

С. П. Сорокін, к.т.н., доцент,
О. М. Шкрегаль, к.т.н., доцент,
Д. О. Рильський, студент,
В. О. Лимаренко, студент.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Запропоновано удосконалена технологія діагностування гідромеханічних форсунок на підставі розгляду сучасних напрямків забезпечення їх працездатності, наведено результати експериментальних досліджень оцінки їх технічного стану за рухливістю голки.

Ключові слова: форсунка, спосіб діагностування, розпилювач, тиск упорскування, рухливість голки, діаметр запірною конусу.

Постановка проблеми у загальному вигляді.

Підвищення вартості палива, жорсткі норми на викиди відпрацьованих газів, конкуренція за ринки збуту сприяли вдосконаленню конструкції тракторних дизелів та їхніх систем. Сучасний двигун повинен бути потужним, економічним і екологічно чистим.

Аналіз роботи сервісних служб на сільськогосподарських підприємствах показав, що відсутність кваліфікованих фахівців, сучасних випробувальних стендів, інноваційних технологій обслуговування, не дозволяє на належному рівні проводити обслуговування дизелів. Особливо це стосується агрегатів паливної апаратури, а саме – форсунок.

Основними постачальниками розпилювачів форсунок 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.

Ринок сервісного обладнання для паливної апаратури пропонує широкий спектр недорогих приладів, інструменту і пристосувань. Сільгоспвиробники можуть придбати прилади та стенди українських виробників, таких як: ЦКБ "Арсенал", колективного підприємства "Біатрон-6". Закордонні виробники представлені фірмами АТ МОПАЗ (ТМ "Доктор Дизель" Росія, прилади ДД-2110, ДД-4500, МТА-2), BOSCH (Німеччина, прилади EFEP-60H, TPS-100) та ін. Засоби, що представлені на ринку, дозволяють контролювати працездатність форсунок при їхньому обслуговуванні, як при знятті їх з двигуна, так і безпосередньо на двигуні. Але деякі параметри, які визначають відповідність форсунок нормативним вимогам, зазначені прилади дозволяють контролювати на рівні якісних ознак.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Для забезпечення високих показників тракторного дизеля за середньо експлуатаційною витратою палива, ефективною потужністю та відпо-

відністю все більш зростаючим вимогам до екологічних показників, потрібно своєчасне проведення технічного обслуговування і ремонту агрегатів і систем з застосуванням сучасних засобів діагностування [1].

Найбільша кількість простоїв мобільних енергетичних засобів в сільському господарстві (від 20 до 35 %) відбувається внаслідок несправності агрегатів паливної системи двигунів. Крім того, робота цієї системи в значній мірі визначає їх експлуатаційну економічність.

Із-за несправності або невірною регулювання тільки однієї форсунки дизельного двигуна пере-витрачається до 15 - 20 % палива .

Формулювання цілей статті.

Метою статті є удосконалення технологія діагностування гідромеханічних форсунок на основі розгляду сучасних напрямків забезпечення їх працездатності.

Викладення основного матеріалу.

Відповідно до [2] роботоздатність форсунки визначається не виходом її окремих характеристик за межі, що допускаються. З них найбільш важливими є (рис. 1): гідрощільність (ГЩ), ефективний сумарний перетин (Σf), тиск початку упорскування ($P_{\text{фо}}$), відхилення струменів палива від заданого напрямку ($\Delta\phi$), герметичність (ГМ) по запірному корпусу і рухливість голки (РГ). Інші характеристики контролюються у процесі виробництва і практично не змінюються у процесі експлуатації.

Гідрощільність залежить від величини зазору у спряженні голка – корпус. В умовах експлуатації порушення гідрощільності пов'язане зі збільшенням зазору внаслідок спрацювання поверхонь, що спрягаються.

Вплив ГЩ на показники двигуна залежить від режиму його роботи. На номінальному режимі, коли основна кількість палива подається при повному підйомі голки, цей вплив несуттєвий. На часткових режимах, коли паливо подається при частковому підйомі голки (особливо на режимах пуску), вплив гідрощільності зростає внаслідок відносного збільшення витоків палива у дренаж і зменшення циклової подачі. Побічною ознакою

падіння ГЦ є ускладнений пуск двигуна, особливо у холодну пору року.

Ефективний прохідний перетин (μf) контролюється у 100% розпилювачів при виробництві. Згідно з вимогами нормативно-технічної документації розпилювачі розбивають на групи за μf . У групі різниця μf не перевищує 0.04 мм. У процесі експлуатації μf змінюється: з одного боку, під дією абразиву, що присутній у паливі, може збільшуватись μf (за рахунок округлення вхідних країв соплових отворів), а з іншого – зменшуватись внаслідок коксування отворів. Зменшення μf усувається прочищенням отворів. Збільшення μf

вище допустимого значення не може бути виправлене, тому такі розпилювачі повинні бути вибракувані і вилучені з експлуатації. Проблема контролю μf полягає у відсутності засобів контролю навіть у спеціалізованих майстернях. Тому μf , як правило, в експлуатації не контролюється.

Тиск початку підйому голки $P_{\phi 0}$ - функціональний параметр технічного стану. Регулювання $P_{\phi 0}$ повинне виконуватися, якщо при контролі виявлене його відхилення більш, ніж на $\pm 15\%$ від номінального значення. У середині зазначеного інтервалу двигун не чутливий до зміни $P_{\phi 0}$.

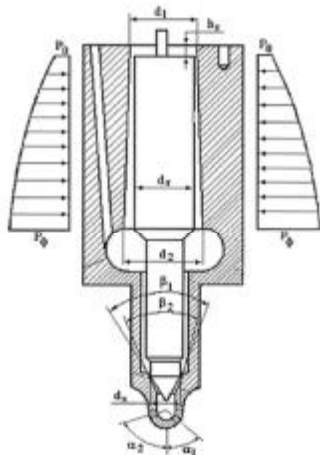


Рис. 1. Конструктивне виконання розпилювача та параметри технічного стану форсунки

Технічний стан форсунки	
Параметри	Ознаки
Гідроциліндричність розпилювача (ГЦ)	Рухливість голки розпилювача (РГ)
Ефективний прохідний перетин (μf)	Герметичність форсунки (ГМ)
Тиск початку упорскування (Р ϕ 0)	
Відхилення струменів палива ($\Delta\phi$)	

В експлуатації тиск $P_{\phi 0}$ знижується. Особливо інтенсивно це відбувається у перші 100 годин роботи форсунки, внаслідок приробітку її деталей. Падіння $P_{\phi 0}$ також може бути зумовлене збільшенням площі диференційної площадки голки, через знос конусів у корпусі і на голці розпилювача. Вплив $P_{\phi 0}$ на показники двигуна різний, залежно від причин, які спричинили це падіння. Найбільш істотний вплив при зношенні запірного конусу.

Герметичність характеризується відсутністю протікань палива через соплові отвори. Втрата герметичності в експлуатації відбувається внаслідок зносу запірного конусу розпилювача.

Працездатність форсунки у значній мірі визначається рухливістю голки. Рухливість перевіряється на стенді з ручним приводом шляхом прокачування палива через розпилювач, закріплений у форсунці. Упорскування повинне супроводжуватися чітким характерним звуком (форсунка «звучить»). Звук, що прослуховується, свідчить про «хорошу» рухливість голки.

Достовірність визначення РГ залежить від ряду суб'єктивних і об'єктивних чинників: кваліфікації оператора, що виконує перевірку, можливостей засобів вимірювання та ін. За певних умов розпилювачі за РГ можуть бути розбиті на три

групи: «хороші», «середні», «погані». Однак, необхідно відзначити, що надійна оцінка рухливості можлива при швидкості подачі палива до 4–10 см³/с. При більш високих швидкостях різниця у РГ розпилювачів, що мають різний технічний стан, «на слух» не фіксується (вони усі «звучать»).

Звук при роботі форсунки свідчить про коливальний режим руху голки. З метою дослідження причин виникнення «звучання» форсунок проведено осцилографування процесів паливоподачі при різній РГ розпилювачів за умови випробування, визначених у ДСТУ. Результати дослідження наведені на рис. 2.

Голка з «хорошою» рухливістю входить в режим автоколивань – за одне упорскування здійснює декілька підйомів і опускань голки з чіткою посадкою її на сідло (рис. 2а). Робота розпилювача з «середньою» РГ характеризується тим, що під час упорскування голка коливається з більшою частотою, але амплітуда коливань незначна, при цьому звук «скриплячий» (рис. 2б). У розпилювачах з «поганою» рухливістю автоколивання відсутні, звук при роботі форсунки не прослуховується. Голка в процесі упорскування займає стійке положення (рис. 2в).

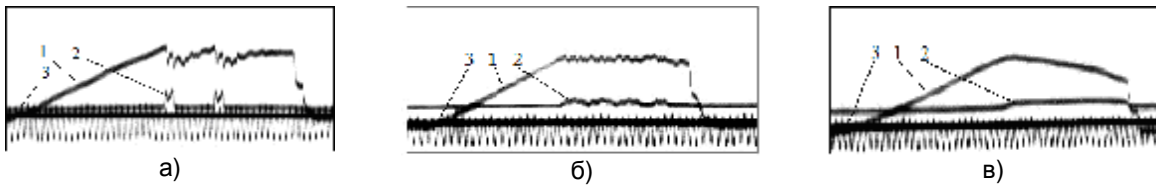


Рис.2. Осцилограми процесів паливоподачі при частоті 33 упорскування за хвилину:
а) – розпилювач «хороший»; б) – розпилювач «середній»; в) – розпилювач «поганий»;
1- тиск у форсунки; 2- підйом голки; 3- позначка часу

На підставі представлених даних запропонований новий спосіб діагностування гідромеханічних форсунок, на який отримано позитивне рішення щодо заявки на корисну модель [3]. У запропонованому способі діагностування форсунок задача вирішена тим, що при діагностуванні вимірюють амплітуду підйому голки при умовах перевірки, визначених у [3] і порівнюють її з повним ходом голки.

Вплив рухливості на показники роботи двигуна суттєвий. Питома ефективна витрата палива при роботі з розпилювачами, які мають «погану» рухливість, зростає на 9-10 г/кВт·г, а «середню» – на 3-4 г/кВт·г. Відомо, що погіршення рухливості головним чином обумовлене зменшенням діаметру голки за запірним конусом.

Роботами, виконаними у ХНТУСГ [4], обґрунтовано, що в якості кількісної оцінки рухливості можна використовувати фактичний діаметр голки по запірному конусу d_x . Причому встановлено, що при значенні $d_x \leq 2,3$ мм (для розпилювачів з діаметром голки по напрямній 6 мм) та $d_x \leq 2,1$ мм (для розпилювачів з діаметром голки по напрям-

ній 5 мм), рухливість голки повністю втрачається. Тому розпилювачі з таким значенням d_x вважаються такими, що вичерпали свій ресурс.

Для визначення d_x в умовах експлуатації пропонується застосовувати непрямий метод, який полягає у вимірюванні тиску упорскування палива форсункою P_ϕ^1 при навантаженні голки відомою постійною силою $F_{ПР}$. Далі за тиском палива розраховують d_x .

Діаметр запирання d_x визначається за формулою:

$$d_x = \sqrt{d_r^2 - \frac{F_{ПР} \cdot 4}{P_\phi^1 \cdot p}}, \text{ мм} \quad (1)$$

де d_r - діаметр голки у направляючій частині, мм;

$F_{ПР}$ - сила навантаження, Н

P_ϕ^1 - тиск упорскування, МПа.

Загальний вигляд приладу для визначення d_x наведений на рис. 3.

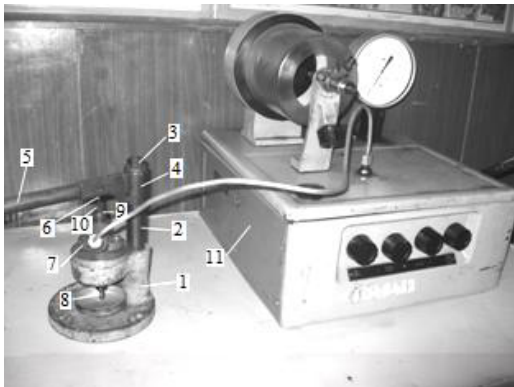
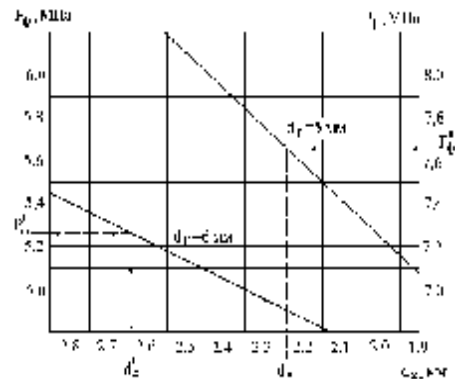


Рис. 3. Загальний вигляд приладу та номограма для визначення d_x



Прилад складається з основи 1 з привареною до неї стійкою 2. На стійці гайкою 3 закріплена поворотна втулка 4. 3 втулкою шарнірно з'єднаний силовий важіль 5. У прорізі важеля на осі встановлений ролик 6. (основу пристосування складає відомий пристрій для визначення гідрощільності плунжерних пар). У отворі основи кріпиться форсунка 7 з розпилювачем 8, який випробовується. Вісь ролика 6 співпадає з віссю форсунки 7. У стендовій форсунці видалений вузол регулювання, а зусилля від силового важеля до голки розпилювача передається через ролик

6, пружину 9 і додаткову штангу 10. Величина зусилля $F_{ПР}$, що передається на голку розпилювача визначається масою важеля. Калібрування зусилля важеля $F_{ПР}$ здійснюється за допомогою вагів.

Паливо у форсунку подається від будь якого відомого пристосування для регулювання форсунок 11 (наприклад, КИ-22205).

Для виконання вимірювань форсунка з розпилювачем, що випробовується, кріпиться у отворі основи стенду. Ролик 6 силового важеля 5 підводять до додаткової штанги 10 форсунки 7.

Подають паливо у форсунку та визначають тиск упорскування P_{ϕ}^1 за манометром пристосован- ня 11.

Для спрощення визначення d_x розрахована і побудована номограма $d_x = f(P_{\phi})$, загальний вид якої наведений на рис.3. Номограма розра- хована для розпилювачів з діаметрами голки у напрямній $d_r=5$ та $d_r=6$ мм, при зусиллі на ролику важеля $F_{\text{пр}}=12,172$ кг.

Послідовність визначення діаметра запиран- ня приведена на рисунку 3.

При проведенні експериментальних дослі- джень спочатку були спроби навантаження голки розпилювача безпосередньо через штангу. Але відсутність пружного елемента (у даному випадку

пружины 9) призводить до того, що досить склад- но точно визначити тиск упорскування і розпилю- вачі втрачають рухомість голки при перевірці.

ВИСНОВКИ

1. Для підвищення техніко-економічних по- казників роботи дизелів потрібне удосконалення технології та засобів технічного обслуговування форсунок.

2. Діаметр запирання розпилювача може бути прийнятим у якості кількісної міри рухливості голки розпилювача.

3. Граничне значення $d_x=2,3$ мм для розпи- лювачів з $d_r=6$ мм та $d_x=2,1$ мм для розпилювачів з $d_r=5$ мм. Розпилювачі з меншим значенням ді- аметру запирання повинні бути вилучені з експлу- атації.

Список використаної літератури:

1. Файлейб Б.Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелів / Б.Н. Файлейб. – М: Машиност- роение, 1990. – 352 с.
2. Форсунки дизелей. Общие технические условия: ДСТУ ГОСТ 10579-88. – [Чинний від 01.01.1990]. – Межгосударственный стандарт, 1988. – 8 с.
3. Рішення про видачу деклараційного патенту F02M 65/00 Спосіб рухливості голки гідромеханіч- ної форсунки / [Сорокін С.П., Сорокін М.С.] – № 201309175; від 23.12.13.
4. Сорокин С.П. Совершенствование методов диагностирования форсунок [Текст] / С. П. Сорокин, А. В. Козаченко, В. Н. Блезнюк // Повышение надежности восстановления деталей машины: сб. науч. тр., ХГТУСХ. - Х., 1996. - С. 92-95.

Сорокин С.П., Шкрегаль А.М., Рыльский Д.А., Лимаренко В.О. ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ФОРСУНОК ТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Повышение стоимости топлива, жесткие нормы на выбросы отработанных газов, конкуренция за рынки сбыта оказывали влияние на усовершенствование конструкции тракторных дизелей и их систем. Современный двигатель должен быть мощным, экономическим и экологически чистым. Наибольшее количество простоев мобильных энергетических средств в сельском хозяйстве (от 20 до 35 %) происходит вследствие неисправности агрегатов топливной системы двигателей. Кроме того, работа этой системы в значительной мере определяет их эксплуатационную экономичность.

Предложена усовершенствованная технология диагностирования гидромеханических форсунок на основании рассмотрения современных направлений обеспечения их работоспособности, приведены результаты экспериментальных исследований оценки их технического состояния по подвижности иглы.

Ключевые слова: форсунка, способ диагностирования, распылитель, давление впрыскивания, подвижность иглы, диаметр запорного конуса.

Sorokin S.P., Shkregal A.M., Rylskij D.A., Lymarenko V.O. MAINTENANCE IN OPERATION OF TRACTOR DIESEL ENGINES SPRAYING APPARATUSES WORKING CAPACITY

Increase of fuel cost, rigid norms on burnt gases emissions, a competition for commodity markets influenced improvement of tractor diesel engines and their systems design. The modern engine should be powerful, economic and ecologically pure. The greatest quantity of mobile power means idle times in an agriculture (from 20 up to 35 %) occurs owing to malfunction of engines fuel system units. Besides work of this system appreciably defines their operational profitability.

Is offered the advanced of hydromechanical spraying apparatuses diagnosing technology on the basis of their working capacity modern maintenance directions consideration, results of their technical condition experimental researches estimation on a needle mobility are offered.

Keywords: a spraying apparatus, a way of diagnosing, the spraying apparatus, pressure of injection, mobility of a needle, gate cone diameter.

Стаття надійшла в редакцію: 14.09.2013р.

Рецензент: д.т.н., професор Кочмола М.М.