

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ И МЕТОДОВ ТЕСТОВОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МАШИН

В статье исследуются закономерности конструктивного совершенствования мобильных энергетических средств, изменения показателей эффективности их использования, взаимосвязь с технологиями и средствами диагностирования, методами поддержания машин в работоспособном состоянии.

Ключевые слова: конструктивное совершенствование, параметры технического состояния, закономерность, работоспособность.

A.M. Plaksin, A.V. Gritsenko

THE DEVELOPMENT OF THE MACHINE TEST DIAGNOSIS TOOLS AND METHODS

The patterns of the mobile energy resource constructive improvement, the changes in the indices of their use efficiency, the correlation with technology and diagnostic tools, methods of the machine maintenance in working condition are researched in the article.

Key words: constructional improvement, technical condition parameters, regularity, efficiency.

Введение. Современный этап конструктивного совершенствования мобильных энергетических средств (МЭС) в текущем веке принципиально отличается от предшествующего. Вторая половина XX века в машиностроении была направлена на создание МЭС с повышенной единичной мощностью, а отсюда – увеличение грузоподъемности, пропускной способности и, главное, повышение показателей эксплуатационной надежности, безотказности и ремонтпригодности. Нарботка на отказ повысилась у тракторов до 300...500 мото-часов, самоходных сельскохозяйственных комбайнов до 150...180 мото-часов, пробег автомобилей до капитального ремонта возрос до миллиона и более километров [1].

Реализация указанных конструктивных решений была направлена на повышение количественных показателей потребительских свойств МЭС: часовую и дневную норму выработки, объем и количество перевезенных грузов и пассажиров и др.

Современный этап конструктивного совершенствования МЭС направлен на обеспечение качества функционирования систем и механизмов, увеличение их функций при эксплуатации машин. Такие конструктивные решения позволяют обеспечить современные требования – экологии, эргономики, экономичности (табл. 1).

Таблица 1

Новые системы и механизмы функционирования МЭС [2, 3]

Системы и механизмы	Тракторы и комбайны	Грузовой и пассажирский транспорт	Легковые автомобили
Центральный бортовой компьютер с функциями системы зажигания, системы впрыска топлива, системы диагностики, системы путевого контроля, экологическая система, приборы освещения и сигнализации	±	±	+
Система впрыска топлива типа Д – прерывистый распределенный впрыск для внутреннего смесеобразования, бензин + дизель, плазменное зажигание, common rail	±	+	+
Спутниковая навигация, автопоиск	±	±	+
Устройства аварийной безопасности, автопилот	-	±	+
Электронное управление системой газораспределения	-	-	+
Новые типы ДВС	-	+	+
Газоразрядные приборы освещения и сигнализации, спецсигнализация	-	-	+

Примечание: - – не применяются, либо находятся в стадии разработки для данных МЭС; ± – частично применяются в очень ограниченном количестве; + – широкое практическое применение.

Таким образом, современные МЭС имеют следящие системы за техническим состоянием и эффективностью (правильностью) функционирования механизмов: первые из них сигнализируют о выходе какого-либо параметра за пределы допуска; вторые, в зависимости от условий эксплуатации машин, корректируют работу механизмов. Очевидно, в обоих случаях значительно сократились допуски на изменение диапазона величины параметра технического состояния механизмов машин. А это в разы увеличило требования к точности средств как встроенной диагностики, так и внешнего их диагностирования [3].

Цель исследований. Раскрыть взаимосвязь конструктивного совершенствования мобильных энергетических средств с методами диагностирования их технического состояния.

В соответствии с целью исследований были выдвинуты **задачи**:

1. Провести анализ тенденций изменения количественных и качественных показателей потребительских свойств МЭС. Привести примеры конструктивных решений, позволяющих обеспечить современные требования экологии, эргономики и экономичности, а также перспективной тенденции интеграции всего электронного оснащения автомобиля.

2. Рассмотреть различные средства диагностирования (СД) легковых автомобилей, рекомендуемые в настоящее время, и представить их анализ по основным показателям контролепригодности.

3. Разработать методику оценки эффективности проведения технического обслуживания машин по результатам диагностирования при различных стратегиях ТО и Р машин.

4. Представить анализ показателей диагностирования элементов ДВС легковых автомобилей с применением разработанных средств диагностирования. Провести расчеты и представить зависимость эффективности W процесса обеспечения работоспособности машин от вероятности выявления отказов P_6 и их предотвращения $P_{пр}^{\phi}$.

Материал и методика исследований. Развитие автомобильного бортового оборудования идет по двум направлениям: по пути дальнейшего совершенствования существующих и по пути конструирования и построения совершенно новых электрических, электронных и автотронных устройств. Не менее существенна намечающаяся перспективная тенденция интеграции всего электронного оснащения автомобиля на основе нескольких систем: мультиплексной, автомобильной (реже ее называют водителюской), информационной и встроенной системы диагностирования [5].

На рисунке 1 показано сравнение характеристик динамики развития систем впрыска. Производительность системы ME 9 с новым поколением микроконтроллеров и дальнейшим повышением тактовой частоты была увеличена более чем в 50 раз, а с появлением ME 17.9.7 тактовая частота увеличилась в 100 раз.

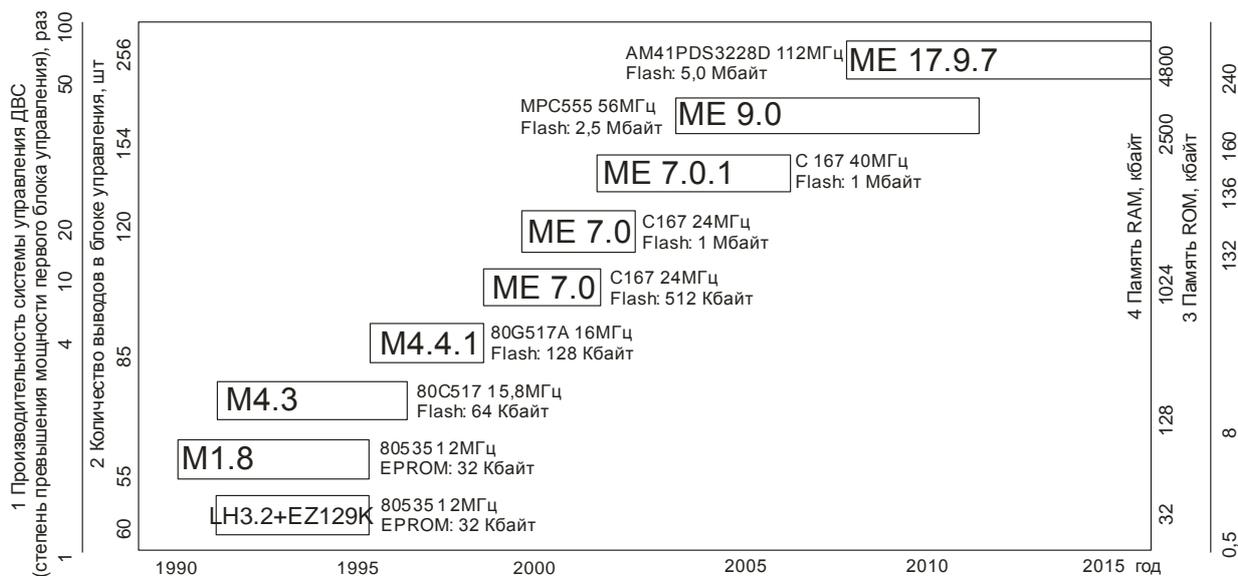


Рис. 1. Сравнительная характеристика динамики развития систем впрыска автомобилей:
 1 – производительность системы управления ДВС (степень превышения мощности первого блока управления), раз;
 2 – количество выводов в блоке управления, шт.;
 3 – объем постоянной памяти (ROM), кбайт; 4 – объем оперативной памяти (RAM), кбайт

В обозримом будущем микроконтроллеры будут интегрироваться с процессорами обработки сигналов. В настоящее время в системах ME 9.0 используются чипы на 2,5 Мбт, а в ближайшее время потребуются чипы уже на 5–10 Мбт и гораздо выше. Продолжается разработка новых электронных блоков управления (ЭБУ), функционально более сложных: с 16- и 32-разрядным микропроцессором. Т.е. требования снижения токсичности, экологичности все более усложняют конструктивное исполнение ЭБУ (увеличиваются тактовая частота процессора, объемы памяти, количество выводов в разъемах) [4, 5].

В свою очередь, усложняется конструкция средств диагностирования, а эффективность их функционирования не соответствует конструктивной сложности машин. Современные методы диагностирования отстают в своем развитии и не позволяют с требуемой точностью своевременно выявить наличие параметрических отказов (табл. 2) [3, 5].

Таблица 2

Показатели диагностирования элементов ДВС легковых автомобилей различными средствами диагностирования

Диагностируемые элементы	Рекомендуемые СД	N, шт.	T, ч	T _в , ч	K _{пди} , K _{пп}	K _{гп}	K _{ис}
Цепи микропроцессорной системы управления двигателем (МСУД)	Мотор-тестер МТ-10, сканер DST-12	132	0,6	0,1	0,50	0,40	1,00
		96	0,3	0,15	0,40		
Проводка и разъемы	Тестер (цифровой мультиметр)	12	1,5	0,05	0,30 0,30	0,30	1,00
Датчики и исполнительные механизмы	Осциллограф, блок питания, мотор-тестер, специальные приборы, 12 шт.	26	2	0,2	0,60 0,50	0,50	0,60
Система зажигания	Мотор-тестер МТ-10, разрядник	6	0,3	0,1	0,80 0,70	0,70	1,00
Система топливоподачи:	Проливочный стенд «Форсаж»						
форсунки	МТА-2 с набором жиклеров	8	2	1		0,80	1,00
бензонасос		3	0,5	0,1	0,90	0,80	0,80
топливный фильтр	МТА-2	2	0,2	0,1	0,80	0,80	1,00
топливная рампа	-	-	-	-	-	-	-
КШМ: цилиндропоршневая группа подшипники коленвала	Компрессометр, мотор-тестер МТ-10 Пневмотестер, манометр	4	0,3	0,15	0,90 0,90	0,8	0,90
		4	0,5	0,35	0,60 0,50		
Газораспределительный механизм	Мотор-тестер МТ-10, пневмотестер	1	0,5	0,35	0,80 0,60	0,60	1,00
Система выпуска отработавших газов	МТА-2	1	0,8	0,3	0,60 0,50	0,50	1,00
Система впуска: воздушный фильтр	МТА-2	1	0,8	0,3	0,60 0,50	0,50	1,00

В таблице 2 рассмотрены различные СД, рекомендуемые в настоящее время, и представлен их анализ по таким важным показателям контролепригодности [3, 5], как количество диагностических параметров N , время поиска неисправностей T , среднее время подготовки автомобиля к диагностированию заданным числом специалистов T_v , коэффициент полноты диагностической информации $K_{пди}$, коэффициент полноты проверки исправности $K_{пп}$, коэффициент глубины поиска дефекта $K_{гп}$, коэффициент использования специальных средств диагностирования $K_{ис}$.

Проведем анализ средств и методов по таблице 2.

Цепи МСУД завод-изготовитель предлагает диагностировать при помощи мотор-тестера МТ-10 и сканера DST-12 [3, 5]. Преимуществом данных СД является контроль значительного количества диагностиче-

ских параметров ($N = 132$ и $N = 96$), что говорит о высокой их универсальности. Время T имеет среднее (0,6 ч) и малое (0,3 ч) значения соответственно, время T_B также незначительно – 0,1 и 0,15 ч. По параметрам T и T_B указанные средства вполне приемлемы. Однако низкие значения коэффициентов $K_{ЦДИ}$, $K_{ПП}$ и $K_{ГП}$ (предопределяют качество диагностирования) характеризуют указанные СД как низкоэффективные и малодостоверные. Значение $K_{ИС} = 1,0$ говорит о использовании только заводских средств при диагностировании.

Проводку и разъемы рекомендуют диагностировать при помощи тестера (цифровой мультиметр) [3, 5]. Однако при значительном числе диагностических параметров (ДП) время T_B принимает очень большое значение, что значительно превышает все допустимые пределы. При этом коэффициенты $K_{ЦДИ}$, $K_{ПП}$ и $K_{ГП}$ низки, что говорит о их низкой эффективности и достоверности.

Датчики и исполнительные механизмы диагностируют при помощи заводских СД [3, 5]: осциллографа, мотор-тестера МТ-10, специальных приборов (12 шт.). Указанные СД позволяют контролировать 26 ДП, что несомненно эффективно с позиции количества информации. Однако значительно (чрезмерно) высоки значения T и T_B , а также низки эффективность и качество процесса диагностирования, так как низки коэффициенты $K_{ЦДИ}$, $K_{ПП}$ и $K_{ГП}$.

Система зажигания по заводской технологии диагностируется мотор-тестером МТ-10 и разрядником [3, 5]. Количество ДП составляет 6, что соответствует высокой универсальности средств и высоким возможностям их использования. Время T и T_B принимают минимальные значения, что удовлетворяет требованиям с избытком. Коэффициенты $K_{ЦДИ}$, $K_{ПП}$ и $K_{ГП}$ принимают средние значения, что вполне приемлемо обеспечивает качество процесса диагностирования.

Система топливоподдачи предусматривает диагностирование форсунок путем снятия их и испытания на стенде для очистки и испытания бензиновых форсунок «Форсаж» [3, 5]. Количество ДП составляет 8, что говорит о существенной универсальности стенда, причем оценка производится на нескольких режимах. Однако значительным и главным недостатком является высокое время T , которое составляет 2 часа, и T_B соответственно 1 ч, а это влечет увеличение материальных и трудовых затрат. Коэффициенты $K_{ЦДИ}$, $K_{ПП}$ и $K_{ГП}$ имеют высокие и средние значения, что вполне удовлетворяет требованиям качества процесса диагностирования. Для бензонасоса время T и время T_B принимают среднее и низкое значение, что удовлетворяет требованиям, другие параметры также в норме. Однако топливная рампа, пожалуй, самый непригодный элемент для диагностирования, поэтому в основном при снятии промывается или меняется на новую.

Цилиндропоршневую группу диагностируют компрессометром, мотор-тестером МТ-10. Значения T и T_B находятся на низком и среднем уровне соответственно, что вполне удовлетворяет требованиям. Коэффициенты $K_{ЦДИ}$, $K_{ПП}$ и $K_{ГП}$ принимают средние и высокие значения, $K_{ПП}$ неудовлетворителен.

Подшипники коленчатого вала диагностируют пневмотестером, манометром в магистрали давления. Высоко время T и T_B , что является главным недостатком. Коэффициенты $K_{ПП}$ и $K_{ГП}$ имеют крайне низкое значение.

Для газораспределительного механизма, системы впуска, системы выпуска отработавших газов предусмотрены мотор-тестер МТ-10, пневмотестер и МТА-2. Значения T и T_B принимают высокие значения, низкая эффективность процесса диагностирования, низкая точность.

На современном этапе конструктивного совершенствования МЭС при их эксплуатации преобладают не функциональные отказы механизмов машин, а параметрические отказы, которые органолептическими методами операторов в большинстве случаев не могут быть зафиксированы и выявлены.

Это снижает использование созданного эксплуатационного потенциала машин, эффективность процесса обеспечения их работоспособности на основе результатов диагностирования.

Рассмотрим сущность данного события на основе схемы выявления и предотвращения отказов машин (рис. 2) [6].

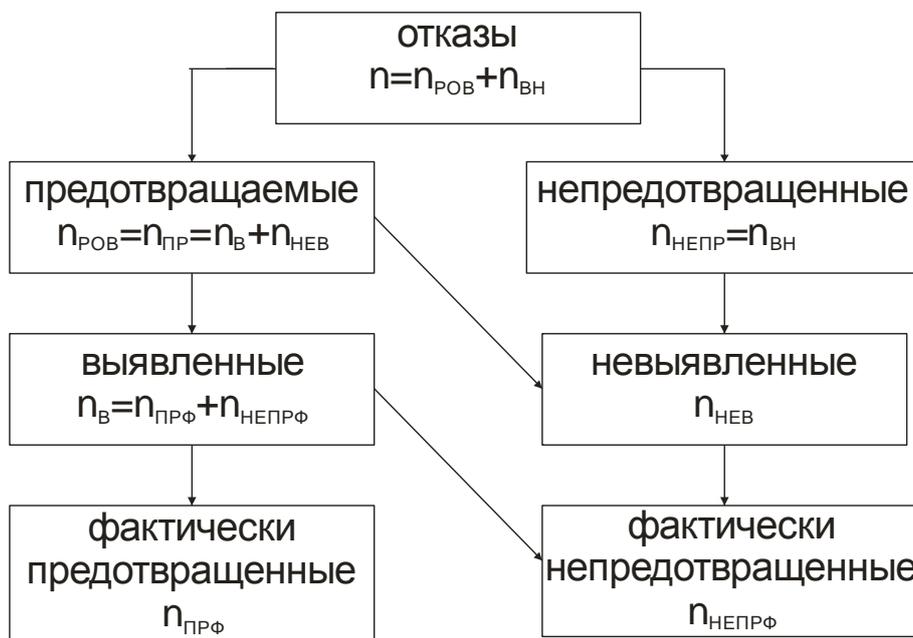


Рис. 2. Схема выявления отказов при диагностировании и их предотвращения при обслуживании машин

Все отказы подразделяются на внезапные и постепенные. Принимаем, что при проведении РОВ можно оказывать значимое влияние (с точки зрения предупреждения) на количество постепенных отказов

$$n_{ров} = n - n_{вн}, \tag{1}$$

где $n_{ров}$ – количество отказов, которые возможно устранить при проведении РОВ по результатам диагностирования, шт.; n – общее фактическое количество отказов машин, шт.; $n_{вн}$ – количество внезапных отказов, шт.

Отмечаем, что общее количество отказов, в т.ч. количество внезапных отказов у МЭС второй, а тем более третьей группы (личные автомобили – иномарки), в несколько раз меньше по сравнению с количеством соответствующих отказов у тракторов.

Допустим, что все $n_{ров}$ могут быть предотвращены, хотя не все постепенные отказы можно предотвратить. Часто трудно определить медленные изменения параметров различных составных частей машин (СЧМ).

Из выражения (1) следует, что при $n_{ров} = n_{пр}$

$$n_{ров} = n_{пр} = n - n_{вн}, \tag{2}$$

где $n_{пр}$ – количество отказов, которые можно предотвратить у данной марки машины, шт.

Отметим, что деление отказов на предотвращаемые и непредотвращаемые в процессе реализации технического обслуживания вводится лишь для оценки эффективности этого процесса и до некоторой степени условно. Совершенствование стратегий ТО, методов и средств диагностирования, прогнозирования технического состояния машин; повышение показателей их ремонтпригодности приводят к тому, что все большая часть изменений в машинах может быть обнаружена и часть отказов будет предупреждена.

Соотношение между числом предотвращаемых и непредотвращаемых отказов машин оценивается коэффициентом характера отказов

$$A = \frac{n_{пр}(t)}{n_{пр}(t) + n_{непр}(t)}, \tag{3}$$

где $n_{np}(t)$, $n_{непр}(t)$ – число предотвращаемых и не предотвращаемых отказов в данном типе машины, шт.

Здесь принято с учетом (1) и (2), что $n_{вн} = n_{непр}$.

На величину коэффициента характера отказов МЭС оказывают влияние конструктивные и технологические, эксплуатационные факторы, стратегии, режимы, методы и средства системы ТО и Р, показатели ремонтпригодности и др.

Например, для тракторов типа «Кировец» принято на основе расчетов $A_1 = 0,65$, автомобиля типа «Газель» с электронной системой управления топливopодачей в ДВС – $A_2 = 0,80$.

Таким образом, качество процесса технического обслуживания определяется эффективностью диагностирования и качеством проведения ремонтно-обслуживающих работ. Эффективность диагностирования (выявления) неисправностей пропорциональна количеству выявленных неисправностей за какое-то время [7, 8].

Регулярный процесс выявления неисправностей характерен тем, что заранее известны последовательность и продолжительность каждой операции по выявлению неисправностей.

Вероятность того, что неисправные СЧМ (машин) не будут обнаружены при данном диагностировании, обусловлена двумя причинами [6]:

- недостаточной точностью измерительной аппаратуры. Вероятность невыявления неисправностей по этой причине обозначим через δ ;

- недостатком времени на диагностирование. Вероятность выявления неисправностей в данном случае прямо пропорциональна длительности проведения диагностирования, то есть равна $\alpha \cdot T_\delta$, где

$\alpha = \frac{1}{T_{\delta o}}$ – коэффициент пропорциональности, определяющий производительность диагностических работ;

$T_{\delta o}$ – трудоемкость диагностирования, чел-ч; T_δ – продолжительность диагностирования, ч.

Синтез научных работ и наши исследования показали, что значения δ и $T_{\delta o}$ зависят от технологической способности χ средств, методов M_δ и места Π_c диагностирования, а также приспособленности машин Π_m к диагностированию

$$(\delta, T_{\delta o}) = f(\chi, M_\delta, \Pi_c, \Pi_m). \quad (4)$$

А возможная продолжительность диагностирования определяется стратегиями и режимами ТО и Р машин.

Считая первую и вторую причины невыявления неисправностей независимыми событиями, выражение для вероятности выявления неисправностей в случае регулярного процесса можно представить в виде

$$P_\epsilon = (1 - \delta) \cdot \alpha \cdot T_\delta. \quad (5)$$

Качество ремонтно-обслуживающих воздействий определяется режимами, методами, средствами и уровнем специализации выполняемых работ. Уровень вероятности качественного обслуживания машин по результатам диагностирования определяется выражением

$$P_{np}^\phi = \frac{n_{np}}{n_\epsilon}. \quad (6)$$

С учетом (5) вероятность качественного выполнения операций технического обслуживания можно определить по формуле

$$P_{np} = P_\epsilon \cdot P_{np}^\phi = (1 - \delta) \cdot \alpha \cdot T_\delta \cdot \frac{n_{np}}{n_\epsilon}, \quad (7)$$

где P_e – вероятность выявления отказа.

Ее величина зависит от количества диагностируемых параметров, технологий и средств диагностирования.

По аналитически выраженной взаимосвязи профилактики машин с процессами диагностирования можно осуществлять оценку эффективности совокупности выполнения операций технического обслуживания. Опуская промежуточные преобразования, эффективность проведения технического обслуживания машин по результатам диагностирования при различных стратегиях ТО и Р машин можно оценить по выражению [6]

$$W = \frac{1}{1 - A(1 - \delta) \cdot \alpha \cdot T_o \cdot P_{np}^{\phi}} \quad (8)$$

Таким образом, эффективность процесса обеспечения работоспособности машин зависит от показателей их безотказности и ремонтпригодности (A), качества и производительности диагностирования (δ , α , T_o), качества проведения по результатам диагностирования РОВ (P_{np}^{ϕ}). Показатели процесса диагностирования определяют вероятность выявления отказов, т.е. $P_e = f(\delta, \alpha, T_o)$.

Результаты исследований и их обсуждение. Разработанные нами новые технологии и средства диагностирования ДВС на основе тестовых режимов позволяют повысить точность диагностирования технического состояния механизмов основных систем легковых автомобилей, что доказано экспериментально, в 1,5...2 раза (табл. 3) [3, 5, 9, 10].

Таблица 3

Показатели диагностирования элементов ДВС легковых автомобилей с применением разработанных средств диагностирования

Диагностируемые элементы	Рекомендуемые СД	N, шт.	T, ч	T _в , ч	K _{пди} , K _{пп}	K _{гп}	K _{ис}
Цепи МСУД	Приборный комплекс догрузатель (ПКД), мотор-тестер	132	0,3	0,1	0,80 0,80	0,90	0,70
Проводка и разъемы	ПКД	12	0,4	0,05	0,90 0,80	0,90	0,70
Датчики и исполнительные механизмы	ПКД, установка для испытания датчиков массового расхода воздуха и др.	10	0,4	0,1	0,80 0,80	0,90	0,50
Система зажигания	ПКД	6	0,2	0,1	0,80 0,70	0,80	0,70
Система топливоподачи	ПКД	8	0,5	0,15	0,90	0,80	0,80
КШМ: ЦПГ подшипники коленчатого вала	ПКД, осциллограф, блок питания, датчик давления, усилитель	6	0,3 0,4	0,15 0,15	0,90 0,90 0,90 0,90	0,8 0,8	0,70 0,70
Газораспределительный механизм	ПКД	4	0,4	0,15	0,80 0,80	0,90	0,70
Система выпуска отработавших газов	ПКД, осциллограф, блок питания, датчик давления, усилитель	3	0,4	0,15	0,80 0,80	0,80	0,70
Система впуска: воздушный фильтр	ПКД, осциллограф, блок питания, датчик давления, усилитель	3	0,4	0,15	0,80 0,80	0,80	0,70

Как видно из таблицы 3, применение разработанных нами СД и методов диагностирования легковых автомобилей позволяет повысить показатели контролепригодности в среднем: время поиска неисправностей

T уменьшить в 1,2...5 раз; среднее время подготовки автомобиля к диагностированию заданным числом специалистов T_B уменьшить в 1,2...7 раз; коэффициент полноты диагностической информации $K_{ДИ}$ увеличить на 10...60 %; коэффициент полноты проверки исправности $K_{ПИ}$ увеличить на 10...60 %; коэффициент глубины поиска дефекта $K_{ГП}$ увеличить на 10...60 %; коэффициент использования специальных средств диагностирования $K_{ИС}$ снизить за счет использования разработанных нами специальных СД на 20...30 %. Это, с учетом повышения производительности (α) процесса диагностирования, позволяет повысить вероятность выявления отказов в зависимости от конструктивных особенностей МЭС до 0,75...0,80. Применение указанных методов диагностирования современных машин в системе ТО и Р, где основу составляет стратегия превентивного обслуживания (перед предстоящими циклами работ, без ограничения количества диагностируемых параметров), вероятность выявления отказов, в т.ч. возможных в предстоящий цикл использования МЭС, можно повысить до 0,85...0,90 [3, 5].

Совокупность применения новых методов диагностирования технического состояния МЭС с их конструктивным совершенством и реализацией стратегии превентивного обслуживания позволяет повысить эффективность процессов обеспечения работоспособности машин в 1,5...2 раза (рис. 3) [6].

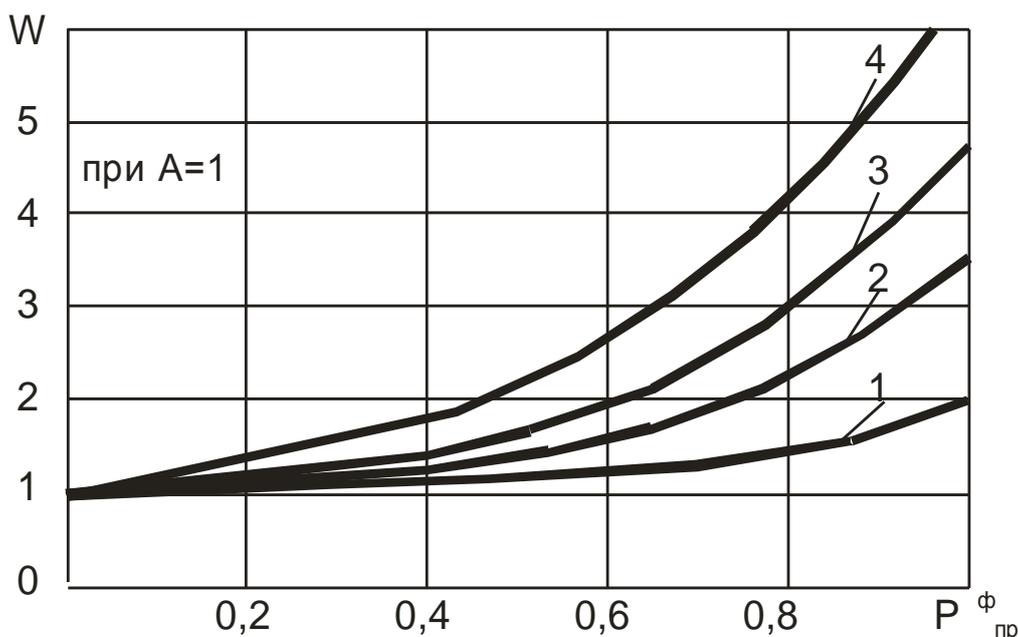


Рис. 3. Изменение эффективности W процесса обеспечения работоспособности машин в зависимости от вероятности выявления отказов P_{ϕ} и их предотвращения $P_{\phi пр}^{\phi}$: 1 – тракторов при стратегии регламентного проведения процессов ТО при $P_{\phi} = 0,50$; 2 – тракторов при стратегии превентивного проведения процессов ТО при $P_{\phi} = 0,75$; 3 – автомобилей при существующих средствах диагностирования и конструкциях $P_{\phi} = 0,80$; 4 – конструктивно новых автомобилей при применении разработанных методов диагностирования $P_{\phi} = 0,90$

Выводы

1. Анализ тенденций изменения количественных и качественных показателей потребительских свойств МЭС показал, что современный этап конструктивного совершенствования МЭС направлен на обеспечение качества функционирования систем и механизмов, увеличение их функций при эксплуатации машин. Приведены примеры конструктивных решений (см. табл. 1), позволяющих обеспечить современные

требования экологии, эргономики и экономичности, а также перспективной тенденции интеграции всего электронного оснащения автомобиля.

2. Рассмотрены различные СД легковых автомобилей, рекомендуемые в настоящее время (см. табл. 2) и представлен их анализ по основным показателям контролепригодности.

3. Разработана методика оценки эффективности проведения технического обслуживания машин по результатам диагностирования при различных стратегиях ТО и Р машин.

4. Представлен анализ показателей диагностирования элементов ДВС легковых автомобилей с применением разработанных средств диагностирования (см. табл. 3). Приведены расчеты и представлена зависимость эффективности W процесса обеспечения работоспособности машин от вероятности выявления отказов P_e и их предотвращения P_{np}^{ϕ} .

Литература

1. *Плаксин А.М.* Обеспечение работоспособности машинно-тракторных агрегатов на предстоящие циклы использования в растениеводстве: дис. ... д-ра техн. наук. – Челябинск, 1996. – 468 с.
2. *Гриценко А.В.* Разработка средств и методов диагностирования с частично параллельным резервированием элементов, а также с устранением лишних диагностических операций и диагностических параметров // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 7. – С. 120–125.
3. *Гриценко А.В., Куков С.С.* Обоснование и разработка эффективных систем диагностирования двигателей внутреннего сгорания мобильных сельскохозяйственных машин // Достижения науки – агропромышленному производству: мат-лы VI Междунар. науч.-техн. конф. Ч. III. – Челябинск: Изд-во ЧГАА, 2012. – С. 20–25.
4. *Гриценко А.В., Бакайкин Д.Д.* Результаты экспериментальных исследований пропускной способности электромагнитных форсунок // Вестник КрасГАУ. – 2012. – №12. – С. 120–127.
5. *Гриценко А.В.* Концепция развития методов и средств диагностирования автомобилей // Достижения науки – агропромышленному производству: мат-лы LII Междунар. науч.-техн. конф. Ч. III. – Челябинск: Изд-во ЧГАА, 2013. – С. 42–49.
6. *Плаксин А.М.* Обеспечение работоспособности машин: учеб. пособие. – Челябинск, 2008. – 265 с.
7. *Гриценко А.В., Куков С.С.* Определение эффективности использования средств технического диагностирования с учетом частоты отказов систем ДВС // Вестник ЧГАА. – 2012. – Т. 60. – С. 45–48.
8. *Гриценко А.В., Плаксин А.М.* Оптимизация процесса диагностирования автотракторной техники минимизацией затрат // Вестник ЧГАА. – 2013. – Т. 63. – С. 42–46.
9. *Гриценко А.В., Куков С.С.* Диагностирование системы смазки двигателя внутреннего сгорания // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 1. – С. 33–34.
10. *Гриценко А.В., Куков С.С.* Диагностирование автомобильных генераторов по осциллограммам напряжения // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 2. – С. 13–15.

