

Вывод. Для устранения нерационального расхода топлива в котельных агрегатах и обеспечения оптимального КПД при проведении режимно-наладочных испытаний необходимо осуществлять тепловизионный контроль обмуровки котла в процессе его наладки с последующим устранением участков с завышенной температурой.

УДК 629.113.004

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ПЕРИОДИЧНОСТИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНО-РЕГУЛИРОВОЧНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ДВИГАТЕЛЬ И АППАРАТУРУ ТОПЛИВОПОДАЧИ АВТОМОБИЛЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ БЕЗРАЗБОРНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДВС

В. В. НЕВЗОРОВ, В. М. ОВЧИННИКОВ

Белорусский государственный университет транспорта

На основе математического моделирования методом статистических испытаний, обладающего высокой помехозащищенностью от случайных ошибок при проведении отдельных опытов, используя метод целенаправленного случайного поиска, проведена оценка влияния показателей токсичности отработавших газов (ОГ) двигателя внутреннего сгорания (ДВС) автомобилей, оценено влияние периодичности технологических воздействий на двигатель и топливopодающую аппаратуру (ТПА) на эффективность безразборного восстановления. Приведено обоснование межповерочных сроков для оценки текущего состояния ДВС и управления экологическими и техническими параметрами.

Целью работы является оценка влияния экологических показателей ДВС на эффективность безразборного восстановления и оптимизация периодичности инструментального контроля и технологических воздействий на ДВС и ТПА автомобиля.

Для достижения поставленной цели необходимо:

- на основе статистических исследований и математического моделирования провести оценку влияния показателей токсичности ОГ ДВС автомобилей на эффективность безразборного восстановления;
- оптимизировать периодичность технологических воздействий на ДВС и ТПА автомобиля.

Методика проведения работы. Мониторинг технического и экологического состояния силовых установок автомобилей с последующей математической обработкой и анализом статистической информации проведен на базе поста диагностики транспортных двигателей научно-исследовательского центра «Экологическая безопасность и энергосбережение на транспорте» УО «Белорусский государственный университет транспорта» в течение 2006 года.

Проведение измерений токсичности отработавших газов автомобилей осуществлялось в соответствии с ГОСТ 17.2.2.03-87 "Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы измерений содержания окиси углерода и углеводородов в отработавших газах автомобилей с бензиновыми двигателями" и ГОСТ 21393-75 "Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы измерений дымности автомобилей с дизелями". Измерения осуществлялись с помощью двухкомпонентных газоанализаторов МЕТА Автотест, ГИАМ 29 и электронным оптическим дымомером МЕТА МП1.

Диагностика состояния цилиндропоршневой группы (ЦПГ) двигателя до и после безразборного восстановления осуществлялась с помощью анализатора герметичности цилиндров АГЦ-2.

В процессе проведения эксперимента мониторинг экологических и технических показателей ДВС осуществлялся в двух случайно составленных группах автомобилей различных марок, конструкции и возрастной категории. Основным критерий разделения по группам – двигатель, дизельный или бензиновый.

Объект исследований – двигатели автомобилей, подвергшиеся комплексу диагностических и восстановительно-регулирующих воздействий.

Методы исследований – натурные и математические статистические испытания.

Обсуждение результатов. Для количественной оценки изменения состояния ЦПГ введено понятие степени закоксованности

$$\chi = f(P1, P2), \quad (1)$$

представляющее собой безразмерную величину, характеризующую состояние ЦПГ и газораспределительного механизма

$$\chi^H < \chi < 1, \quad (2)$$

где χ^H – степень закоксованности, соответствующая номинальным значениям диагностических параметров P1 и P2. Для различных типов двигателей $\chi^H = 0,01 \dots 0,08$.

Исследованиями установлено, что значения P1 и P2 для каждого типа двигателя и определенного состояния его ЦПГ имеют конкретные соотношения, с достаточной степенью достоверности характеризующие степень износа и закоксовки цилиндра. Для оценки степени закоксованности ЦПГ χ получена зависимость

$$\chi = e^\psi - 1, \quad (3)$$

где ψ – параметр, учитывающий состояние гильзы цилиндра и износ компрессионных колец.

$$\psi = (a_1 \Delta P + a_2 P2 + a_3 \Delta P P2) / P1, \quad (4)$$

где a_1, a_2, a_3 – поправочные коэффициенты, зависящие от типа двигателя; ΔP – величина, характеризующая герметичность цилиндра, $\Delta P = P1 - P2$.

С учетом всего вышесказанного модель для оценки интенсивности изменения степени закоксованности ЦПГ от наиболее значимого фактора – содержания углеводородов (СН) в отработавших газах (ОГ) может быть представлена в общем виде как двухфакторное уравнение

$$\chi = f(q, \tau), \quad (3)$$

где q – концентрация нормируемого показателя токсичности ОГ, ppm; τ – время, которое ДВС автомобиля находится в эксплуатации, мес.

Уравнение (3) может быть представлено в виде

$$\chi = \left((a_{1i} + a_{2i}q + a_{3i}\tau + a_{4i}q\tau + a_{5i}q^2 + a_{6i}\tau^2) + (a_{7i}q + a_{8i}\tau + a_{9i}) \right)^{1/2} \quad (5)$$

где $a_{1i}, a_{2i}, a_{3i}, a_{4i}, a_{5i}, a_{6i}, a_{7i}, a_{8i}, a_{9i}$ – коэффициенты уравнения, рассчитанные с использованием результатов обработки статистического эксперимента.

Результаты расчета, полученные с использованием разработанной модели, представлены на рисунке 1.

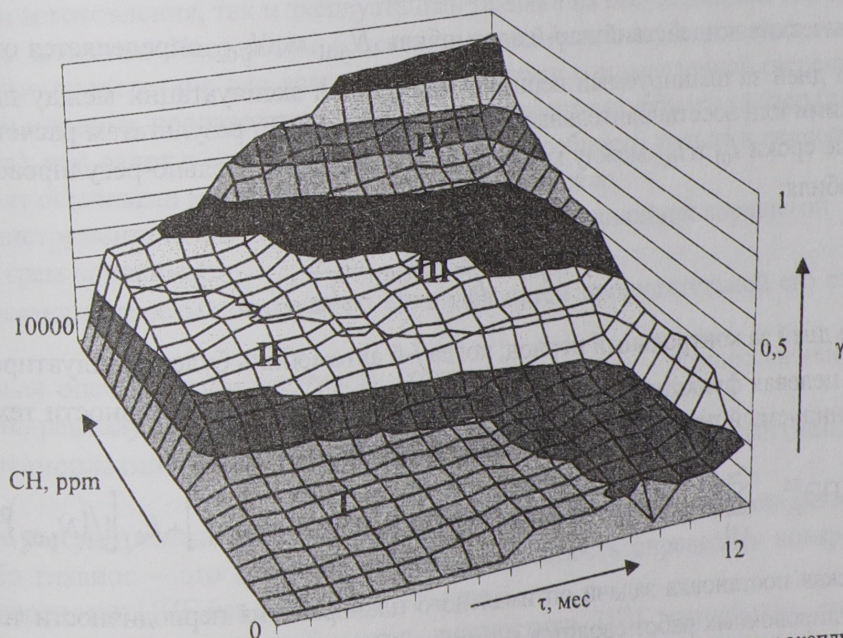


Рисунок 1 – Зависимость степени закоксованности ЦПГ от концентрации СН в ОГ и времени эксплуатации ДВС:
I – зона номинальных значений параметров ЦПГ (восстановление функциональных параметров возможно при использовании моющих составов); II – зона максимальной эффективности безразборного восстановления при условии проведения корректирующих воздействий на топливopодpядкующую аппаратуру (ТПА) или системы зажигания и газораспределения ДВС; III – зона возможного восстановления при условии предварительного применения моющих составов и проведении корректирующих воздействий на ТПА; IV – зона необратимых изменений функциональных параметров ЦПГ

Используя экспериментальные данные, полученные в результате мониторинга состояния ДВС автомобилей контрольных групп, поверхность зависимости степени закоксованности от концентрации радикалов углеводородов в отработавших газах автомобилей была разбита на четыре зоны, характеризующие эффективность применения безразборного восстановления ЦПГ (см. рисунок 1).

При решении задачи оптимизации периодичности технологических воздействий, для уменьшения влияния внешних факторов с помощью натурального статистического эксперимента определены:

- средняя наработка автомобиля на отказ $\bar{x}$ по двигателю и ТПА;
- наработка между ТО $l_p = l_{02}$, где под l_{02} принимается наработка между проведением углубленных диагностических испытаний и восстановительно-регулирующих воздействий на ДВС и ТПА автомобиля;
- методика и регламент профилактических и углубленных диагностических испытаний с учетом вероятностных соотношений характерных отказов ДВС и причин, их вызывающих;
- структура и техническая оснащенность рабочих мест поста диагностики транспортных двигателей;
- трудоемкость и себестоимость диагностических и восстановительно-регулирующих работ.

Эффективность управления экологическими и техническими показателями работы ДВС зависит от множества факторов, но на уровне предприятия управляемыми являются лишь те, которые относятся к системе и организации технической диагностики и обслуживания. Собственно показатель эффективности ($ПЭ^{ТД}$) можно представить в виде стохастической зависимости от данных факторов.

При этом возможно планирование оптимальной периодичности предварительного и углубленного диагностирования технического состояния и технического обслуживания двигателя внутреннего сгорания и его систем топливоподачи. То есть $ПЭ^{ТД}$ зависит от внешних факторов и периодичности диагностических воздействий и ТО. Подставляя в эту зависимость значения внешних факторов, получаем для i -го рабочего места, обслуживающего j -й автомобиль, двухфакторное уравнение регрессии, которое, в свою очередь можно представить в виде полинома второй степени

$$ПЭ_{ij}^{ТД} = f(l_{01}, l_{02}) = a_{0j} + a_{1j}l_{01j} + a_{2j}l_{02j} + a_{3j}, \quad (6)$$

где $ПЭ_{ij}^{ТД}$ – показатель эффективности i -й диагностической операции в планируемом периоде; l_{01}, l_{02} – периодичность контрольно-диагностических и восстановительно-регулирующих воздействий, сут; a_{kj} – коэффициенты уравнения регрессии.

Число технических воздействий на j -й автомобиль N_{ij01} и N_{ij02} определяется отношением суммарного числа дней за планируемый период к числу дней эксплуатации между двумя соседними диагностическими или восстановительными мероприятиями. По результатам расчетов определяют оптимальные сроки l_{01} и l_{02} между контрольным и восстановительно-регулирующим обслуживанием автомобиля:

$$N_{ij01} = \frac{T_{эj}}{l_{01}}; \quad N_{ij02} = \frac{T_{эj}}{l_{02}}, \quad (7)$$

где $T_{эj}$ – число дней за контрольный период, когда j -й автомобиль будет эксплуатироваться.

Между тем целевая функция задачи – суммарный показатель эффективности технической диагностики за планируемый период принимает вид формулы

$$\sum_{j=1}^{A_m} ПЭ_{ij}^{ТД} = \sum_{j=1}^{A_m} \left\{ k_{0j} + k_{1j} \left(1/N_{ij01} \right) + k_{2j} \left(1/N_{ij02} \right) + k_{3j} \left[1/\left(N_{ij01} \right)^2 \right] + k_{4j} \left[1/\left(N_{ij02} \right)^2 \right] \right\}. \quad (8)$$

Математическая постановка задачи оптимального планирования периодичности технологического контроля и регулировочных работ сводится к тому, чтобы найти такое число N_{01} и N_{02} за планируемый период для каждого автомобиля [формула (7)], чтобы суммарный показатель эффективности работы поста диагностики достиг максимума при соблюдении определенных ограничений.

Наиболее рациональные значения периодичности для каждого вида технологического воздействия находят с помощью машинного эксперимента.

Целевая функция $\sum_1^{A_m} \text{ПЭ}_{ij}^{\text{ТД}}$ нелинейна относительно неизвестных N_{ij01} и N_{ij02} , поэтому поставленная задача оптимизации относится к классу нелинейных задач целочисленного программирования. Решать ее предпочтительно методом целенаправленного случайного поиска, основанного на универсальном методе статистических испытаний Монте-Карло.

Заключение. На основе научного подхода определены:

- влияние показателей токсичности ОГ ДВС автомобилей на эффективность безразборного восстановления;
- математическая постановка задачи оптимизации планирования периодичности технологических воздействий.

Это позволило определить с помощью статистических исследований методом целенаправленного случайного поиска:

- оптимальную периодичность контрольных диагностических испытаний;
- оптимальную периодичность углубленных диагностических испытаний и восстановительно-регулирующих воздействий на ДВС и ТПА автомобиля.

УДК 629.113.004

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СОСТОЯНИЯ ЦПГ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО БЕЗРАЗБОРНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ

В. В. НЕВЗОРОВ, С. И. СУХОПАРОВ, Ю. В. НАСТАЧЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта

Любую работу по восстановлению характеристик автомобильного двигателя необходимо начинать с оценки его технического состояния. Часто на автомобилях даже с небольшим пробегом обнаруживаются отклонения эксплуатационных параметров от нормальных значений, что обусловлено как качеством изготовления, так и эксплуатацией техники на отечественном топливе и маслах не всегда хорошего качества. Настоящим бедствием стало залегание поршневых колец, влекущее крайне негативные последствия для всего двигателя. Этому в определенной степени способствует общая тенденция мировых производителей к снижению высоты поршневых колец (для уменьшения потерь на трение), что ведет к снижению упругости и способности кольца к самоочистке. Определить такой дефект обычными методами практически невозможно.

Известные инструментальные методы диагностирования цилиндропоршневой группы (ЦПГ) можно свести к трем основным:

- оценка пневмоплотности конкретного цилиндра путем принудительной его опрессовки сжатым воздухом;
- интегральная оценка пневмоплотности сопряжения «гильза – компрессионное кольцо – канавка поршня» по расходу газов, прорывающихся в картер;
- оценка пневмоплотности конкретного цилиндра по максимальному давлению в конце такта сжатия.

В каждом из рассмотренных методов объективно заложен ряд недостатков, известных любому специалисту. Но главное – это принципиальная неспособность определить конкретную причину потери пневмоплотности ЦПГ без разборки двигателя.

Принципиально новый вакуумный метод диагностики ЦПГ разработан канд. техн. наук В. А. Чечетом, который позволяет в целом свести к минимуму отмеченные недостатки и в совокупности с применением оценки конкретного цилиндра по максимальному давлению в конце такта сжатия достаточно достоверно оценить поэлементное состояние ЦПГ и, соответственно, определить вид и объем необходимых ремонтных или корректирующих воздействий.