних двигунів.

Зміст роботи

- 3.1. Діагностика системи подачі та очищення повітря.
- 3.2. Діагностика системи подачі палива низького тиску.
- 3.4. Діагностика та технічне обслуговування паливної апаратури високого тиску.

Короткі теоретичні відомості

Основні несправності в роботі дизельних двигунів найчастіше пов'язані із системою подачі палива або, як її прийнято називати, - системою живлення. За таких умов погіршуються тягові та економічні показники роботи машини: зменшується потужність двигуна, ускладнюється його запуск, виникають зупинки двигуна та збільшується витрата палива. Несправності дизелів можуть бути викликані несправностями в системі подачі палива як низького тиску (зношення редукційного клапана насоса підкачки та засміченість паливного фільтра), так і високого тиску (зношення плунжерних пар, несправності секцій паливного насоса, зношення форсунок та ін.).

На процес спалаху та горіння суміші одночасно із системою подачі палива також впливає система подачі повітря. Тому в першу чергу слід перевіряти технічний стан системи подачі повітря.

Прилади та обладнання

- дизельний двигун Д-65Н;
- пристрій для перевірки герметичності впускного повітряного тракту КИ-4870;
- сигналізатор засміченості повітроочисника ОР-9928;
- пристрій оцінки технічного стану паливної апаратури низького тиску КИ-4801;
- пристрій для перевірки технічного стану форсунок КИ-9917;
- прилад для випробування та регулювання форсунок КИ-652;
- інструмент для розбірно-складальних робіт;
- плакати й схеми.

3.1. Діагностика системи подачі та очищення повітря.

3.1.1. Для перевірки герметичності повітряного тракту застосовується пристрій КИ-4870 (рис.3.1). Принцип дії пристрою, що виконаний за принципом дифманометра, полягає в зміні положення рівня рідини, відміченого рисою на корпусі, під дією розрідження, що створюється перед каналом наконечника за наявності підсмоктування повітря у випадку негерметичності впускного повітряного тракту.

3.1.2. Перевірка забрудненості повітроочисника. Стан повітроочисника можна визначити за розрідженням у впускному повітряному тракті: чим більша засміченість повітроочисника, тим сильніше розрідження. З цією метою використовують сигналізатор засміченості повітроочисника ОР-9928 ГОСНИТИ (рис.3.2).

Положення сигнального поршня відносно оглядового вікна корпусу характеризує опір повітроочисника. Вікно сигналізатора повністю перекривається поршнем за умови вакууметричного тиску 650 мм вод. ст.. Сигналізатор може встановлюватися або безпосередньо на впускному тракті двигуна або на панелі приладів.

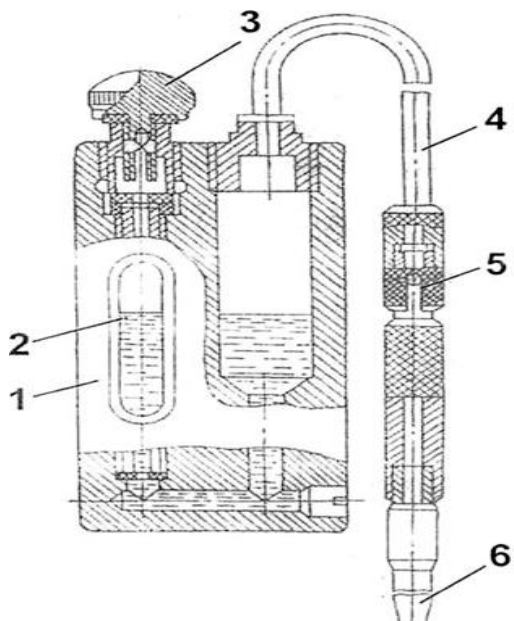


Рис. 3.1. Пристрій для перевірки герметичності впускного повітряного тракту: 1 - корпус; 2 - скляна трубка; 3 - пробка; 4 - з'єднувальна трубка; 5 - з'єднувальна муфта; 6 - наконечник.

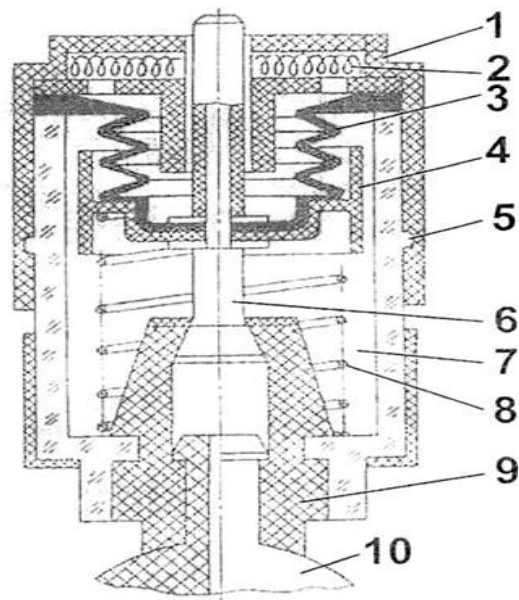


Рис. 3.2. Сигналізатор засміченості повітроочисника: 1 - ковпачок; 2 - манжета; 3 - гофроване сидло; 4 - поршень; 5 - прозорий корпус; 6 - клапан; 7 - камера; 8 - зворотна пружина; 9 - гумовий наконечник (сідло клапана); 10 - присмоктувач.

3.1.3. Визначення розрідження у впускному тракті двигуна. Для цього необхідно під'єднати мановакуумметр до впускного колектору двигуна. Далі, зафіксувавши значення та порівнявши дані з табл. 3.1, визначаємо необхідність технічного обслуговування повітроочисника.

3.2. Діагностика системи подачі палива низького тиску.

Систему подачі палива низького тиску перевіряють у випадку зниження потужності двигуна а також за умови зменшення прискорення розгону.

3.2.1. Запустити двигун та встановити максимальний швидкісний режим. Завантажити дизель до досягнення номінальної частоти обертів. Частота обертів контролюється за тахометром або пристроєм ИМД-Ц. Навантаження двигуна імітують дроселюванням повітря у впускній системі, для цього знімають

фільтр і плавно прикривають впускну трубу повітроочисника заслінкою.

Таблиця 3.1

Номинальні та допустимі значення розрідження у впускному колекторі

Двигун	Розрідження, кПа	
	Номинальне (чистий повітроочищувач)	Допустиме
ЯМЗ-240Б, ЯМЗ-238НБ, СМД-62	2,1±0,3	4,0
А-41	5,5±0,5	7,0
МТЗ-50(52), МТЗ-80(82), МТЗ-5Л	3,5±0,5	5,5

3.2.2. Викрутити зливний вентиль фільтра тонкого очищення та спостерігати за струменем палива, що витікає. Паливо повинно витікати під напором, струмінь має бути безперервним та без домішок повітря.

3.2.3. Під'єднати до системи подачі палива низького тиску пристрій КИ-4801 (рис. 3.3). Один з наконечників приладу під'єднується до нагнітальної магістралі перед фільтром тонкого очищення, а інший - між фільтром та паливним насосом.

3.2.4. Перемкнути кран пристрою КИ-4801, виміряти тиск палива до та після фільтра тонкого очищення. Якщо тиск палива після фільтра тонкого очищення знаходиться в межах 0,06...0,08 МПа, це є свідченням справності фільтруючих елементів, перепускного клапана та насоса підкачування.

3.2.5. Оцінити стан насоса підкачування, фільтра та перепускного клапана наступним чином. Тиск палива перед фільтром, що створюється насосом поршневого типу має бути не менше 0,08 МПа, після фільтру - не менше 0,04 МПа. Якщо тиск після фільтра тонкого очищення менше 0,04 МПа, то в такому разі необхідно перевірити справність перепускного клапану. Якщо тиск після

фільтра підвищився до 0,06...0,08 МПа, тоді це означає, що перепускний клапан несправний та потребує заміни. Якщо тиск до фільтра тонкого очищення менше 0,08 МПа, це свідчить про надмірне зношення насоса підкачування та необхідності його заміни або ремонту. Якщо тиск перед фільтром становить 0,11...0,14 МПа, то після фільтру він має бути не менше 0,05 МПа, а при тискові перед фільтром 0,08...0,11 МПа тиск після фільтра має бути не менше 0,04 МПа. Менші значення тиску свідчать про забруднення фільтруючих елементів.

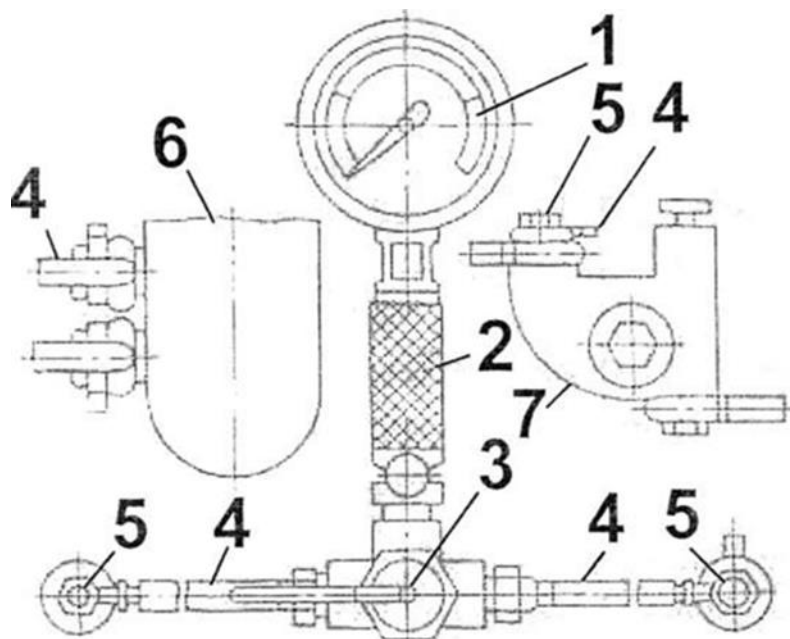


Рис.3.3. Пристрій КИ-4801: манометр; 2 - корпус з клапаном; 3 - триходовий кран; 4 - шланги; 5 - порожністі приєднувальні болти; 6- фільтр двигуна; 7 - підкачувальний насос.

3.3. Діагностика та технічне обслуговування паливної апаратури високого тиску

3.3.1. Стан паливної апаратури характеризується за наступними показниками: тиск впорскування, якість розпилення палива, ступінь зношування плунжерних пар і нагнітальних клапанів, частота обертів колінчастого валу, подача палива насосом, нерівномірність подачі, витрата палива, кут випередження подачі палива, коефіцієнт запасу циклової подачі за умови зниження частоти обертання, ступенем нерівномірності та нечутливості регулятора частоти обертання.

3.3.2. Перевірка правильності встановлення початку подачі палива. Момент початку подачі палива плунжерною парою насоса перевіряють за допомогою моментоскопу КИ-4941. Момент початку подачі палива визначають за початком підйому рівня палива в скляній трубці за умови повільного прокручування колінчастого валу вручну. Якщо плунжерна пара має зношення, тоді подача палива починається дещо пізніше, що пояснюється підвищеною втратою палива через зазор між втулкою та плунжером. Зазначений недолік можна усунути заміною пружини нагнітального клапана насосу технологічною пружиною, жорсткість якої в 8-10 разів менша жорсткості робочої пружини.

3.3.3. Діагностування та технічне обслуговування форсунок. Без зняття з дизеля форсунки діагностують за допомогою пристрою КИ-9917 (рис. 3.4), а при знятій форсунці - за допомогою приладу КИ-562 (рис. 3.5), що представляє собою ручний насос високого тиску. Для перевірки технічного стану форсунок без зняття з дизеля необхідно:

- підготувати пристрій до роботи (встановити в корпусі 2 важіль 1, залити паливо в резервуар 5 та закрутити ручку 8, закрутити манометр 4 в корпус 2 і прокачати паливо за допомогою насоса важелем 1 до тиску 20 МПа).

- оцінити рухомість голки розпилювача форсунки, для цього здійснити декілька прокачувань, спостерігаючи за показами манометра (якщо після 8...10 качків стрілка манометра залишається нерухою або переміститься не більше ніж на 0,5...1 МПа, то це свідчить про зависання голки в корпусі розпилювача).

- визначити тиск початку впорскування (приєднати паливопровід форсунки, що перевіряється, до приладу, здійснити прокачування, плавно збільшуючи тиск палива зафіксувати тиск впорскування). Номінальні та допустимі значення тиску впорскування палива наведено в табл. 3.2.

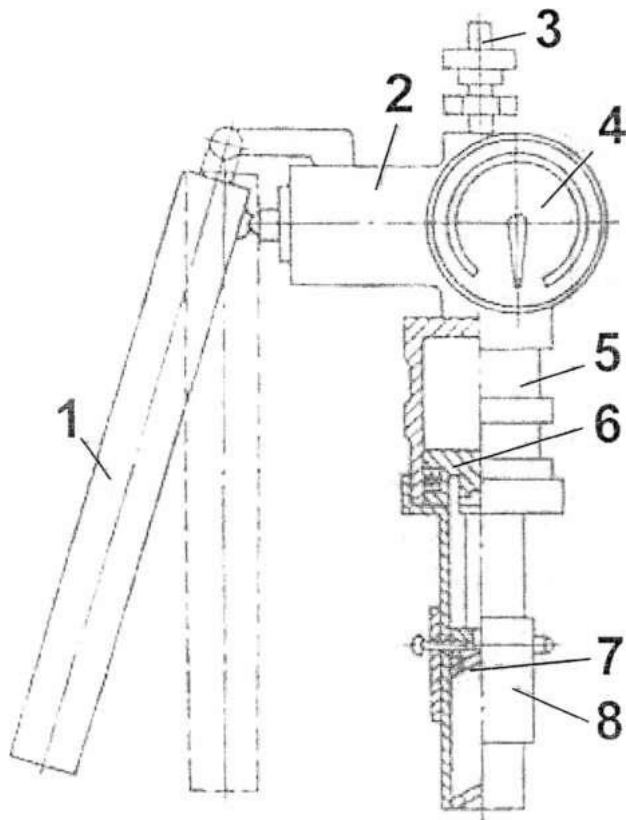


Рис. 3.4. Пристрій КИ-9917:

1 - важіль; 2 - корпус; 3 - паливо провід високого тиску; 4 - манометр; 5 - резервуар для палива; 6 - поршень; 7 - пружина; 8 - ручка резервуара.

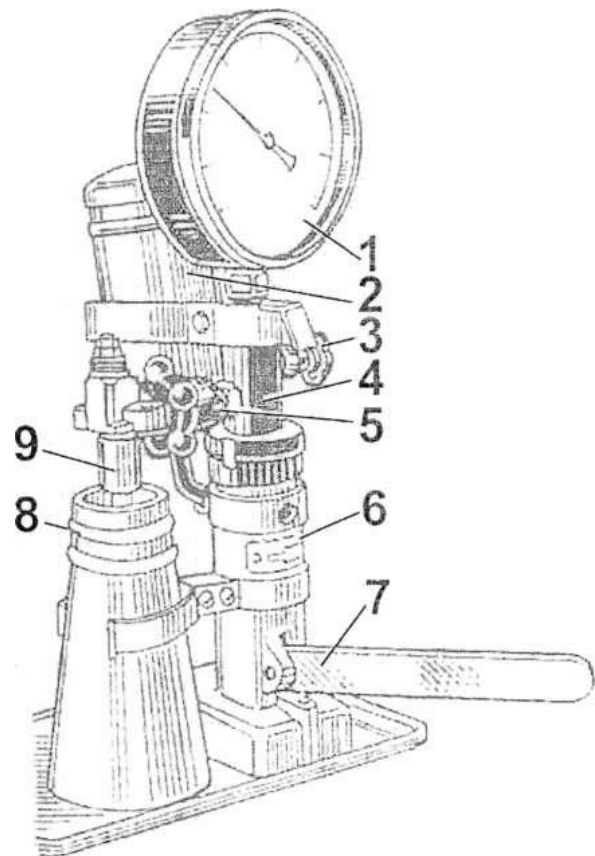


Рис. 3.5. Випробування форсунок приладом КИ-652:

1 - манометр; 2 - бачок для палива; 3 - запірний вентиль; 4 - розподільник; 5 - маховичок для приєднання форсунок; 6 - корпус; 7 - важіль; 8 - прозорий стакан; 9 - форсунка.

- визначити якість розпилювання палива, здійснюючи нагнітання палива зі швидкістю 70...80 прокачувань за хвилину та прослуховуючи за допомогою стетоскопа звук впорскування. Початок і кінець впорскування мають бути чіткими і повинні супроводжуватись характерним чітким переривчатим звуком,

**Номінальні та допустимі значення тиску впорскування
палива форсунками**

Двигун	Тиск впорскування, МПа
ЯМЗ-240 Б	16,5±0,5
ЯМЗ-238 НБ	15,0±0,5
СМД-62, СМД-60, Д-240, Д-240 Л	17,5±0,5
Д-108, Д-130	20,0±0,5
СМД-14, СМД-14 А, Д-54 А, Д-50, Д-48 М, Д-46 ПЛ.	12,5±0,5
Д-65 Н, Д-37 Е, Д-37 М, Д-21	17,0±0,5

подібним до сухого тріску. Якщо звук впорскування прослуховується погано і не має його чіткого відсікання, - тоді форсунку варто зняти, розібрати, очистити та перевірити за допомогою приладу КИ-562).

- оцінити герметичність розпилювача форсунки (нагнітаючи паливо, встановити тиск на 1...1.5 МПа менше тиску впорскування, виміряти час падіння тиску на величину 1 МПа, час має бути не менше 20 с).

3.3.4. Перевірка форсунок за допомогою приладу КИ-562.

- зняти потрібну форсунку та промити її. Розібрати форсунку. Очистити корпус розпилювача та голку від нагару (за допомогою комплекту для чищення).

- злегка притерти запірну частину голки до корпусу. Деталі після чищення промивають спочатку в бензині а потім в дизельному паливі.

- переконатися у вільному русі голки в корпусі. Зависання голки в корпусі не допускається.

- очистити від нагару прижимну гайку та промити в дизельному паливі.

- встановити корпус розпилювача з голкою на місце та закріпити гайкою.

- встановити форсунку у прилад.

- виконати пробне впорскування та перевірити герметичність форсунок в місці її кріплення до приладу.
- відрегулювати тиск впорскування (дивись пункт 3.3.3).
- виконати нагнітання палива без впорскування та визначити падіння тиску на протязі 20 с.
- перевірити якість розпилювання палива візуально (паливо повинно впорскуватись в туманоподібному стані без помітних крапель або згущень, відбиток розпиленого пального на папері повинен бути симетричним).
- перевірити кут конуса розпилення за діаметром відбитку на папері.

Допустимий діаметр відбитку має бути 98...110 мм (для форсунок двигунів А-41, СМД-14, Д-50 та інш.). Відхилення центру відбитка від центра форсунок не повинно бути більшим за 19 мм.

3.3.5. Перевірка прецизійних пар паливного насоса здійснюється за допомогою приладу КИ-4802. При цьому перевіряється герметичність нагнітального клапана, частота обертів колінчастого валу, визначається продуктивність насосних секцій та нерівномірність їх роботи.

Отримані результати порівнюємо із даними табл. 3.3 (додаток Б).

Зміст звіту

1. Назва та мета роботи.
2. Методика оцінки технічного стану системи подачі та очищення повітря двигуна.
3. Методика оцінки технічного стану системи подачі палива низького тиску.
4. Методика оцінки технічного стану та технічне обслуговування паливної апаратури високого тиску.

Контрольні питання

1. Як оцінити технічний стан системи подачі та очищення повітря двигуна?

2. Як впливає на роботу двигуна несправність паливної апаратури і які методи діагностики застосовуються при цьому?
3. Як оцінити технічний стан паливної апаратури високого тиску?

Лабораторна робота № 4

Тема. Діагностика технічного стану та залишкового ресурсу циліндро-поршневої групи.

Мета роботи: ознайомлення з методом діагностування технічного стану та прогнозування залишкового ресурсу циліндро-поршневої групи; набуття практичних навичок з технічного обслуговування циліндро-поршневої групи.

Зміст роботи

- 4.1 Оцінка зношеності циліндро-поршневої групи за компресією в кінці такту стиснення.
- 4.2. Діагностика технічного стану циліндро-поршневої групи за витратами картерної оливи на вигорання.
- 4.3. Діагностика технічного стану циліндро-поршневої групи за допомогою індикатора КИ-4887-ІІ.
- 4.4. Визначення залишкового ресурсу циліндро-поршневої групи двигуна.
- 4.5. Діагностика технічного стану циліндро-поршневої групи карбюраторного двигуна за допомогою приладу К-69М.

Короткі теоретичні відомості

В процесі експлуатації двигунів внутрішнього згорання зношується циліндро-поршнева група, внаслідок чого зменшується тиск наприкінці такту стиснення а також розрідження у впускному трубопроводі; падає потужність; підвищується витрата палива й моторної оливи; порушується синхронність роботи систем живлення, запалювання, охолодження і змащування; підвищується токсичність відпрацьованих газів та їх кількість; з'являється стукіт і нерівномірності в роботі двигуна, ускладнюється його запуск.

Структурними параметрами циліндро-поршневої групи є розміри зазорів: між поршнем і кільцем по висоті канавки; у

стиках поршневих кілець; між гільзою циліндра і поршнем. Структурним параметрам відповідають функціонально залежні від них діагностичні параметри: об'єм газів, які прорвалися в картер; витрати оливи на вигорання; тиск газів у кінці такту стиснення; вміст оксиду вуглецю у відпрацьованих газах; втрати або спад тиску стисненого повітря, яке подається в циліндри; кількісний і якісний склад елементів зношення в оливі та інш.

Прилади та обладнання

- компресіометр КИ-861;
- індикатор витрати газів КИ-4887-II;
- прилад К-69 М;
- дизельний двигун Д-65;
- інструмент для розбірно-складальних робіт;
- плакати й схеми.

4.1. Оцінка зношеності циліндро-поршневої групи за компресією в кінці такту стиснення.

Оцінка зношення циліндро-поршневої групи здійснюється за допомогою компресіометра КИ-861, що застосовується для виявлення відносної нерівномірності зношення спряжень циліндро-поршневої групи, а також для виявлення несправностей аварійного характеру (поломка або закоксованність поршневих кілець, пригорання або обрив клапана та інш.).

Для перевірки компресії необхідно:

- запустити двигун, прогріти його до робочої температури (60...80°C);
- заглушити двигун, зняти форсунки, замість них встановити компресіометр;
- закрити впускний вентиль компресіометра і, повертаючи двигун пусковим пристроєм при вимкненому декомпресорі, виміряти компресію в циліндрах, спостерігаючи за переміщенням стрілки манометра. Коли стрілка зупиниться, зафіксувати покази та відкрити вентиль. Операцію повторити тричі.

Аналогічно вимірюється компресія решти циліндрів у відповідності з порядком роботи двигуна. У справного двигуна різниця між максимальним тиском в окремому та середнім значенням тиску решти циліндрів повинна бути не більше 0,02 МПа. За умов більшої різниці двигун потребує ремонту.

4.2 Діагностика технічного стану циліндро-поршневої групи за витратами картерної оливи на вигорання.

Для оцінки технічного стану циліндро-поршневої групи за витратами картерної оливи на вигорання необхідно підрахувати масову і питому витрати оливи у відсотках по відношенню до витрат палива за останні 10 змін роботи машини. Повна заміна оливи в картері двигуна, якщо вона проводилась на протязі цих змін, не враховується. Якщо витрати картерної оливи становлять понад 2,5% витрат палива для потужних двигунів і 4,5% для двигунів середньої потужності, то в такому разі циліндро-поршнева група підлягає ремонту.

4.3 Діагностика технічного стану циліндро-поршневої групи за допомогою індикатора КИ-4887-II

Оцінка технічного стану циліндро-поршневої групи за об'ємом газів, що потрапляють у картер є одним з найбільш поширених методів діагностики. Для цього використовується індикатор КИ-4887-II (рис. 4.1).

Принцип дії приладу заснований на залежності кількості газів, що проходять через дросельний витратомір від площі прохідного перерізу дроселюючого отвору за умов заданого перепаду тиску в диференційному манометрі. Пристрій, яким обладнаний цей прилад, дає змогу відсмоктувати гази з картера та виконувати заміри їх кількості при тиску в картері, що дорівнює атмосферному. Завдяки цьому повністю усуваються втрати газів крізь нещільності картера, а тому - значно збільшується точність вимірювань.

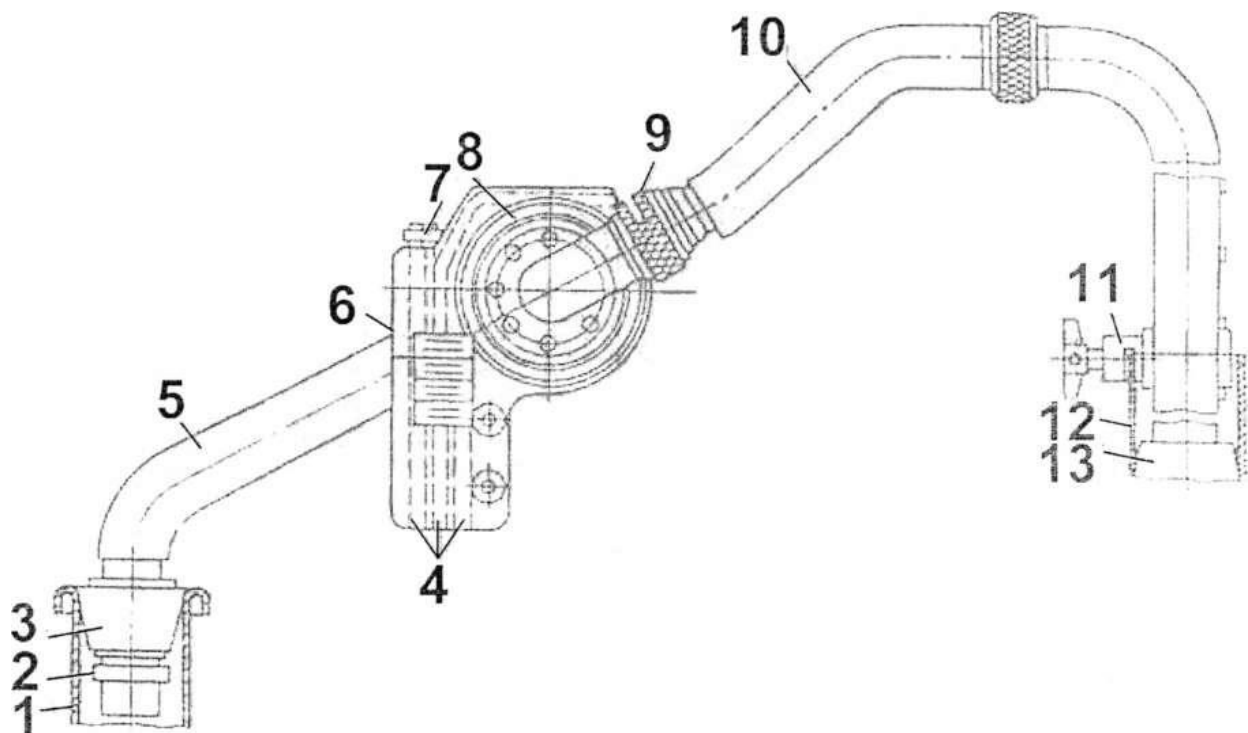


Рис. 4.1. Схема приєднання індикатора витрати газів КИ-4887-П:

1 - горловина для заливання оливи; 2 - фільтр; 3 - пробка; 4 - канали; 5 - впускний трубопровід; 6 - корпус; 7 - пробка; 8 - маховик дроселя; 9 - дросель випускного патрубку; 10 - випускний трубопровід; 11 - струбцина; 12 – вихлопна труба; 13 - ежектор.

До складу приладу входить дросельний витратомір постійного перепаду тиску з рідинним диференціальним манометром для контролю тиску в дросельному пристрої, дросель і рідинний манометр для регулювання та контролю тиску на вході у витратомір, впускний і випускний патрубки, трубопроводи з наконечниками та ежектор (рис. 4.2).

Об'єм картерних газів, що прориваються в картер, визначають за шкалою, нанесеною на рухомій втулці. На поверхні прозорого корпусу нанесені риска початку відліку та риски рівня заливання води в дифманометр. Перепад тиску в дроселюючому пристрої встановлюється для всіх вимірювань постійним - 15 мм водяного стовпчика, за рахунок зміни площі отвору, що представляє собою міру витрат газів.

Перепад тиску контролюється диференціальним водяним манометром, що сполучений з вхідною і вихідною сторонами дроселюючого пристрою (два крайніх стовпчика), третій стовпчик

(середній) з'єднаний із атмосферою і слугує для порівняння тиску впускного патрубка з атмосферним. В таблиці 4.1. наведені значення номінальних, допустимих та граничних витрат картерних газів.

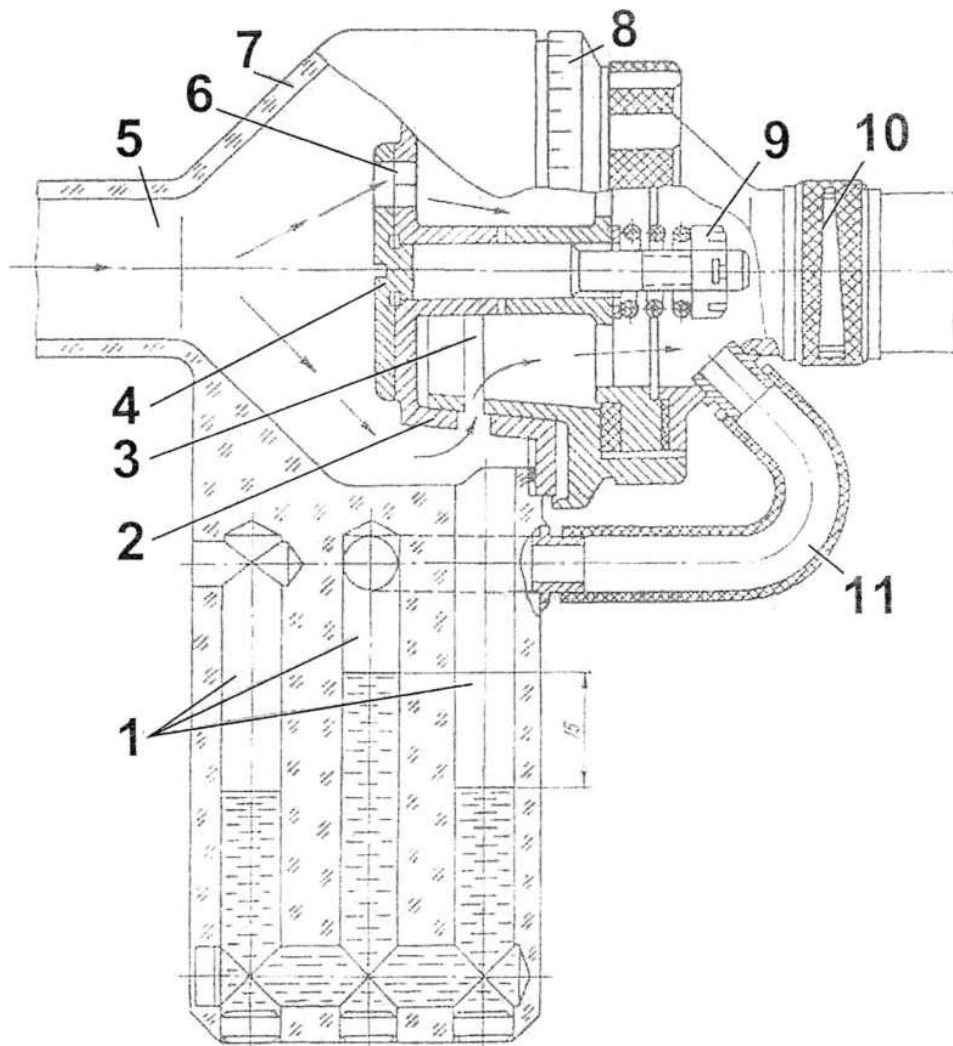


Рис. 4.2. Схема індикатора витрати газів КИ-4887-II:

1 - канали в корпусі; 2 - втулка дросельного пристрою; 3 - дросельний отвір; 4 - заслінка; 5 - впускний патрубок; 6 - калібрувальний отвір; 7 - корпус; 8 - маховик дросельного пристрою зі шкалою; 9 - випускний патрубок; 10 - дросель; 11 - патрубок, що вирівнює тиск.

4.4. Визначення залишкового ресурсу циліндро-поршневої групи двигуна

Залишковий ресурс двигуна визначають за результатами діагностування та довідниковими даними таблиці 4.2. Для цього необхідно:

- встановити напрацювання машини з початку експлуатації;

- на перетині стовпчика витрат газів із напрацюванням машини визначити залишковий ресурс. Якщо виміряна витрата картерних газів більше або дорівнює граничному значенню параметру, тобто коли залишковий ресурс дорівнює нулеві, то в такому разі циліндро-поршнева група потребує ремонту.

Таблиця 4.1.

Довідникові значення витрати картерних газів, які характеризують стан циліндро-поршневої групи

Двигун	Частота обертів колінчастого валу, хв^{-1}	Витрати партерних газів, л/хв		
		номінальні	допустимі	граничні
ЯМЗ-238 НБ	1700	72	125	180
СМД-60	2000	62	105	150
А-01 М	1700	52	110	160
Д-160	1250	47	100	140
Д-130	1070	40	85	120
Д-240	2200	31	70	100
Д-65 Н	1750	24	53	76

Таблиця 4.2.

Вихідні дані для прогнозування залишкового ресурсу циліндро-поршневої групи за кількістю газів, що прориваються в картер

Двигун	Частота обертів, хв^{-1}		Витрати партерних газів, л/хв				
	колінчастого валу	валу відбору потужності					
1	2	3	4				
ЯМЗ-238 НБ	1700	1000	180	153	139	128	120
СМД-62	2100	1028	160	137	124	114	108
А-01 М	1700	576	160	133	119	108	101
Д-130	1070	535	120	101	90	80	76
СМД-14	1700	536	90	75	66	60	56
Д-240	2200	571	100	84	74	67	62

1	2	3	4				
Д-65 Н	1750	557	76	64	56	51	47
Д-50	1700	562	70	59	52	47	44
Д-37 М	1600	533	85	71	63	57	53
Напрацювання від початку експлуатації, мото-год			Залишковий ресурс, мото-год				
1000			0	125	250	375	500
2000			0	250	500	750	1000
3000			0	375	750	1000	1000
4000			0	500	1000	1000	1000

4.5. Діагностика технічного стану циліндро-поршневої групи карбюраторного двигуна за допомогою приладу К-69М

4.5.1. Прилад К-69М (рис.4.3) призначений для оцінки технічного стану циліндрів, поршневих кілець, клапанів та прокладок головки блока циліндрів методом вимірювання витрат повітря, що подається від компресорної установки через отвори для свічок або форсунок в камеру стиснення при непрацюючому двигуні. Прилад працює від мережі стисненого повітря 0,3...0,6 МПа і призначений для двигунів з діаметром поршня 50...130 мм.

4.5.2. *Оцінка технічного стану циліндро-поршневої групи.* Не змінюючи під'єднання робочого наконечника (вентиль 1 повинен бути відкритим, а вентиль 2 - закритим), подати повітря за допомогою робочого наконечника в камеру стиснення першого циліндра. Після зупинки стрілки зняти показники манометра і записати у відповідну таблицю-журнал. Перевірити стан циліндро-поршневої групи решти циліндрів у відповідності із послідовністю роботи двигуна, що діагностується.

4.5.3. *Роздільне діагностування.* Якщо сумарні втрати повітря через спряження (покази манометра приладу) суттєві, в такому разі необхідно визначити місця втрат за допомогою стетоскопа:

- якщо стиснене повітря проходить крізь зазор поршень-циліндр, тоді шум буде відчутним в картері двигуна через маслозаливну горловину.

- якщо повітря проходить через спряження «клапан-гніздо клапана», тоді шум буде відчуватися через отвори для свічок в тих циліндрах, в котрих на даний момент відкритий клапан, який є однойменним із несправним клапаном в циліндрі, що перевіряється.

- при недостатній герметичності прокладки головки циліндрів можлива поява бульбашок повітря через заливну горловину радіатора або в роз'ємі головки і блока циліндрів, які попередньо змочуються мильним розчином.

Більш точну оцінку стану циліндро-поршневої групи можливо здійснити за різницею втрат повітря в кінці та на початку такту стиснення ($Y_1 - Y_2$). Для цього необхідно ще раз повернути колінчастий вал двигуна на два оберти та виміряти втрати Y_2 . за умови розташування поршня кожного циліндра на початку такту стиснення.

Знайти різницю значень втрат $Y_1 - Y_2$ та оцінити несправність:

- якщо значення Y_1 , значно більше Y_2 , тоді головною причиною є зношення циліндро- поршневої групи;
- якщо $Y_1 \approx Y_2$ то головна причина втрат - недостатня герметичність та незадовільний стан робочих поверхонь клапанів, їхніх гнізд і прокладки головки блока; залягання кілець в канавках поршня або їхня поломка;
- якщо покази манометра нестабільні в однаковому положенні поршня, і втрати при цьому значні, в такому разі можливими причинами є зависання клапанів, пригорання кілець чи пошкодження прокладки головки блоку циліндрів;
- відсутність втрат повітря через нещільності прилягання клапанів та прокладки головки блока а також втрати на початку такту стиснення $Y_2 = 15\%$ свідчить про необхідність заміни поршневих кілець;
- за умов різниці втрат $Y_1 - Y_2 > 30\%$ двигун потребує капітального ремонту.

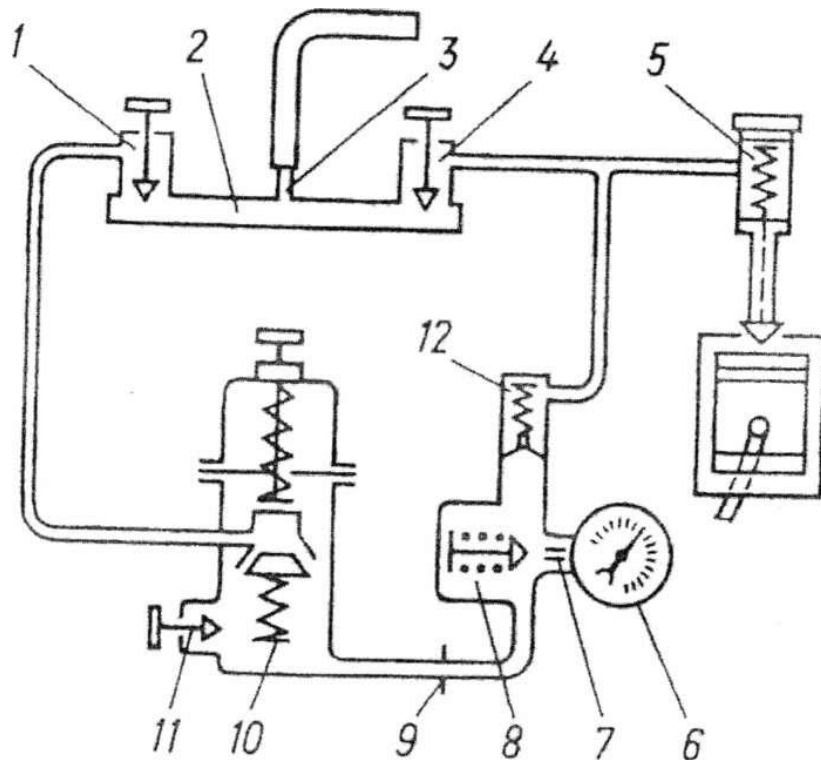


Рис. 4.3. Схема приєднання приладу К-69 М:

1,4 - вентилі; 2 - колектор; 3 - штуцер для приєднання приладу; 5 – робочий наконечник; 6 - манометр; 7, 9 - калібрувальні отвори; 8, 12 - зворотний і запобіжний клапани; 10 - редуктор (регулятор тиску); 11 - регульовальна голка .

Зміст звіту

1. Назва та мета роботи.
2. Методика оцінки зношеності циліндро-поршневої групи за компресією в кінці такту стиснення.
3. Методика діагностики технічного стану циліндро-поршневої групи за витратами картерної оливи на вигорання.
4. Методика діагностики технічного стану циліндро-поршневої групи за допомогою індикатора КИ-4887-ІІ.
5. Сутність методу визначення залишкового ресурсу циліндро-поршневої групи двигуна.
6. Методика діагностики технічного стану циліндро-поршневої групи карбюраторного двигуна за допомогою приладу К-69М.

Контрольні питання

1. Назвіть параметри технічного стану циліндро-поршневої групи двигуна.
2. В чому полягають основні методи визначення технічного стану циліндро- поршневої групи двигуна?
3. Як визначити залишковий ресурс циліндро-поршневої групи двигуна?

Лабораторна робота № 5

Тема. Діагностика технічного стану та залишкового ресурсу кривошипно-шатунного механізму (КШМ).

Мета роботи: ознайомлення з методом діагностування технічного стану та залишкового ресурсу кривошипно-шатунного механізму; набуття практичних навичок з технічного обслуговування кривошипно-шатунного механізму.

Зміст роботи

5.1. Оцінка стану кривошипно-шатунного механізму за допомогою найпростіших засобів.

5.2. Діагностування технічного стану спряжень за допомогою пристрою КИ-1114 ОМ.

5.3. Визначення залишкового ресурсу двигуна.

Короткі теоретичні відомості

Структурними параметрами кривошипно-шатунного механізму є зазори між шийками колінчастого валу і корінними та шатунними підшипниками, між поршневим пальцем і втулкою верхньої головки шатуна, а також осьовий зазор у корінних підшипниках колінчастого валу.

Функціонально-залежні діагностичні параметри кривошипно-шатунного механізму - це тиск оливи в головній магістралі, вібрація та шуми, вільний хід поршня відносно осі колінчастого

валу, а також якісний склад та кількісний вміст елементів зношення в оливі.

5.1. Оцінка стану кривошипно-шатунного механізму за допомогою найпростіших засобів.

Найпростішим методом визначення технічного стану кривошипно-шатунного механізму є прослуховування двигуна автостетоскопом. Досить ефективно можна визначати стуки у сполученнях кривошипно-шатунного механізму на непрацюючому двигуні, якщо в циліндрах двигуна почергово створювати розрідження і тиск, використовуючи компресорно-вакуумну установку КИ-4942 або КИ-13907.

Для цього необхідно:

5.1.1. Зняти форсунку та встановити поршень першого циліндра у верхню мертву точку на такті стиснення та зафіксувати його вмиканням будь-якої передачі (або іншим чином).

5.1.2. Вставити наконечник від шлангу компресора та закріпити його.

5.1.3. Увімкнути компресор та створити в ресиверах відповідний тиск 0,2...0,25 МПа та розрідження 0,06...0,07 МПа. Регулятором компресора встановити робочий тиск 0,2 МПа.

5.1.4. Підготувати автостетоскоп до роботи та прикласти його наконечник до блока циліндрів в зоні поршневого кільця; відкрити кран установки, та створюючи почергово в поршковому просторі розрідження та тиск, прослухати стуки у верхній головці шатуна та бобишках поршня.

5.1.5. Продовжуючи підтримувати в ресиверах заданий тиск та розрідження прикласти наконечник автостетоскопа до торця колінчастого валу та прослухати стуки в шатунних підшипниках.

5.1.6. Прослухати аналогічно стуки в верхній головці шатуна та шатунних підшипниках решти циліндрів.

При необхідності отримання додаткової інформації - запустити двигун (дивись лабораторну роботу №1). Стук корінних підшипників при збільшених зазорах на працюючому двигуні - глухий, сильний, низького тону, а шатунних підшипників - середнього тону, дзвінкіший від стуку корінних. Стук корінних

підшипників прослуховують у площині роз'єму картера, а шатунних - на стінках блока циліндрів по лінії руху поршня в місцях, що відповідають верхній і нижній мертвим точкам. Стуки поршневих пальців - різкі, металеві; прослуховують їх у верхній частині блока циліндрів.

Якщо тиск мастила в системі вище допустимого, а стуки відсутні, тоді варто перевірити регулювання зливного клапана оливної системи. Якщо регулювання зливного клапана не дає позитивних результатів, в такому разі необхідно перевірити подачу насоса та стан редуційного клапана.

Якщо тиск мастила нижче допустимого і в спряженнях колінчастого валу відчуваються стуки тоді необхідно перевірити зазначені зазори за допомогою пристрою КИ-1114 ОМ.

5.2. Діагностування технічного стану спряжень за допомогою пристрою КИ-1114 ОМ.

Пристрій КИ-1114 ОМ призначений для діагностування технічного стану спряжень двигунів СМД-14, СМД-60, Д-240, Д-50 (рис. 5.1.).

5.2.1. Підготувати пристрій до роботи: зовнішнім оглядом переконатися у відсутності механічних пошкоджень складальних одиниць та деталей; перевірити комплектність приладу; підібрати з комплекту приладу складальні одиниці та деталі індикатора у відповідності до марки двигуна; вставити індикатор годинникового типу в індикаторний штатив та закріпити його гвинтом 2 (перед закріпленням індикатора необхідно забезпечити попередній натяг 1...3 мм за його шкалою).

5.2.2. Підготувати двигун до діагностування: обдути головку циліндрів струменем стисненого повітря; від'єднати паливні трубки, гайки кріплення і вийняти форсунки.

5.2.3. Встановити поршень циліндра, що перевіряється, поблизу ВМТ на такті стиснення (поршень має бути на 0,5... 1 мм до ВМТ).

5.2.4. Вставити у отвір форсунки оправку 4 зі струною 9 (оправку необхідно вводити до тих пір поки струна не досягне днища поршня).

5.2.5. Надіти на оправку 4 основу 5 з попередньо надітим на неї фланцем 7 та нагвинченим наконечником 8.

5.2.6. Закріпити основу 5 на шпильках двигуна за допомогою швидкознімного фланця 7.

5.2.7. Перевірити правильність встановлення оправки зі струною

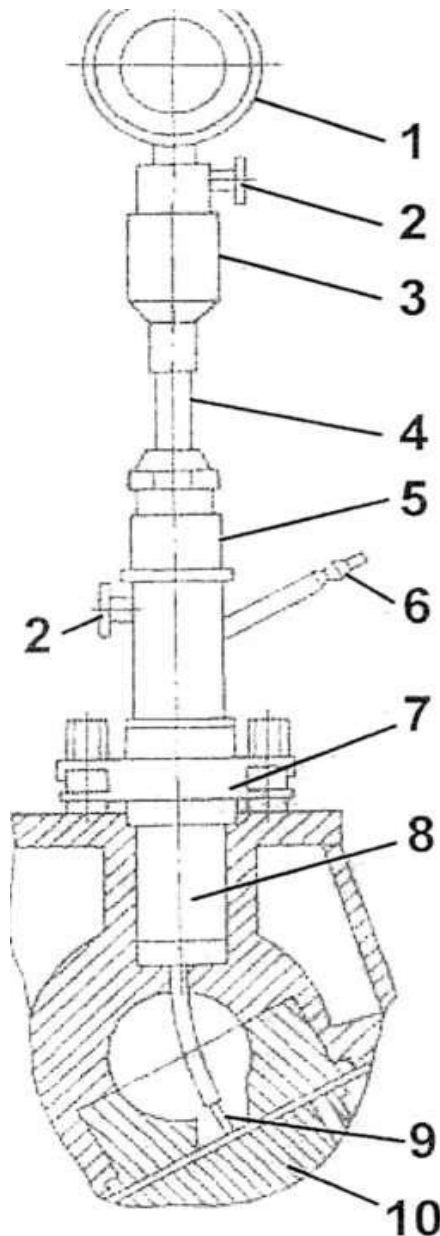


Рисунок 5.1. Пристрій КИ-1114 ОМ:
1 - індикатор; 2 - гвинти; 3 - індикаторний штатив; 4 - оправка; 5 - основа; 6 - штуцер для приєднання до компресора; 7 - швидко знімний фланець; 8 - наконечник; 9 - струна; 10 - поршень.

та закріпити її в основі за допомогою гвинта 2 (струна повинна виходити з оправки не більше ніж на 8 мм і не менше ніж на 2 мм). Регулювання здійснюється переміщенням оправки відносно основи.

5.2.8. Прикрутити індикаторний штатив разом з індикатором на оправку (прикручувати потрібно до тих пір, поки значення індикатора не почнуть змінюватися).

5.2.9. Встановити поршень циліндра, що перевіряється, у ВМТ або поблизу неї (0,5...1 мм до ВМТ) на такті стиснення та зафіксувати колінчастий вал в даному положенні увімкнувши одну з передач.

5.2.10. Надіти швидкознімну муфту компресорно-вакуумної установки на штуцер 6 пристрою.

5.2.11. Підготувати компресорно-вакуумну установку до роботи. Для цього необхідно увімкнути установку та встановити поворотом ручки редуктора тиск на виході з ресивера 0,06...0,1 МПа і розрідження не менше 0,06 МПа.

5.2.12. Повільно подати в надпоршневий простір циліндра, що перевіряється, стиснене

повітря поворотом ручки крана управління компресорно-вакуумної установки.

5.2.13. Встановити стрілку індикатора на нуль, повільно переключити кран управління на розрідження, створити в надпоршневому просторі розрідження та зафіксувати при цьому покази індикатора. Переміщення стрілки індикатора від нульової відмітки до першої зупинки відповідає зазору в спряженнях верхньої головки шатуна, а переміщення від першої зупинки до другої - зазору в шатунних підшипниках.

5.2.14. Повторити 3-5 разів подачу стисненого та розрідженого повітря в надпоршневий простір, щоб переконатися в стабільності показань (розрідження в надпоршневому просторі має бути не менше ніж 0,04 МПа).

5.2.15. Визначити сумарний зазор в спряженнях та порівняти результати вимірювань з табл. 5.1. Якщо сумарний зазор хоча-б одного шатуна має граничне значення в такому разі двигун потребує ремонту.

5.2.16. Перекрыти подачу повітря, зняти швидко знімну муфту та індикатор.

5.2.17. Здійснити вимірювання сумарного зазору в спряженнях деталей кривошипно-шатунного механізму решти циліндрів.

5.2.18. Користуючись даними таблиці 5.2. визначити залишковий ресурс двигуна.

Таблиця 5.1.

Значення зазорів в шатунних підшипниках

Двигун	Сумарний зазор, мм		
	номінальний	допустимий	граничний
ЯМЗ-24 ОБ	0,11...0,18	0,75	0,96
ЯМЗ-238 НБ	0,11...0,21	0,36	0,78
СМД-62	0,09...0,16	0,6	0,85
Д-240, Д-65, Д-50	0,07...0,14	0,4	0,65

Примітка. До показань індикатора необхідно добавляти температурну поправку при t^0 мастила, мм: 20 °С - 0,07; 40 °С - 0,04; 70-90 °С - 0,03.

Дані для прогнозування залишкового ресурсу КШМ

Двигун	Сумарний зазор, мм				
	ЯМЗ-24 ОБ, ЯМЗ-238 НБ	0,95	0,78	0,68	0,6
СМД-62, СМД-60	0,9	0,75	0,65	0,57	0,52
Д-240, Д-24 ОЛ, Д-50, Д-50 Л, Д-65	0,95	0,78	0,67	0,59	0,53
Д-130	1	0,83	0,72	0,64	0,58
А-01 М, А-41	0,9	0,75	0,65	0,57	0,52
СМД-14, СМД-14 А	0,9	0,75	0,65	0,57	0,52
Д-37 Е, Д-37 М, Д-21	0,85	0,7	0,6	0,52	0,47
Напрацювання від початку експлуатації, мото-год	Залишковий ресурс, мото-год				
1000	0	125	250	375	500
2000	0	250	500	750	1000
3000	0	375	750	1000	1000
4000	0	500	1000	1000	1000

5.3. Визначення залишкового ресурсу двигуна.

Залишковий ресурс двигуна за напрацюванням та виміряному зазору у верхній та нижній головках шатуна в процесі діагностування визначають у відповідності з таблицею 5.2. Для цього необхідно встановити напрацювання двигуна від початку експлуатації. На перетині стовпчика сумарного зазору в верхній та нижній головках шатуна із напрацюванням двигуна визначити залишковий ресурс. Якщо виміряне значення зазору більше або дорівнює граничному, тобто коли остаточний ресурс дорівнює нулеві, в такому випадку існує необхідність ремонту двигуна.

Зміст звіту

1. Назва та мета роботи.
2. Методика оцінки стану кривошипно-шатунного механізму за допомогою найпростіших засобів.

3. Методика діагностики технічного стану спряжень за допомогою пристрою КИ-1114 ОМ.
4. Методика визначення залишкового ресурсу двигуна.

Контрольні питання

1. Назвіть структурні параметрами кривошипно-шатунного механізму двигуна.
2. В чому полягають основні методи визначення технічного стану кривошипно-шатунного механізму?
3. Як визначити залишковий ресурс кривошипно-шатунного механізму?

Література: [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Лабораторна робота № 6

Тема: Діагностика технічного стану та технічне обслуговування системи охолодження.

Мета роботи: ознайомлення з методом діагностування технічного стану системи охолодження; набуття практичних навичок з технічного обслуговування системи охолодження.

Зміст роботи

1. Перевірка герметичності системи.
2. Перевірка загального стану системи охолодження за умови працюючого двигуна.
3. Перевірка стану клапана термостату.
4. Перевірка натягу пасів вентилятора, генератора та компресора.

Короткі теоретичні відомості

В процесі експлуатації машини може виникати як перегрів так і переохолодження двигуна. Перегрів двигуна знижує ступінь заповнення циліндрів, підвищує вигоряння картерної оливи, сприяє утворенню нагару, підвищенню зношення циліндрів, заклинюванню поршнів, виплавлення підшипників і т.д. Переохолодження сприяє погіршенню розпилування палива, змиванню оливної плівки, підвищенню в'язкості оливи, зниження економічності двигуна, швидкому зношуванню деталей.

Основними структурними параметрами системи охолодження є: рівень охолоджувальної рідини в радіаторі; герметичність системи охолодження; подача водяного насоса; охолоджувальна здатність теплообмінника; стан шторки або жалюзі; натяг паса вентилятора.

6.1. Перевірка герметичності системи

Герметичність системи охолодження перевіряють за допомогою компресорно-вакуумної установки. При цьому необхідно виконати наступні дії:

6.1.1. Перевірити рівень води в радіаторі і за необхідності долити.

6.1.2. Перевірити стан прокладки і головки блоку циліндрів. Для цього необхідно запустити двигун і прогріти його до температури охолоджувальної рідини 85...95°. Заглушити двигун і зняти форсунку першого циліндра. Встановити поршень першого циліндра у ВМТ на такті стиснення. Подаємо в камеру згоряння через отвір для форсунки повітря під тиском 0,5 МПа та спостерігаємо при цьому за поверхнею води у верхньому бачку радіатора. За умови недостатньої герметичності головки блоку циліндрів на поверхні води з'являються бульбашки повітря.

6.1.3. Почергово повторити процедуру для решти циліндрів. Несправність ліквідовують заміною прокладки головки блока циліндрів.

6.1.4. Перевірити герметичність з'єднань системи. Для цього необхідно щільно закрити горловину радіатора пристосуванням для подачі в систему стисненого повітря. За допомогою компресорно-вакуумної установки подаємо в систему повітря під тиском 0,15 МПа і вмикаємо секундомір. Падіння тиску на величину більш ніж 0,01 МПа за 10 с вказує на наявність протікання в системі, що також можна спостерігати зовнішнім оглядом.

6.1.5. Якщо немає компресора, герметичність системи охолодження можна перевірити, прокручуючи колінчастий вал двигуна за допомогою пускового пристрою або стартера. Для цього необхідно зняти ремінь вентилятора (водяного насоса) і, прокручуючи колінчастий вал за умови вимкненої подачі палива, спостерігаємо за поверхнею води у верхньому бачку радіатора.

6.2. Перевірка загального стану системи охолодження за умови працюючого двигуна

6.2.1. Перевірити рівень охолоджуючої рідини в радіаторі та долити за необхідності.

6.2.2. Перевірити вбудований термометр системи охолодження за допомогою контрольного, різниця в показаннях термометрів не повинна перевищувати $\pm 5\%$.

6.2.3. Закрити шторку радіатора. Встановити один контрольний термометр замість датчика робочого термометра, а другий - в заливну горловину радіатора. Зафіксувати послідовно різницю показань контрольних термометрів. Для цього необхідно прогріти двигун до температури в головці блока (перший термометр) - 50...60 °С і зняти показання другого термометра. Далі, прогріти двигун до температури в радіаторі (другий термометр) - 85...90 °С і зняти показання першого термометра. Різниця показань термометрів більше 25 °С в першому випадку та менше 10 °С в другому випадку свідчить про несправність клапана термостата.

6.3. Перевірка стану клапана термостату

6.3.1. Зняти термостат, вийняти його з корпусу та очистити від накипу кип'ятінням в содовому розчині (75 г каустичної соди на 1 л води).

6.3.2. Перевірити зовнішнім оглядом стан сільфона. Для цього встановити в посудину контрольний термометр, і нагріваючи воду, зафіксувати температуру початку та повного відкриття клапана термостата. Температура початку та повного відкриття клапана термостата повинна знаходитись відповідно в межах 70±2°С та 85±2 °С. Несправний термостат необхідно замінити.

6.4 Перевірка натягу пасів вентилятора, генератора та компресора.

Натяг пасів вентилятора, генератора та компресора автотракторних двигунів перевіряють за допомогою пристрій КИ-13918 (рис. 6.1.).

Розмітка сектору 1 слугує для визначення характеру натягу паса і являє собою дві похилі лінії між якими міститься проміжок «Норма», що визначає зону нормального натягу пасів. Уздовж однієї лінії нанесено цифри 1...6, які умовно означають конкретний тип паса. У секторі 2 наведено довідникову таблицю, за якою можна визначити, який пас, що перевіряється, відноситься до конкретного агрегату двигуна.

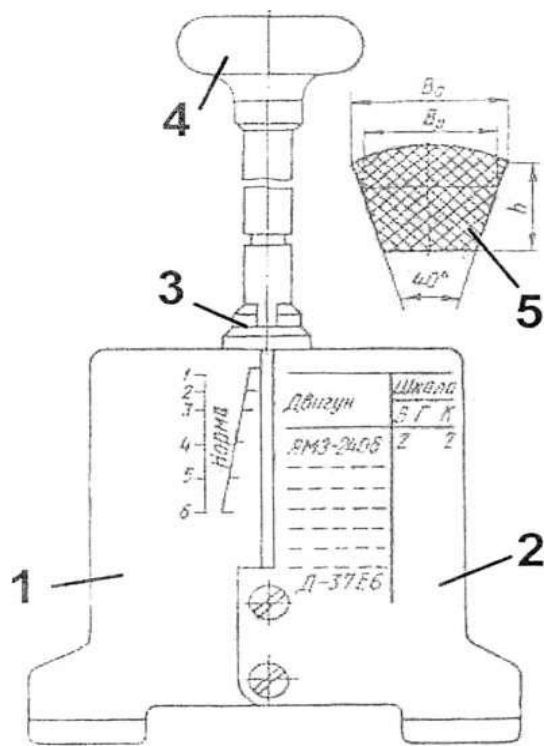


Рисунок 6.1. Пристрій КИ-13918 для перевірки натягу паса: 1,2-сектори; 3 - кільце; 4 - ручка; 5 - поперечний переріз паса.

Агрегати двигуна позначені в таблиці умовно літерами: В - вентилятор, Г - генератор, К - компресор. Умовні цифрові позначення типу паса, аналогічні позначенням у секторі 1, наведено в табл. 6.1. Якщо немає пристрою КИ-13918, то паралельний натяг приводу генератора, компресора і вентилятора перевіряють за його прогином у середній частині (табл. 6.2., додаток В). Для більшої частини двигунів при зусиллі 30...40 Н прогин повинен дорівнювати 10...12 мм.

Перевірка загального технічного стану та натягу пасів вентилятора, генератора та компресора здійснюється наступним чином. Провести зовнішній огляд пасів. Якщо спостерігається забруднення мастилом, розшарування, наявність глибоких тріщин, перекошування та перекручування, тоді необхідно паси замінити.

Перевірка загального технічного стану та натягу пасів вентилятора, генератора та компресора здійснюється наступним чином.

Встановити пристрій КИ-13918 перпендикулярно до поверхні паса в середній точці між шківками. Упори секторів 1,2 (рис. 6.1.) повинні щільно прилягати до бічної поверхні паса, а основи секторів - прилягати до зовнішньої поверхні паса.

Натиснути рукою на руків'я 4 (рис. 6.1.) та, зафіксувавши кут прогину, зняти пристрій з пасу. При прикладанні навантаження необхідно досягнути суміщення торця кільця 3 з рискою осі. Під дією навантаження пас прогинається, сектори повертаються та фіксують кут прогину.

Визначити характер натягу та спосіб необхідної регулювальної операції за шкалою сектора 1. Якщо контрольна грань сектора 2 вийде з поля нормального натягу «Норма» ліворуч місця де нанесено цифрове позначення типу паса, в такому разі

необхідно натягнути пас. Якщо контрольна грань сектора зупинилась праворуч від поля «Норма», тоді необхідно послабити пас.

Таблиця 6.1.

Характеристика пасів дизельних двигунів

Двигун	Пас вентилятора	цифра	Пас компресора	цифра	Пас генератора	Цифра
ЯМЗ-240Б	14*13	2	14*10	2	-	-
ЯМЗ-238НБ	19*12,5	1	14*10	2	11*10	4
СМД-60	19*12,5	1	-	-	8,5*8	6
СМД-62, СМД-64	19*12,5	1	16*11	3	8,5*8	6
Д-160, Д-130, Д-108	16*11	3	-	-	12,5*9	5
Д-65	16*11	3	-	-	8,5*8	6
Д-75, Д-50, Д-50Л	16*11	3	-	-	-	-
Д-48	16*11	3	-	-	-	-
Д-01М, Д-01МЛ	14*10	2	-	-	-	-
СМД-14А, СМД-14К	19*12,5	1	-	-	-	-
СМД-15К, СМД-15КФ	19*12,5	1	-	-	-	-
Д-240, Д-240Л	11*10	4	-	-	-	-
Д-37Е, Д-37М, Д-21	8,5*8	6	-	-	-	-
Д-16, Д-144	8,5*8	6	-	-	-	-

Зміст звіту

1. Назва та мета роботи.
2. Методика перевірки герметичності системи за допомогою компресорно- вакуумної установки.
3. Методика перевірки загального стану системи охолодження за умови працюючого двигуна.
4. Методика перевірки стану клапана термостату.
5. Методика перевірки натягу пасів вентилятора, генератора та компресора.

Контрольні питання

1. Як впливає стан системи охолодження на експлуатаційні характеристики двигуна?
2. Які методи діагностики технічного стану системи охолодження ви знаєте?
3. Як визначити натяг пасів вентилятора, генератора та компресора автотракторних двигунів?

Література: [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Список літератури

1. Діагностування двигунів внутрішнього згоряння: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт/ укл.: Лесько В.І., Міщук Є.О. – К.: КНУБА, 2017. – 116 с.
2. Полянський С.К., Жерновий А.С. Лесько В.І., Тінченко С.Х. (За ред. проф. Полянського С.К.), Діагностика і технічне обслуговування будівельних машин. – К.: Либідь, 1995.–312с.
3. Полянський С.К., Білякович М.О., Лесько В.І. Технічна експлуатація будівельно-дорожніх машин і спеціальних автомобілів. Навчальний посібник. Частина 3. «Діагностування, керування роботою та підвищення ефективності роботи машин» – К.: «Слово», 2013. – 624с.
4. Полянський С.К. Будівельно-дорожні та вантажопідіймальні машини / С.К.Полянський // К.: «Техніка», 2001. - 624 с.
5. <http://library.knuba.edu.ua>
6. <http://org.knuba.edu.ua>

«ДІАГНОСТУВАННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ»

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт

з навчальних дисциплін «Експлуатація і ремонт машин»
та «Експлуатація і обслуговування машин в логістиці»
студентами спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
по спеціалізації «Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні,
меліоративні машини і обладнання» та 131 «Прикладна механіка»
по спеціалізації «Інженерія логістичних систем»

Укладачі:

Лесько Віталій Іванович
Косминський Ігор Владленович
Міщук Євгеній Олександрович