

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ГАЛЬВАНОТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ ДИЗЕЛЕЙ

А.К. Сеницын, В.А. Ордоньес

Кафедра эксплуатации автотранспортных средств
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198

В статье ставится задача очистки и восстановления распылителей тракторных дизелей при помощи ультразвукового электрохимического метода. В статье рассмотрен метод априорного ранжирования для количественной оценки вклада конкретных подсистем в достижение цели системы (дерево целей и дерево систем). Установлено наличие существенного сходства мнений экспертов, значимости коэффициента конкордации и неслучайности совпадения мнения экспертов.

Ключевые слова: распылитель форсунки дизеля, ультразвуковая очистка, электролитическое наращивание, дерево целей и дерево систем, коэффициент конкордации Кендалла, критерий Пирсона.

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что тракторы и автомобили занимают одно из первых мест среди большого числа машин, используемых в народном хозяйстве. Они помогают механизировать процессы в различных видах производств, служат для выполнения погрузочно-разгрузочных работ, для транспортных целей, рытья канав, корчевки пней и многих других работ. Экономичные и многофункциональные транспортные средства, работающие на дизельном топливе, позволяют механизировать практически любой производственный процесс. Использование подобной техники прежде всего облегчает труд производителей и увеличивает возможности расширения различных производств.

К сожалению, около 40% неисправностей дизелей приходится на топливную аппаратуру, имеющую высокую стоимость. При этом 80% отказов и свыше 40% затрат на устранение неисправностей топливной аппаратуры связано с распылителями форсунок — наиболее уязвимых элементов дизельной топливной аппаратуры, которые в процессе работы подвергаются воздействию высоких температур, химически активных продуктов сгорания, переменных давлений топлива, структурных изменений металла и цилиндрических газов.

В настоящее время отечественный парк подвижного состава (в том числе и сельскохозяйственной техники) значительно состарился, а многие машины и оборудование работают за пределами амортизационных сроков, поэтому исходя из стоимости топливной аппаратуры ремонтные операции являются основой для поддержания автотракторной техники в работоспособном состоянии. Повышение работоспособности и надежности отремонтированных машин неразрывно связано с повышением качества ремонта деталей и узлов (особенно распылителей), в основу чего должны быть положены принципиально новые технологические решения, обеспечивающие снижение затрат и трудоемкости.

Нарушения в работе распылителей форсунок возникают вследствие накопления загрязнений (закоркивания) и износов на внутренних и наружных по-

верхностях корпуса и иглы. При закоксовывании и износе распылителей возрастает неравномерность и количество подаваемого топлива и изменяется характеристика впрыска, что вызывает падение мощности дизеля, увеличивает степень дымности отработавших газов и расход топлива, т.е. нарушается оптимальный процесс смесеобразования и сгорания топлива в цилиндре, нарушается процесс его работы.

В настоящее время известны как минимум два независимых способа восстановления деталей: ультразвуковая очистка и метод наращивания металла. Наиболее качественным и эффективным способом удаления загрязнений является ультразвуковая очистка, при которой количество остающихся на поверхности загрязнений не превышает 0,5% (для сравнения: при механической очистке — до 10% загрязнений). Очистка поверхностей реализуется комплексным физико-химическим воздействием на загрязнения моющих средств и акустических явлений (кавитация, акустические течения и др.), возникающих в моющем растворе при прохождении ультразвуковых колебаний (рис. 1).

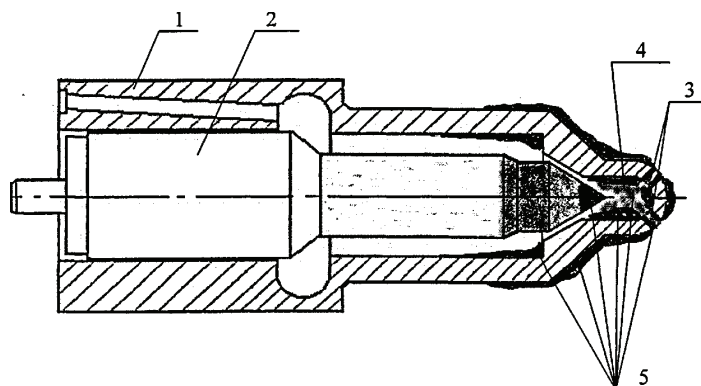


Рис. 1. Схема отложения загрязнений на поверхностях распылителя:
1 — корпус; 2 — игла; 3 — распыляющие отверстия; 4 — колодец;
5 — загрязнения

Ультразвуковой способ позволяет достичь высокой степени чистоты поверхности, ускорить процесс очистки, заменить тяжелый ручной труд, исключить пожароопасные и токсичные органические растворители. Очищенные этим способом детали дизельной топливной аппаратуры и в частности распылители форсунок повышают работоспособность и надежность работы двигателей.

Необходимо измерять и взвешивать основные параметры распылителей (качество распыла топлива, эффективное проходное сечение), оценивать и визуальным способом загрязненность перед очисткой и после.

Моющий раствор, ультразвуковая частота, температура и время нужно обязательно учитывать как факторы, влияющие на процесс очистки, ведь результат данного процесса будет зависеть от изменения каждого фактора в определенных пределах.

Расходы на запасные части в значительной степени влияют на себестоимость ремонта техники. Однако они могут быть сокращены путем расширения объемов восстановления изношенных деталей с применением прогрессивных технологий.

При эксплуатации автотранспорта детали дизельной топливной аппаратуры не только загрязняются, но и изнашиваются. В результате после ультразвуковой очистки можно рассмотреть их реальный износ. Идея восстановления заключается в выборе различных технологических режимов сульфохромирования или хромирования и исследования их механических, химических и эксплуатационных свойств. На основании исследований будет разработан технологический процесс восстановления деталей.

Чтобы определить образование износа, нужно измерить интенсивность изнашивания, которая определяется изменением условий на рабочей поверхности деталей. Теоретически можно обеспечить защиту поверхности деталей за счет нанесения на поверхности деталей химических покрытий, содержащих в своей основе сульфиды, фосфиды и другие химические производные металлов.

Электролитическое наращивание металла (хромирование) на изношенные поверхности деталей основано на образовании в водных растворах солей, кислот и щелочей (электролитов) при пропускании через них постоянного электрического тока заряженных частиц — ионов (рис. 2).

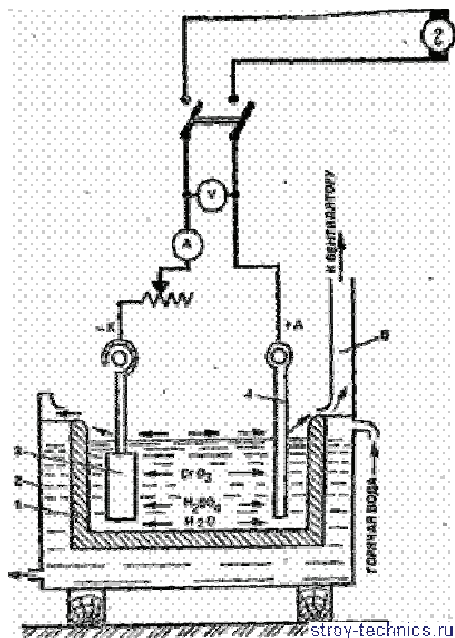


Рис. 2. Схема электролитической ванны для хромирования:

1 — свинцовая обкладка; 2 — ванна; 3 — деталь (катод); 4 — свинцовая пластина (анод); 5 — вытяжная вентиляция

Хромирование применяют в тех случаях, когда от покрытия требуется высокая твердость. Такие покрытия обладают низким коэффициентом трения и большой износостойкостью, в несколько раз превышающей износостойкость стальных нехромированных деталей. Кроме того, хромовое покрытие прочно соединяется с основным металлом и имеет высокую коррозионную стойкость, а хромирование не вызывает изменения структуры и физико-механических свойств основного металла.

Хромирование применяют при восстановлении деталей с небольшим износом, измеряемым десятками и сотыми долями миллиметра. Малая толщина хромового покрытия, редко превышающая 0,3...0,5 мкм, объясняется хрупкостью осадков хрома. Так же как и в процессе очистки, концентрация электролита, плотность тока, температура и время являются важными факторами, влияющие на процесс восстановления.

Следовательно, для снижения износа важно, чтобы одновременно с увеличением площади поверхности контакта металлов при сохранении высокой твердости основного металла на поверхности трения образовывалась пленка с малым сопротивлением сдвигу. Этого также можно достичь за счет нанесения на трущиеся поверхности химических покрытий, содержащих в своей основе сульфиды, фосфиды и другие химические производные металлов; кроме того, не должна нарушаться термическая обработка деталей.

Поставлена задача объединить эти два способа с целью восстановления работоспособности прецизионных деталей дизеля. Для лучшего понимания того, как выглядит в этом случае восстановление, применяются программно-целевые методы по совершенствованию организации производства технического обслуживания и ремонта машин при помощи дерева целей и дерева систем [1] (рис. 3).

Важнейшим этапом анализа и совершенствования организации производства как большой производственно-экономической системы является упорядочение целей или ранжирование целей и систем каждого уровня по их важности. Наиболее приемлемым для использования применительно к практической деятельности ремонтно-обслуживающих предприятий является метод априорного ранжирования [2]. При реализации этого метода используется определенный алгоритм выполнения расчетов, который включает следующий математический аппарат:

- 1) определяется сумма рангов всех экспертов по каждому фактору по формуле

$$\Delta_k = \sum_{m=1}^m a_{km},$$

где m — число экспертов; k — число факторов;

- 2) вычисляется общая сумма рангов всех экспертов $\sum_{k=1}^k \Delta_k$;

- 3) определяется средняя сумма рангов всех экспертов $\bar{\Delta} = \frac{\sum_{k=1}^k \Delta_k}{k}$;

- 4) проверяется правильность определения суммы рангов $\sum_{k=1}^k \Delta_k = m \cdot k \cdot \bar{a}$,

где \bar{a} — средний ранг оценки факторов каждым экспертом, определяемым из выражения

$$\bar{a} = \frac{\sum_{k=1}^k k}{k};$$

- 5) определяется отклонение суммы рангов по каждому фактору от средней суммы рангов $\Delta_k = \Delta_k - \bar{\Delta}$.

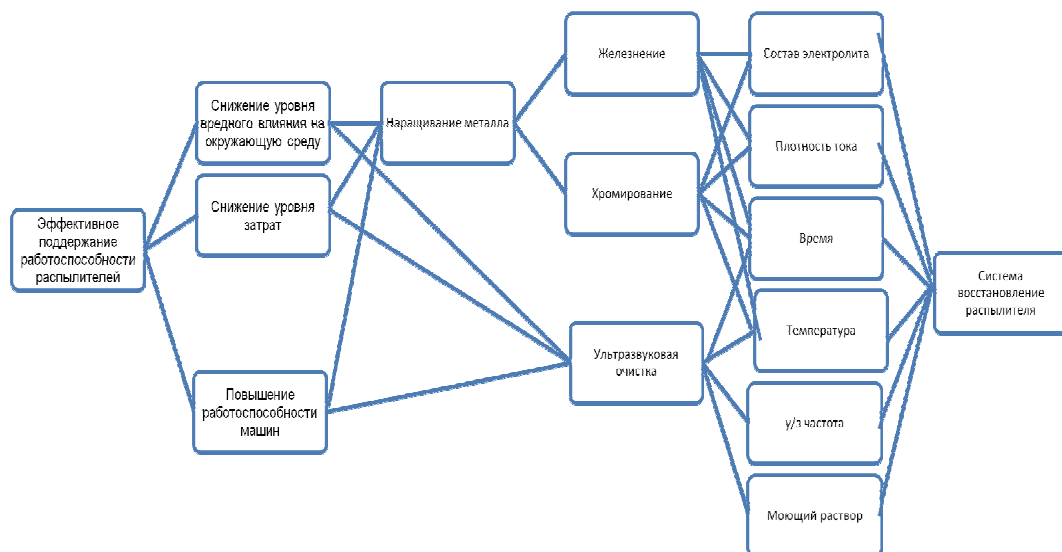


Рис. 3. Дерево целей и дерево систем

Степень согласованности мнений экспертов оценивается с помощью коэффициента конкордации Кенделла W , который определяется по формуле

$$W = \frac{12S}{m^2(k^3 - k)},$$

где S — сумма квадратов отклонений суммы рангов каждого фактора от средней суммы рангов, т.е. $S = \sum_{k=1}^k (\Delta' \cdot k)^2$.

При $W \geq 0,5$ проверяется гипотеза о неслучайности согласия экспертов по критерию Пирсона: $\chi_p^2 = W \cdot m \cdot (k - 1)$.

Расчетное значение коэффициента сравнивается с табличным при числе степеней свободы $k - 1$.

Все результаты расчетов занесены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Результаты априорного ранжирования факторов целей поддержания работоспособности распылителей

Подсистема	Эксперт								Дк	Дк'	Дк*2	M	qk	
	1	2	3	4	5	6	7	8						
Повышение работоспособности машин	3	3	3	3	3	3	2	3	23	7	49	1	0,50	
Снижение уровня затрат	1	1	1	1	2	1	3	2	12	-4	16	2	0,33	
Снижение уровня вредного влияния на окр. среду	2	2	2	2	1	2	1	1	13	-3	9	3	0,17	
M	8								Итого	48	—	74	—	1,00
K	3													
Дксп	16													
Асп	2													
S	74													
W	0,578125													
χ*2	9,25													

**Результаты априорного ранжирования
факторов систем восстановления распылителей**

Подсистема	Эксперт								Дк	Дк'	Дк*2	М	qk	
	1	2	3	4	5	6	7	8						
Моющий раствор	5	5	4	5	5	5	3	5	37	9,333333	87,11111	3	0,19	
у/з частота	6	3	6	3	6	4	5	6	39	11,333333	128,4444	2	0,24	
Температура	2	1	1	1	1	1	1	1	9	-18,6667	348,4444	1	0,29	
Время	3	2	2	4	3	2	5	3	24	-3,66667	13,44444	4	0,14	
Плотность тока	4	6	3	6	2	3	3	2	29	1,333333	1,777778	5	0,10	
Состав электролита	1	4	5	2	4	4	4	4	28	0,333333	0,111111	6	0,05	
М	8								Итого	166	—	579,3333	—	1,00
К	6													
Дкр	27,66667													
Аср	3,5													
S	579,3333													
W	0,517262													
х*2	20,69048													

Исходя из анализа полученных результатов расчета, можно сделать следующие выводы.

Критерий конкордации Кенделла в обоих случаях выше 0,5 ($W_1 = 0,578$ и $W_2 = 0,517$), а расчетные значения критерия Пирсона больше табличных ($\chi_{\partial 1}^2 = 9,25$ и $\chi_{\partial 2}^2 = 20,69$ в обоих случаях выше соответственно $\chi_{\partial 1}^2 = 9,2$ и $\chi_{\partial 2}^2 = 15,1$). Это свидетельствует о наличии существенного сходства мнений экспертов, значимости коэффициента конкордации и неслучайности совпадения мнения экспертов.

В формате поставленной задачи исследования целесообразно после проведения обзора литературных источников уточнить задачи исследования и продолжить оценку влияния рассмотренных целей и систем на процесс восстановления распылителей форсунок дизелей путем проведения линейного многофакторного регрессионного анализа, планирования эксперимента, проведения экспериментальных исследований и сопоставления их результатов с теоретическим исследованием с целью выдачи практических рекомендаций.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кузнецов Е.С. и др. Техническая эксплуатация автомобилей. — Изд. 4-е, перераб. и доп. — М.: Наука, 2004. [Kuznetsov E.S. i dr. Tekhnicheskaja ekspluatatcija avtomobilei. — Izd. 4-e, pererab. i dop. — М.: Nauka, 2004.]
- [2] Яговкин А.И. Организация производства ТО и ремонта машин. [Jagovkin A.I. Organizatcija proizvodstva TO i remonta mashin.]

ULTRASONIC ELECTROLYTIC NANOTECHNOLOGY OF RESTORATION DIESEL ENGINE HIGH-PRECISION PARTS

A.K. Sinitsyn, V.A. Ordonez

Department of exploitation of the automotive vehicles
Peoples' Friendship University of Russia
Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

In the article the task of cleaning and restoration of the gun tractor diesel engines with the help of ultrasonic electrochemical method. In the article the method of a priori rank for a quantitative assessment of the contribution of specific subsystems in the achievement of the objectives of the system (the tree of the purposes and tree systems). It is established that there is a significant similarity of opinions of the experts, the significance of the coefficient concordat ion and non-randomness of coincidence of the opinions of the experts.

Key words: nozzle diesel, ultrasonic cleaning, electrolytic building, goal tree and the tree systems, the coefficient of concordat ion Kendella, Pearson.