

# РОЗПИЛЮВАЧІ ФОРСУНОК : ПЕРЕВІРКА ПОСТАЧАЛЬНИКА

*Сорокін Сергій Петрович, к.т.н., доцент Харківського національного університету сільського господарства ім. Петра Василенка*

Підвищення надійності і довговічності дизелів в експлуатації у значній мірі залежать від початкової якості, досконалості конструкції та технічного стану їхньої паливної апаратури. На роботу дизельного двигуна з традиційною системою упорскування палива істотно впливає форсунка та її основний функціональний елемент – розпилювач. Як кінцевий елемент системи, розпилювач формує узагальнену характеристику паливоподачі з урахуванням власних параметрів технічного стану. Неякісна робота форсунки веде до зниження ресурсу двигуна, погіршення параметрів робочого процесу, виходу з ладу інших важливих вузлів двигуна.

У разі невідповідності параметрів розпилювачів вимогам нормативно-технічної документації та помилковій установці на двигуні розпилювача, що не відповідає технічним вимогам, не забезпечується оптимальне сумішоутворення та повне згорання палива, що приводить до зниження потужності двигуна зі зростанням питомої витрати палива при підвищеній димності відпрацьованих газів, більш «жорсткій» його роботі та перегріву двигуна.

**Основними постачальниками розпилювачів на ринок України є виробники, які реалізують продукцію під маркою Чугуївського заводу прецизійних виробів - ЧЗПИ. Крім того досить широко представлена продукція АЗПИ (Алтайський завод прецизійних виробів, Росія). У меншій мірі - ЯЗДА (Ярославський завод дизельної апаратури, Росія) та продукція фірми Motorgal Чехія, а також Китайські виробники.**

Проблема на ринку запасних частин розпилювачів полягає у тому, що Чугуївський завод прецизійних виробів (ЧЗПИ) більше шести років не існує «як завод з випуску елементів паливної апаратури», тому продукція з маркою ЧЗПИ, відповідно до Закону України «Про захист прав споживачів», є підставою вважати фальсифікованою. Вона виготовлена з неправомірним використанням товарного знака та копіюванням упаковки і зовнішнього оформлення.

**Нескладні розрахунки показують, якщо за відмову двигуна вважати погіршення економічності на 5%, то один неякісний розпилювач на двигуні Д-240 за робочу зміну витрачає на 1,5 л. палива більше ніж справний. Вартість додатково витраченого палива становить – 13,5 грн.** Таким чином, за дві-три робочих зміни вартість додатково витраченого палива буде більшою за вартість нового розпилювача. Отже, зрозуміло, що нижча вартість розпилювачів не є підставою для їхнього переважного застосування. При виборі постачальника потрібно дотримуватися критерію «ціна-якість».

До спеціалістів Харківського національного університету сільського господарства ім. П. Василенка неодноразово звертались з господарств з проханням провести перевірку якості розпилювачів форсунок, що поставляються як запасні частини. Для цього були проведені відповідні дослідження. Їх результати наведені нижче.

Відповідно до ГОСТ 10579-88 «Форсунки дизелів. Общие технические условия», працездатність розпилювача визначається не виходом його окремих характеристик за межі, що допускаються. З них найбільш

важливими є: гідроциліність, ефективний сумарний прохідний перетин, тиск початку упорскування, герметичність по запірному корпусу, рухливість голки, відхилення променів палива від визначеного напрямку.

Гідроциліність розпилювача визначається кількістю витоків палива у направляючій частині розпилювача по зазору голка-корпус. В умовах серійного виробництва цей параметр забезпечується селективним збиранням розпилювачів.

Головною причиною падіння гідроцилільності в експлуатації є підвищений вміст у паливі механічних домішок, що потрапляють до нього внаслідок несвоєчасного обслуговування фільтрів паливної системи.

Вплив гідроцилільності на показники двигуна залежить від режиму його роботи. На номінальному і близькому до нього режимах, коли основна кількість палива подається при положенні голки на верхньому упорі, вплив несуттєвий, а відносна кількість палива, що перетікає у дренаж, незначна. На часткових режимах і особливо на режимах пуску двигуна, ступінь впливу гідроцилільності зростає. Недостатня гідроцилільність веде до погіршення пускових якостей двигуна.

Технологія перевірки ГЩ полягає у вимірюванні часу падіння тиску у форсунці, розпилювач якої підлягає перевірці. Форсунку установлюють на опресовочному стенді. Регулюють тиск початку упорскування на 2 – 3 МПа (20-30 кгс/см<sup>2</sup>) вище номінального. Проводять одне упорскування після чого фіксують час падіння тиску у форсунці від 19,6 до 17,6 МПа (від 200 до 180 кгс/см<sup>2</sup>). Гідроцилільність повинна бути не менше 7 с.

Тиск початку упорскування є функціональним параметром технічного стану. Його відновляють шляхом регулювання форсунки. Регулювання виконується у випадку, якщо відхилення тиску більше, ніж 15 % від номінального значення.

В експлуатації тиск початку упорскування, як правило, знижується. Особливо інтенсивне падіння тиску у перші 100 годин роботи форсунки, внаслідок приробітку її деталей, тому тиск початку упорскування при регулюванні нових форсунок рекомендується встановлюватися з допуском у бік збільшення на 0,8 МПа.

Вплив падіння тиску початку упорскування на показники двигуна різний, залежно від причин, які спричинили це падіння. Найбільш істотний вплив при зношенні запірного конуса розпилювача, що викликає погіршення рухливості його голки. Менш істотний вплив – при зменшенні сили пружини форсунки.

**Для регулювання тиску початку упорскування форсунку встановлюють на опресовочний стенд і, змінюючи силу затискання пружини, досягають потрібної величини тиску.**

Ефективний прохідний перетин розпилювача не повинен перевищувати  $\pm 6\%$  при перевірці на стенді постійного тиску.

За домовленістю між виробником та споживачем допускається розділяти розпилювачі на групи за цим показником.

При зміні ефективного прохідного перетину порушується рівномірність розподілення палива по об'єму камери згорання, що неминуче приводить до перевитрат палива та порушення екологічних показників двигунів.

В процесі експлуатації ефективний прохідний перетин розпилювача змінюється у двох протилежних напрямках: з одного боку під впливом абразиву, що неминуче присутній у паливі, може відбуватися його збільшення (за рахунок округлення вхідних кромки соплових отворів з боку центрального каналу носка розпилювача), а з іншого – можливе зменшення (внаслідок коксування соплових отворів).

**Контроль ефективного прохідного перетину здійснюється шляхом проливання через розпилювач робочої рідини при певних умовах.** При цьому проливання здійснюють паливом, або робочою рідиною на стенді, який забезпечує турбулентне витікання рідини при постійному коефіцієнті витрати.

**Складність контролю цього параметра в експлуатації полягає у відсутності засобів контролю.** Навіть у спеціалізованих ремонтних майстернях такі засоби не завжди наявні. Актуальність контролю ефективного прохідного перетину посилилась при появі на ринку запасних частин розпилювачів укомплектованих з відновлених деталей.



Рис. 1. Загальний вигляд установки для визначення діаметра запирання

Герметичність розпилювача форсунки характеризує відсутність витоків палива по запиірному конусу розпилювача у період між упорскуваннями. Контроль герметичності здійснюється шляхом візуального огляду носка розпилювача форсунки, у внутрішній порожнині якої підтримується тиск на 1 – 1,5 МПа менший за тиск початку упорскування. Тривалість огляду 15 секунд. При цьому допускається лише зволоження носка розпилювача без помітних крапель і підтікань. Отже, контроль герметичності здійснюється за якісною ознакою.

Втрата герметичності пов'язана зі зношенням конічних запиірних поверхонь на голці і сидлі корпусу. Основною причиною, що викликає втрату герметичності є неякісна фільтрація палива. Погіршення герметичності і експлуатації приводить до швидкого коксування соплових отворів і перевитрати палива.

Рухливість голки форсунки перевіряється згідно з ГОСТ 10579 на стенді з ручним приводом шляхом прокачування палива через форсунку, відрегульовану на номінальний тиск упорскування. При повільному натисканні на важіль стенду (30 – 40 упорскувань за хвилину – швидкість зростання тиску 1–2 МПа/с), упорскування повинне супроводжуватися чітким характерним звуком (форсунка повинна «звучати»).

Характерний звук, який прослуховується під час упорскування свідчить про хорошу рухливість голки. Цей параметр «якісний» і достовірність його визначення залежить від певних суб'єктивних і об'єктивних чинників: кваліфікації робітника, який виконує перевірку, можливостей засобів контролю та інше. За певних умов в результаті перевірки розпилювачі можуть бути розбиті на три групи: «дзвінкі», «слабо дзвінкі» і «не дзвінкі».

Звук, що прослуховується, свідчить про автоколивальний режим руху голки під час упорскування. Голка, яка «дзвінка», рухається у автоколивальному режимі (за один цикл упорскування вона здійснює декілька підйомів і опускань з чіткою посадкою її на сидло), що прослуховується характерним звуком при перевірці.

Робота розпилювача «середньої дзвінкості» характеризується тим, що під час упорскування голка коливається з більшою частотою, однак, амплітуда коливань незначна, при цьому звук «скриплячий».

У розпилювачів які «не дзвінкі» автоколивання голки відсутні, при цьому звук не прослуховується. Голка в процесі упорскування займає стійке положення. Вплив рухливості голки на показники роботи дизеля суттєвий. Питомо ефективна витрата палива двигуна при роботі з «не дзвінкими» розпилювачами зростає на 9 – 10 г/кВт г. Експлуатація двигунів з «слабо дзвінкими» розпилювачами призводить до перевитрати палива на 3–4 г/кВт г.

Рухливість голки, гідроцильність та герметичність форсунки перевірялись на опресовочному стенді акумуляторного типу КИ-22203М. Розпилювачі, що підіягали випробовуванню установлювалися

у стендову форсунку після чого регулювався тиск початку упорскування 22,5 МПа. Рухливість перевірялася прокачуванням через форсунку палива при умовах, визначених у ГОСТі. Одночасно з рухливістю перевірялася якість розпилювання палива, герметичність розпилювача по запиірному конусу та вимірювався час падіння тиску у форсунці з 20,0 до 18,0 МПа, який визначає гідроцильність розпилювача (повинна бути у межах 7–45 с).

Відхилення струменів палива від заданого напрямку. Форсунки з багатосопловими розпилювачами установлюються на двигуні у певному положенні для забезпечення кутової орієнтації променів палива, що витікають з соплових отворів відносно камери згоряння. Ці кути мають різне значення для різних соплових отворів, особливо у двигунах, у яких форсунка встановлена з нахилом відносно камери згоряння і зміщена від центра останньої. Кутове розташування струменів палива відносно камери згоряння для деяких марок дизелів, наведено у таблиці 1.

Відхилення струменів палива що витікають із соплових отворів від заданого напрямку не повинно бути більше  $\pm 3^\circ$ . Допускається встановлювати інші значення відхилення струменів за домовленістю виготовлювача зі споживачем.

При використанні на двигуні форсунок з розпилювачами невідповідної марки потужність двигуна суттєво знижується, спостерігається димний вихлоп, відбувається інтенсивне утворення нагару у камері згоряння, витрата палива збільшується на 15–20% і більше, двигун перегрівається.

Відхилення кутової орієнтації визначають на спеціальному стенді за напрямком струменів технологічної рідни, що витікає з соплових отворів розпилювача при тиску і в'язкості рідни, які забезпечують на вимірювальній ділянці суцільність і прямолінійність струменів при візуальному спостереженні.

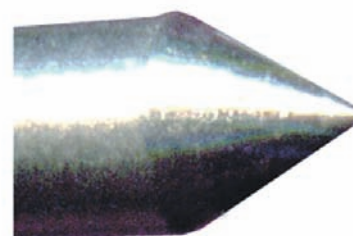
Додатковими параметрами, які слід контролювати при проведенні дослідження є: хід голки розпилювача, гідравлічна характеристика розпилювача (залежність ефективного проходного перетину від ходу голки розпилювача), діаметр голки по запиірному конусу, твердість матеріалу голки, коерцитивна сила.



ЧЗПИ № 5  
H<sub>c</sub> = 18,2–18,4 А/см  
HRC = 64,5



ЧЗПИ № 1  
H<sub>c</sub> = 17,8–17,6 А/см  
HRC = 61,5–62,5



АЗПИ  
H<sub>c</sub> = 15,4–16,3 А/см  
HRC = 62,5

Фотографії запиірних конусів голок розпилювачів

с.21

Для вимірювання ходу голки розпилювача, ефективного прохідного перетину та гідравлічних характеристик проведені дослідження з застосуванням установки постійного тиску. Ефективний прохідний перетин повинен контролюватися у 100% розпилювачів при їхньому виробництві. Згідно з конструкторською документацією ЧЗПИ, розпилювачі для двигунів Д-240 повинні мати прохідний перетин у межах 0,280-0,315 мм<sup>2</sup>. Відхилення, що допускається, для нових розпилювачів не повинно перевищувати ±6%. Пролитання розпилювачів за проводилося під тиском 5,0 МПа.

Основним параметром, який впливає на економічність двигуна є рухливість голки розпилювача. Відомо, що кількісною мірою рухливості є діаметр голки по запірному конусу (діаметр по якому контактує голка з конусом корпусу розпилювача). Діаметр запирання є конструктивним параметром, який контролюється при виробництві розпилювачів, та є ресурсним параметром. При експлуатації розпилювачів цей діаметр зменшується і, при досягненні ним певного значення, рухливість голки втрачається. Це відбувається при його зменшенні на 25-30% від номінального значення. Номінальне значення діаметра голки по запірному конусу для розпилювачів ЧЗПИ та АЗПИ, відповідно, становить 3,3 та 3,6 мм.

Для його визначення застосовувалась установка, розроблена на базі опресовочного стенду КИ-22203М. Діаметр запирання визначався непрямым методом шляхом визначення тиску упорскування палива форсункою при навантаженні голки розпилювача постійною силою.

Аналіз наведених даних дозволяє зробити висновок, що розпилювачі обох виробників у повній мірі відповідають вимогам НТД за рухливістю голки та якістю розпилювання палива.

Не відповідають вимогам за герметичністю три розпилювача ЧЗПИ з дослідної партії. Два розпилювачі протікали по торцевому спряженню корпусу розпилювача і форсунки. 75% розпилювачів ЧЗПИ не відповідають вимогам конструкторської документації за величиною ходу голки, а 50% не відповідають вимогам за ефективним прохідним перетином. 4 розпилювача з 12 мають діаметр запирання менший за 3,3 мм., що не відповідає також вимогам.

У переважній більшості розпилювачів ефективний перетин знаходиться за допустимими межами. Розпилювачі АЗПИ мають більш стабільні показники, які не виходять за допустимі межі.

На рисунках наведені фотографії голок розпилювачів.

Як видно з наведених даних голка розпилювача №1 виробництва ЧЗПИ швидше за все є відновленою. На конусі явно проглядаються сліди від шліфувального інструмента. Твердість голок розпилювачів ЧЗПИ становить НRC = 61,5-62,5 (№1) та НRC = 64,5 (№5). Додатковим параметром, який при цьому вимірювався, була коерцитивна сила. Коерцитивна сила свідчить про відмінності у структурі металу, з якого виготовлені голки. Такі відмінності у коерцитивній силі свідчать про те що у голок розпилювачів ЧЗПИ не витримані параметри термообробки. У розпилювачів АЗПИ висока твердість НRC = 62,5 і низька коерцитивна сила  $H_c = 15,4-16,3$  А/см, що свідчить про понижені внутрішні напруження у матеріалі голки, що дає підставу зробити висновок про досить високу якість голки.

#### ТАКИМ ЧИНОМ МОЖНА ЗРОБИТИ НАСТУПНІ ВИСНОВКИ:

1. Розпилювачі форсунок виробництва ЧЗПИ і АЗПИ виготовляють за різною конструкторською документацією.
2. Параметри розпилювачів АЗПИ більш стабільні, що дає підставу зробити висновок про їх перевагу відносно розпилювачів ЧЗПИ.
3. Понад 50% розпилювачів ЧЗПИ не відповідають вимогам конструкторської і нормативної документації.
4. Розпилювачі ЧЗПИ перед застосуванням або реалізацією на ринку потрібно додатково розбивати на групи за основними параметрами.
5. Більшість розпилювачів ЧЗПИ є ВІДНОВЛЕНИМИ, а не новими. ■

## СЕРВІС-ЦЕНТР МОТОРІВ ЯМЗ, ММЗ та КПП (Т-150, Т-150К)

«Збираємо двигун у господарстві, ремонтуємо в Харкові, повертаємо з гарантією!» - це девіз Сервіс-центра ТОВ «АВТОДВІР ТОРГІВЕЛЬНИЙ ДІМ».

Наш сервіс-центр обладнаний відповідно до вимог заводів-виробників.

Фахівці-ремонтники Сервіс-центра пройшли навчання, стажування й атестацію на заводі в Ярославлі та в Мінську.

Алгоритм нашої роботи простий: Ви заявляєте про необхідність ремонту двигуна. Ми приїжджаємо у Ваше господарство, приймаємо по акту двигун, відвозимо його в Харків, робимо розборку і дефектовку. Після чого повідомляємо Вам вартість заміни запчастин комплектуючих і виставляємо рахунок. Двигун після ремонту повертається в господарство пофарбований, випробуваний, надійний, з гарантією.

ДОСТАВКА ДВИГУНА В ХАРКІВ ТА З ХАРКОВА В ГОСПОДАРСТВО  
ПОПУТНИМ ВАНТАЖЕМ  
ЗА РАХУНОК «АВТОДВОРУ».

Вартість робіт з ремонту  
двигуна з ПДВ:

ЯМЗ-236 - 3702 грн.,  
ЯМЗ-238НДЗ - 4800 грн.,  
ЯМЗ-238НД5 - 4800 грн.,  
ЯМЗ-238АК - 4800 грн.,  
ЯМЗ-238 - 4302 грн.,  
ММЗ-Д-260 - 3702 грн.,  
КПП (роботи) - 3903 грн.



Вартість комплекту запасних частин (тільки фірмових, тільки з Ярославля та Мінська) залежить від ступеня зносу двигуна. Якщо «шкурка вичинки не коштує», Ви сплачуєте тільки за розбирання і дефектовку.

Всі запчастини, які підлягають заміні повертаються замовникові.

Не зайвим буде нагадати, що сервісна служба ТОВ «АВТОДВІР ТОРГІВЕЛЬНИЙ ДІМ» забезпечує відремонтованому двигуну гарантійний і післягарантійний супровід.

#### У ВАРТІСТЬ РОБІТ ВХОДИТЬ:

- розбирання з дефектовкою;
- складання та випробування виварюванням і мийкою;
- ремонт вузлів;
- фарбування з матеріалами.



## Ремонт КПП тракторів Т-150, Т-150К

ТОВ «АВТОДВІР ТОРГІВЕЛЬНИЙ ДІМ»  
м. Харків, вул. Каштанова, 33/35, (057) 703-20-42,  
(057) 764-32-80, (050) 109-44-47, (098) 397-63-41,  
(050) 404-00-89,

м. Одеса (050) 404-00-89, м. Миколаїв (050) 109-44-47,  
м. Тернопіль (050) 634-01-56,  
м. Київ (050) 404-00-89, м. Мелітополь (098) 397-63-41,  
м. Конотоп (050) 109-44-47, м. Черкаси (050) 323-80-99,  
м. Сімферополь (050) 404-00-89,  
м. Вінниця (050) 301-28-35