

УДК 631.371

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ

**Блезнюк О.В., к.т.н., доцент, Бей Р.Р., Кейдун Д.П., магістри**  
(Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка)

*Запропоновано удосконалення технології діагностування системи охолодження автотракторних двигунів, який базуються на визначенні електричного опору на електродах датчика запропонованого діагностичного пристрою при вимірюванні товщини накипу в системі охолодження, що дозволяє контролювати її поточний технічний стан.*

**Постановка проблеми.** До автотракторних двигунів пред'являються жорсткі вимоги з надійності, довговічності, екологічної безпеки, зниження витрат експлуатаційних матеріалів та інші вимоги. Наразі охолоджуюча рідина є одним з функціональних елементів двигуна, яка визначає надійність і ефективність його роботи при експлуатації. В процесі експлуатації автотракторних двигунів охолоджуюча рідина виконує функції з відводу тепла і накопиченню продуктів забруднення та корозійного зношування елементів двигуна в наслідок чого змінюються і її властивості і властивості системи охолодження.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** У якості охолоджуючої рідини застосовують воду або антифриз різник марок. Антифризи використовуються для запобігання розгерметизації системи охолодження автотракторних двигунів в зимовий період експлуатації [1]. До охолоджуючих рідин пред'являються основні показники якості: загальний солеміст, жорсткість води, водневий показник, поверхневий натяг, кінематична в'язкість, вміст сульфат і хлорид іонів та граничнодопустимі значення цих показників [2]. Аналіз літературних джерел по антифризах показує, що вони розробляються на основі етиленгліколю, суміші яких є корозійно-активними і токсичними для навколишнього середовища і людини. Використання неякісних антифризів призводить до підвищення швидкості кавітаційно-корозійного зношування деталей, підвищення схильності охолоджуючої рідини до піноутворення, утворення накипу і відкладень в системі охолодження двигуна, що значно знижує надійність, економічність та екологічність двигуна [3].

Характерними несправностями системи охолодження є підтікання і недостатня ефективність охолодження двигуна. Перша причина є наслідком пошкодження шлагів і їх з'єднань, сальників водяної помпи, тріщин, прориву

прокладок, а друга – внаслідок утворення накипу, внутрішнього і зовнішнього забруднення радіатора, пошкодження його трубок, поломки водяної помпи, несправності термостата, пробуксування ремня вентилятора або його обрив. Внаслідок цих несправностей двигун перегрівается під час роботи [4].

**Мета досліджень.** Удосконалити технологію діагностування системи охолодження автотракторних двигунів.

**Основна частина.** Діагностика системи охолодження ґрунтується на визначенні теплового стану та герметичності, а також у визначенні несправності її складових елементів. Тепловий стан системи є діагностичним параметром, за яким визначають здатність двигуна до перегріву – перевищення робочої температури охолоджуючої рідини при нормальному навантаженні. Нормальний робочий температурний режим бензинових двигунів складає в межах 80...90 °С, дизельних – 78...85 °С.

При тривалій роботі водяної системи охолодження утворюється ілообразний осад (шлам) і накип, які значно знижують тепловідвід і циркуляцію води. Забрудненість системи, що утворюється при експлуатації двигуна на рідинах в яких є солі, перешкоджають тепловідводу від нагрітих деталей, один міліметр накипу за тепловідводам еквівалентно 100 мм чавуну [5]. Відтак двигуни старих машин часто «киплять» літом в польових умовах, при незадовільній роботі радіатора. Так в [6] встановлено, що один міліметр накипу на стінках рубашки системи охолодження двигуна погіршує теплообмін на 25%, що в свою чергу знижує потужність двигуна на 6%, а витрати пального – на 5%. Шар накипу виконує функцію примусового термостату, так як звужує прохідний переріз трубок радіатора і змушує основну частину рідини циркулювати за малим колом. Внаслідок нерівномірного відкладання накипу на окремих ділянках рубашки охолодження двигуна і блока циліндрів ці деталі нагріваються нерівномірно, що може призвести до виникнення термічних напружень: утворення тріщин, система втрачає герметичність; заклинювання деталей; придбання циліндрами зайвої еластичності; порушення співвісності підшипників та ін. При закипанні рідини в рубашці охолодження з її стінками починають контактувати бульбашки пари, відтак різко знижується тепловідведення, пар має меншу теплоємність, гарячі стінки рубашки починають накопичувати тепло лавиноподібно, а це, в свою чергу, підсилює кипіння рідини, зона кипіння збільшується, захвачуючи все більший об'єм. Наявність накипу і ступінь забруднення системи охолодження можна визначити за швидкістю прогріву двигуна. Існують декілька способів вимірювання температури і тлумачень щодо наявності накипу, але параметри, що визначаються не можуть бути використаними в якості структурно - діагностичний параметру. Визначають температуру поверхні головки циліндрів і блока, що вимірюється в певних місцях при визначеній температурі охолоджуючої рідини. Однак даний спосіб не забезпечує достатньої точності.

Визначають різницю температур охолоджуючої рідини і оливи у прогрітому двигуні, якщо різниця менше 10 °С, це свідчить на наявність накипу у водяній рубашці. Чим менше різниця температур тим більше накипу в системі охолодження. Температуру води і оливи вимірюють еталонними термометрами, датчики яких встановлюються в отвір для оливомірної лінійки і в заливну горловину радіатора або розширювального бачка. В роботі [7] запропоновано визначати стан поверхні нагріву, безпосередньо вимірюючи товщину відкладення накипу. Для цього пропонується встановлювати в блок циліндрів спеціальну заглушку. При технічному обслуговуванні викручують заглушку і вимірюють товщину накипу магнітним товщиноміром ИТП-1 або ИТП-2. Допустима товщина накипу є 1...1,2 мм. Даний спосіб визначення є трудомістким і практичного розвитку, як спосіб діагностування технічного стану системи охолодження, не отримав, але може бути використаний для подальшого удосконалення. Відповідно, на даний час відсутні надійні засоби визначення товщини шару накипу в системі охолодження автотракторних двигунів. Відтак розробка способів і засобів діагностування системи охолодження двигунів за дійсним технічним станом є актуальною задачею.

Система охолодження поглинає 25...35% теплоти, що виділяється під час згоряння палива. Оптимальний температурний режим двигуна підтримується автоматичною заміною кількості охолоджуючої рідини і повітря, що проходять через радіатор. Кількість охолоджуючої рідини регулюється автоматично термостатом, кількість повітря автоматичним включенням вентилятора.

У разі утворення накипу в трубках радіатора коефіцієнт теплопередачі зменшується, оскільки стінки трубок радіатора стають багат шаровими, а шар накипу має низький коефіцієнт теплопередачі який обчислюється за формулою:

$$K = \frac{1}{\left( \frac{1}{L_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} \psi + \frac{1}{L_2} \right)}, \text{ Вт/м}^2\text{К},$$

де  $L_1$  – коефіцієнт теплопередачі від рідини до стінок трубок радіатора – 2300...4100 Вт/м<sup>2</sup>К;

$\delta$  – товщина стінки трубки, м;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності стінки, Вт/мК;

$\psi$  – коефіцієнт ребристості (для трубчасто-пластинчастих радіаторів – 3...6;

$L_2$  – коефіцієнт теплопередачі від стінки трубки до повітря – 150...200 Вт/м<sup>2</sup>К.

Проведеними розрахунками встановлена закономірність зміни коефіцієнта теплопередачі від товщини накипу (рис. 1).

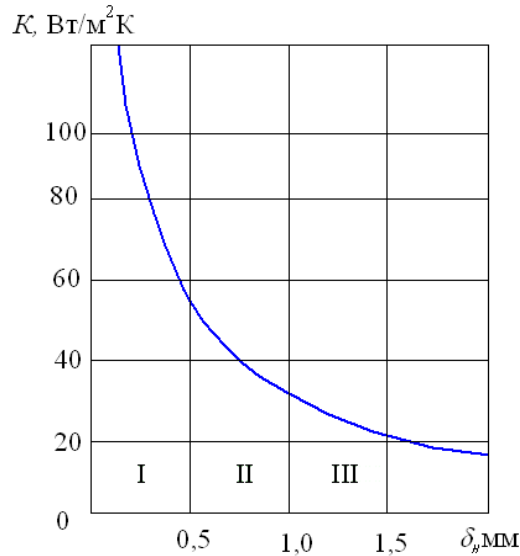


Рисунок 1 – Залежність зміни коефіцієнта теплопередачі від товщини накипу: I – номінальна зона, II – допустима зона, III – гранична зона (зона відновлення системи)

Відтак поєднання способу визначення товщини накипу за допомогою вбудованого приладу, на якому відкладається накип та встановленій закономірності зміни коефіцієнта теплопередачі від товщини накипу може бути використаний при розробці способу і засобу діагностування системи охолодження автотракторного двигуна.

Запропонований спосіб передбачає введення в існуючу систему контролю технічного стану системи охолодження автотракторних двигунів додаткового пристрою (рис. 2). Конструктивно це вирішується наступним чином. В заглибку 2 блоку циліндрів двигуна 1 встановлюється спеціальний датчик 3.

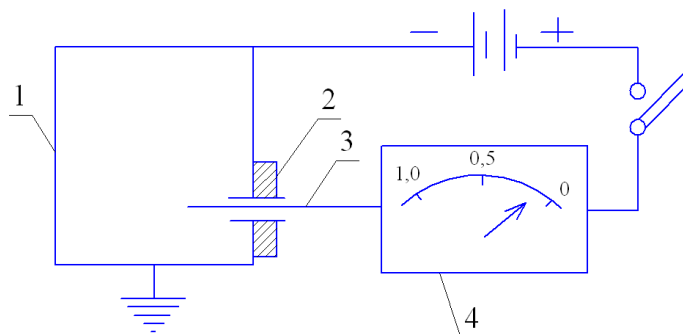


Рисунок 2 – Електрична схема підключення пристрою в систему охолодження автотракторного двигуна: 1 – блок циліндрів; 2 – заглибка; 3 – датчик; 4 – індикатор-перетворювач

В процесі роботи двигуна накип утворюється як на внутрішніх поверхнях системи охолодження так і на електричному датчику. При проведенні діагностування при сезонному технічному обслуговуванні, до датчика 3 приєднується індикатор-перетворювач 4 і за його показаннями виносять рішення про необхідність промивання системи охолодження двигуна. При

цьому необхідно в подальших дослідженнях встановити кореляційний взаємозв'язок між товщиною шару накипу, шламу, коефіцієнтом теплопередачі та електричним опором на електродах датчика, що фіксується індикатором-перетворювачем при роботі двигуна на різних охолоджуючих рідинах. Після промивки системи охолодження автотракторного двигуна датчик 3 знімається, очищається його електроди і встановлюються на місце до наступного діагностування. В більшості випадків накип видаляють при сезонному технічному обслуговуванні автотракторних двигунів.

Для видалення шламу в систему охолодження автотракторного двигуна заливають шламовидаляючий розчин, запускають двигун та прогрівають його, після чого двигун зупиняють, зливають розчин і промивають систему чистою водою. Накип видаляють спеціальними хімічними розчинами. Одним із прикладів може бути використаний розчин соляної кислоти з інгібіторами, змочувачем та піногасником. Даний розчин заливають в систему охолодження, запускають двигун і прогрівають до 60 °С. Через 10...15 хвилин розчин зливають, а систему промивають гарячою водою, попередньо знявши термостат. Для нейтралізації залишків кислоти до промивної води добавляють нейтралізатор – соду або двоохромистий калій.

Одним з основних питань профілактики системи охолодження є запобігання виникнення накипу. Найбільш прогресивним і економічним методом є електромагнітна обробка води [8]. Даний метод заснований на багаторазовому пропусканні води крізь магнітне силове поле в напрямку перпендикулярному силовим лініям. При цьому солі що входять до складу води не дають накипу, а випадають у виді шламу. Вода оброблена електромагнітним полем розчиняє накип, що утворився раніше. Завдяки ефективності, простоті і дешевизні цей метод є основним для запобігання утворення накипу в системі охолодження автотракторних двигунів.

**Висновки.** Охолоджуюча рідина є одними з функціональних елементів двигуна яка визначає надійність і ефективність його роботи при експлуатації. Запропонована технологія діагностування системи охолодження автотракторних двигунів дозволяє на підставі визначення електричного опору на електродах датчика визначати товщину накипу і відповідно контролювати поточний технічний стан системи охолодження двигуна.

### Список літератури

1. Тосол и антифриз: в чем разница? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://experts.people.zr.ru/2013> . – Назва з екрана.
2. Безюков О.К. Формализация процессов старения охлаждающих жидкостей ДВС [Текст] / О.К.Безюков, В.А. Жуков, О.В.Жукова // Двигатели

внутреннего сгорания: науч.-техн.журнал. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 1989. - №2. – С. 105 – 109.

3. Волков В.П. Оценка свойств антифризов при эксплуатации легковых автомобилей [Текст] / В.П. Волков, М.И. Наглюк // Вісник НТУ «ХПИ» - №10(1053). – Харьков: НТУ «ХПИ», 2014. – С. 63 – 66.

4. Технологічні карти діагностування і технічного обслуговування тракторів. Практичний посібник [Текст] / О.В.Козаченко, В.М.Блезнюк, С.П.Сорокін та ін. За ред. О.В.Козаченко. – Харків, ТОВ «ЕДЕНА», 2014.–240с.

5. Говорущенко Н.Я. Диагностика технического состояния автомобилей [Текст] /Н.Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 2003. – 290 с.

6. Астапенков В.А. Охлаждающая жидкость экономит топливо [Текст] / В.А. Астапенков // Автодорожник Украины. – 1994. - №2. – С. 15 – 16.

7. Бельских В.И. Диагностирование и обслуживание сельскохозяйственной техники [Текст] / В.И.Бельских. – М.: Колос, 1980.–575с.

8. Электромагнитная обработка воды. Прибор «Термит». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://termit.etch.ru/publ.php?p=1>. – Назва з екрана.

## Аннотация

### **Усовершенствование технологии диагностирования системы охлаждения автотракторных двигателей**

Блезнюк О.В., Бей Р.Р., Кейдун Д.П.

*Предложено технология диагностирования системы охлаждения автотракторных двигателей, которое базируется на определении электрического сопротивления на электродах датчика предложенного диагностического устройства при измерении толщины накипи в системе охлаждения, что позволяет контролировать текущее техническое состояние двигателя*

## Abstract

### **Improvement in diagnosis of the cooling system of automotive engines**

O. Bleznyuk, R. Bay, D. Kadon

*The technology of diagnostics of cooling systems of automotive engines, which are based on the determination of the electric resistance across the electrodes of the proposed sensor diagnostic device for thickness measurement of boiler scale in the cooling system that allows the monitoring of current technical condition of the engine*